

Dondurma ve Çözündürme İşleminin Balık Kalitesi Üzerine Etkisi*

Taçnur BAYGAR**, Özkan ÖZDEN, Didem ÜÇÖK
İstanbul Üniversitesi, Su ürünleri Fakültesi, Ordu Cad. No:200, Laleli, İstanbul - TÜRKİYE

Received: 19.08.2002

Özet: Bu çalışmada hamsi (*Engraulis engrasicholus*, L. 1758) ve çinekop (*Pomatomus saltatrix*, L. 1766) balıklarının birden fazla dondurulup, farklı ortamlarda çözündürülmesi sırasında kalitesinde meydana gelen değişimlerin tespiti amaçlanmıştır. -30 °C'deki dondurucuda strafor tabaklarda muhafaza edilen balıklar, 15'er günlük periyotlarda buzdolabı (+4 ± 1 °C 'de 16 saat), mikrodalga fırın (180 W'da, 15 dakika) ve suda (+21 ± 1 °C'de akan musluk suyu altında, 2 saat) çözündürülmüşlerdir. Örneklerde duyuşal, pH, toplam uçucu bazik azot (TVB-N) ve trimetilamin azot (TMA-N) analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre buzdolabı ve su içerisinde çözündürülen hamsi ve çinekop balıklarının kalitesi üçüncü çözündürme işleminden sonra, mikrodalgada çözündürülen örnekler ise dördüncü çözündürme işleminden sonra duyuşal olarak tüketilemez boyutlara ulaşmıştır. Bu sonuçlara rağmen tüketici için su ürünlerini mümkün olduğunca ilk çözündürme işleminden sonra tüketmeleri önerilmektedir.

Anahtar Sözcükler: Dondurma, çözündürme, kalite değişimleri, hamsi, çinekop

The Effect of the Freezing-Thawing Process on Fish Quality

Abstract: The aim of this study was to determine the quality changes of anchovy (*Engraulis engrasicholus*, L. 1758) and bluefish (*Pomatomus saltatrix*, L. 1766) due to a multiple freezing-thawing process. The samples were stored in straphor plate at -30 °C and thawed in a refrigerator (+4 ± 1 °C, 16 h), microwave (180 W, 15 m) and in running water (+21 ± 1 °C, 2h) for 15 day periods. Sensory, pH, total volatile basic nitrogen (TVB-N) and trimethylamine nitrogen (TMA-N) analyses were performed. It was determined that the quality of samples thawed in water and a refrigerator decreased to the "spoiled" level after the 3th thawing process and the quality of samples thawed in a microwave spoiled after the 4th thawing process. However, consumption of the fish after the 1st thawing process is recommended.

Key Words: Freezing, thawing, quality changes, anchovy, blue fish

Giriş

Dondurma işlemi balık ve diğer su ürünlerinin depolanmasında oldukça tercih edilen yöntemlerden birisidir. Dondurma için gerekli olan şartlara uyulmadığı takdirde kalite kayıpları meydana gelebilmektedir. Bu kalite kayıplarına etki eden faktörler ise başlıca, depolama sıcaklığı, dondurma ve çözündürme zamanları, sıcaklık değişimleri, yanlış dondurma ve çözündürme işlemi olabilmektedir. Birden fazla dondurma ve çözündürme işlemi genellikle restaurant, hipermarket ve evlerde uygulanan bir yöntemdir (1-3). Yapılan araştırmalara göre en iyi çözündürme yöntemi için genel ve geçerli bir bilgi verilebilmenin mümkün olmadığı belirtilmektedir. Dondurulmuş balığın çözülmesinde durgun yada hareketli

hava, yumuşatarak (tampering), su içerisinde, vakumla, buzda ve elektrikle (dirençli elektrik ve mikrodalga ile) çözme gibi çeşitli yöntemler uygulanabilmektedir (4). Çözündürme işleminin, su ürünlerinin zar geçirgenliği ve duyuşal özellikleri üzerinde oldukça büyük bir etkiye sahip olduğu belirtilmektedir (3). Srinivasan ve ark. (5), karideslerin mikrodalga ve musluk suyu kombinasyonu, buzdolabı ve musluk suyunda çözündürerek protein kayıplarını incelemiştir. Bu araştırmada hamsi (*Engraulis engrasicholus*, L. 1758) ve çinekop (*Pomatomus saltatrix*, L. 1766) balıklarının birden fazla dondurulup, farklı ortamlarda çözündürülmesi sırasında kalitesinde meydana gelen değişimlerin tespiti amaçlanmıştır.

* İ.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliği tarafından Ö-1105/18102001 sayılı proje ile desteklenmiştir.

** E-mail: baygar@istanbul.edu.tr

Materyal ve Metot

Araştırma materyali olarak hamsi ve çinekop kullanılmıştır. Balıklar İstanbul Büyükşehir Belediyesi Balık Hali'nden Aralık-2001 tarihinde birer kasa olarak alınmış ve laboratuara getirilerek, hamsilerin 9 cm ve üstü, çinekopların ise 14 cm ve üstleri 750'şer g gelecek şekilde strafor tabaklarda paketlenmiştir. Her balık örneğinden 10 paket olmak üzere, üç grup halinde (buzdolabı, mikrodalga ve su) paketlenmiş ve örnekler -30 °C'deki dondurucuda muhafaza edilmiştir. Balık paketleri 15 günlük periyotlar halinde her defasında çıkarılıp buzdolabı (+4 ± 1 °C'de 16 saat), mikrodalga fırın (180 W'da, 15 dakika) ve suda (+21 ± 1 °C'de akan musluk suyu altında, 2 saat) çözündürülmüş, analizler için yeterli miktar örnek alınmış ve tekrar dondurulmuştur. Çalışma bitinceye kadar işlemler devam ettirilmiştir.

Depolama boyunca 15'er günlük periyotlarda duyusal, pH, toplam uçucu bazik azot (TVB-N) ve trimetilamin azot (TMA-N) analizleri yapılmıştır. Duyusal analizler Paulus ve ark. (6)'nın geliştirmiş olduğu puan sistemine göre 5 kişilik panelist grubu tarafından değerlendirilmiştir. Araştırma süresince bu panelistlerin aynı kişilerden seçilmesine dikkat edilmiştir. Panelistlerden, örnekleri dış görünüş, koku, et yapısı ve renk yönünden değerlendirilmesi istenmiştir. Bu puanlama sistemi 9 üzerinden yapılmış olup, 9-7,0 puan "Çok iyi", 6,9-4,0 puan "İyi", 3,9-1,0 puan ise "Bozulmuş" olarak değerlendirilmiştir. pH analizi WTW Inolab model pH metre ile (7), TVB-N analizleri su buharı destilasyonu yöntemine göre Manthey ve Oehlenschläger'in (8) önerdiği metoda göre yapılmıştır. Homojenize edilen balıktan alınan 10

g örnek magnezyum oksit (MgO) katalizörlüğünde ısıtılmış ve oluşan buhar soğutucudan geçirilerek, içinde 0,1 N HCl (hidroklorik asit) ve su bulunan balona toplanmıştır. Bu destilat 0,1 N NaOH (sodyumhidroksit) ile titre edilerek TVB-N değeri tespit edilmiştir. TMA-N tayininde ise spektrofotometrik bir metot olan Schormüller (9)' in önerdiği yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemde homojenizattan alınan 10 g örnek % 10 TCA (triklorasetik asit) ile muamele edilip proteinler çöktürülmüş ve berrak faz toluol, formaldehit ile karıştırılarak TMA-N toluol fazına alınmıştır. Bu faza pikrik asit ilave edilerek spektrofotometrede 410 nm dalga boyunda okunmuştur. Analizler 3 paralel olarak yürütülmüştür. İstatistik analizleri ise Excel 2000 bilgisayar programı kullanılarak varyans analizi ve farkın önem kontrolleri Kabukçu (10)'ya göre yapılmıştır.

Bulgular

Hamsi ve çinekop balıklarının sırasıyla başlangıç duyusal analiz değerleri 8,70 ve 8,85; pH değerleri 6,21 ve 6,01; TVB-N değerleri 21,88 ve 17,70 mg/100 g balık eti; TMA-N değerleri ise 4,02 ve 3,55 mg/100 g balık eti olarak tespit edilmiştir.

Buzdolabı şartlarında çözündürülen hamsi ve çinekopların analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Hamsi ve çinekop örnekleri üçüncü çözündürme işleminde duyusal açıdan 2,05 ve 2,72 değerleri ile tazelik özelliklerini kaybettikleri; dördüncü çözündürme işlemindeki pH 6,42 ve 6,35; TVB-N 34,60 ve 32,18 mg/100 g balık eti; TMA-N sonuçları ise 5,48 ve 3,98

Tablo 1. Buzdolabı şartlarında birden çok kez dondurulup, çözündürülen hamsi ve çinekop balığı analiz sonuçları.

Çözünme periyodu	Duyusal		pH		TVB-N (mg/100 g balık eti)		TMA-N (mg/100 g balık eti)	
	Hamsi	Çinekop	Hamsi	Çinekop	Hamsi	Çinekop	Hamsi	Çinekop
0. gün	8,70 ± 0,27	8,85 ± 0,34	6,21 ± 0,01	6,01 ± 0,02	21,88 ± 0,24	17,70 ± 0,82	4,02 ± 0,08	3,55 ± 0,07
15. gün	6,50 ± 0,87	7,20 ± 0,57	6,25 ± 0,01	6,40 ± 0,01	29,39 ± 2,66	17,59 ± 0,23	4,42 ± 0,13	3,78 ± 0,04
30. gün	3,45 ± 0,67	4,46 ± 0,6	6,38 ± 0,02	6,37 ± 0,01	22,15 ± 1,13	14,87 ± 0,65	4,50 ± 0,11	3,68 ± 0,04
45. gün	2,05 ± 0,27	2,72 ± 0,26	6,20 ± 0,01	6,28 ± 0,01	26,96 ± 0,5	15,18 ± 1,51	5,30 ± 0,16	3,73 ± 0,09
60. gün	-	-	6,42 ± 0,02	6,35 ± 0,01	34,60 ± 0,63	32,18 ± 1,29	5,48 ± 0,23	3,98 ± 0,22

(-) Örnekler duyusal analiz bakımından bozulduğu için yapılmamıştır. Tablodaki değerler X ± SD olarak verilmiştir.

mg/100 g balık eti olarak saptanmıştır. Dördüncü çözündürme sonuçlarına göre de TVB-N yönünden balıkların tüketilemezlik değerlerine yaklaştıkları görülmüştür.

Mikroalga şartlarında çözündürülen hamsi ve çinekop örneklerinin analiz sonuçları Tablo 2'de toplu olarak verilmiştir. Hamsi ve çinekop örneklerinin dördüncü çözündürme işleminde sırasıyla duyuşal değerlendirme bakımından 2,83 ve 3,24; pH değerine göre 6,36 ve 6,34; TVB-N sonuçlarına göre 34,89 ve 27,35 mg/100 g balık eti; TMA-N sonuçlarına göre ise 5,56 ve 3,91 mg/100 g balık eti değerleri tespit edilmiştir. Hamsi ve çinekop örneklerinin dördüncü çözündürme işlemi sırasında duyuşal olarak bozulduğu, hamsi balığının TVB-N değeri açısından ise tüketilemezlik sınır değerine yaklaştığı tespit edilmiştir.

Su içerisinde çözündürülen hamsi ve çinekop örneklerinin analiz sonuçları Tablo 3'de toplu olarak verilmiştir. Hamsi ve çinekop örneklerinin üçüncü çözündürme işleminde, sırasıyla duyuşal değerlendirme bakımından 2,16 ve 2,75 değerleri ile tazeliklerini kaybettikleri; dördüncü çözündürme sırasındaki pH değerlerine göre 6,35 ve 6,29; TVB-N sonuçlarına göre 30,18 ve 20,23 mg/100 g balık eti; TMA-N sonuçlarına göre de 5,32 ve 4,00 mg/100 g balık eti değerleri tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre hamsi balığının TVB-N değeri açısından tüketilemezlik sınır değerine yaklaştığı tespit edilmiştir.

İstatistiksel analizlere göre hamsi ve çinekop balıklarına uygulanan üç çözündürme yöntemi arasında, duyuşal ve TVB-N değerlerine göre önemli bir değişim ($P < 0,01$), pH ve TMA-N analiz sonuçlarına göre ise önemli olmayan bir değişimin ($P > 0,01$) meydana geldiği tespit edilmiştir.

Tablo 2. Birden çok kez dondurulup, mikroalga şartlarında çözündürülen hamsi ve çinekop balığı analiz sonuçları.

Çözünme periyodu	Duyuşal		pH		TVB-N (mg/100 g balık eti)		TMA-N (mg/100 g balık eti)	
	Hamsi	Çinekop	Hamsi	Çinekop	Hamsi	Çinekop	Hamsi	Çinekop
0. gün	8,70 ± 0,27	8,85 ± 0,34	6,21 ± 0,01	6,01 ± 0,02	21,88 ± 0,24	17,70 ± 0,82	4,02 ± 0,08	3,55 ± 0,07
15. gün	7,26 ± 0,75	7,03 ± 0,74	6,07 ± 0,02	6,34 ± 0,01	26,08 ± 0,9	20,58 ± 0,79	4,15 ± 0,12	3,65 ± 0,06
30. gün	6,83 ± 0,91	5,58 ± 1,06	6,15 ± 0,04	6,25 ± 0,02	23,03 ± 2,21	20,14 ± 0,23	3,91 ± 0,12	3,72 ± 0,12
45. gün	4,12 ± 0,63	4,76 ± 0,51	6,24 ± 0,01	6,22 ± 0,04	27,05 ± 0,22	28,36 ± 0,99	4,34 ± 0,07	3,67 ± 0,03
60. gün	2,83 ± 0,51	3,24 ± 0,49	6,36 ± 0,01	6,34 ± 0,01	34,89 ± 0,19	27,35 ± 1,74	5,56 ± 0,13	3,91 ± 0,07

Tablodaki değerler $X \pm SD$ olarak verilmiştir.

Tablo 3. Birden çok kez dondurulup suda çözündürülmüş hamsi ve çinekop balığı analiz sonuçları.

Çözünme periyodu	Duyuşal		pH		TVB-N (mg/100 g balık eti)		TMA-N (mg/100 g balık eti)	
	Hamsi	Çinekop	Hamsi	Çinekop	Hamsi	Çinekop	Hamsi	Çinekop
0. gün	8,70 ± 0,27	8,85 ± 0,34	6,21 ± 0,01	6,01 ± 0,02	21,88 ± 0,24	17,70 ± 0,82	4,02 ± 0,08	3,55 ± 0,07
15. gün	6,24 ± 0,56	6,18 ± 0,76	6,24 ± 0,01	6,32 ± 0,02	19,70 ± 1,17	18,42 ± 0,73	4,31 ± 0,01	3,56 ± 0,07
30. gün	4,28 ± 0,73	4,54 ± 1,07	6,22 ± 0,01	6,25 ± 0,01	20,34 ± 0,48	14,11 ± 0,95	4,33 ± 0,07	3,66 ± 0,06
45. gün	2,16 ± 0,88	2,75 ± 0,66	6,16 ± 0,02	6,20 ± 0,02	24,37 ± 0,52	15,00 ± 0,97	5,17 ± 0,11	3,88 ± 0,12
60. gün	-	-	6,35 ± 0,02	6,29 ± 0,01	30,18 ± 0,55	20,23 ± 0,96	5,32 ± 0,08	4,00 ± 0,13

(-) Örnekler duyuşal analiz bakımından bozulduğu için yapılmamıştır.

Tablodaki değerler $X \pm SD$ olarak verilmiştir.

Tartışma

Buzdolabı şartlarında çözündürülen hamsi ve çinekop örneklerinin sırasıyla başlangıç duyuşal değerleri 8,70 ve 8,85'ten, üçüncü çözündürme işleminde sonunda 2,05 ve 2,72'ye azalarak tazelik özelliklerini kaybettikleri; dördüncü çözündürme işleminde sonuçlarına göre ise, sırasıyla başlangıç pH değerleri 6,21 ve 6,01'den, 6,42 ve 6,35'e; TVB-N sonuçları 21,88 ve 17,70 mg/100 g'dan, 34,60 ve 32,18 mg/100 g'a; TMA-N değerleri 4,02 ve 3,55 mg/100 g'dan, 5,48 ve 3,98 mg/100 g'a artış gösterdiği tespit edilmiştir. Dördüncü çözündürme işleminde sonuçlarına göre TVB-N yönünden örneklerin tüketilemezlik sınır değerlerine yaklaştıkları görülmüştür.

Mikrodalga şartlarında çözündürülen hamsi ve çinekop örneklerinin analiz sonuçlarına göre sırasıyla başlangıç duyuşal değerleri 8,70 ve 8,85'ten, dördüncü çözündürme işleminde sonunda 2,83 ve 3,24 değerlerine düşerek tazelik özelliklerini kaybettikleri; yine dördüncü çözündürme işlemindeki analiz sonuçlarına göre, sırasıyla başlangıç pH değerleri 6,21 ve 6,01'den, 6,36 ve 6,34'e; TVB-N sonuçları 21,88 ve 17,70 mg/100 g'dan, 34,89 ve 27,35 mg/100 g'a; TMA-N değerleri 4,02 ve 3,55 mg/100 g'dan, 5,56 ve 3,91 mg/100 g'a yükseldiği saptanmıştır. Dördüncü çözündürme işleminde sonuçlarına göre hamsi örneklerinin TVB-N yönünden tüketilemezlik sınır değerlerine yaklaştıkları görülmüştür.

Su içerisinde çözündürülen hamsi ve çinekop örnekleri sonuçlarına göre sırasıyla başlangıç duyuşal değerleri 8,70 ve 8,85'ten, üçüncü çözündürme işleminde sonunda 2,16 ve 2,75'e azalarak tazelik özelliklerini kaybettikleri; dördüncü çözündürme işlemindeki analiz sonuçlarına göre ise, sırasıyla başlangıç pH değerleri 6,21 ve 6,01'den, 6,35 ve 6,29'a; TVB-N sonuçları 21,88 ve 17,70 mg/100 g'dan, 30,18 ve 20,23 mg/100 g'a; TMA-N değerleri 4,02 ve 3,55 mg/100 g'dan, 5,32 ve 4,00 mg/100 g'a artış gösterdiği tespit edilmiştir. Dördüncü çözündürme işleminde sonuçlarına göre hamsi örneklerinin TVB-N yönünden tüketilemezlik sınır değerlerine yaklaştıkları görülmüştür.

Kalite değerleri açısından tüketilebilir özellikte bir ürünün duyuşal kriterleri tüketici gözünde oldukça önem arz etmektedir. Gıdaların depolanmasında ürünün kalitesini belirleyen en önemli kriterin duyuşal analiz sonuçları olduğu ve duyuşal analiz sonuçları uygun olmayan bir ürünün tüketilemeyeceği bildirilmektedir. Yapılan diğer analiz sonuçları duyuşal analiz sonuçları ile beraber değerlendirilmelidir (11,12).

Taze balık için pH değerinin 6,0-6,5 arasında olması gerektiği, bu değerin depolama sırasında yükseldiği ve tüketilebilirlik sınır değeri olarak da 6,8-7,0 kabul edildiği belirtilmektedir (13,14). Donmuş depolama sırasında pH değişimi çok yavaş olmaktadır (15). pH değeri kesin bir kriter olmayıp her zaman duyuşal ve kimyasal testlerle desteklenmesi gerekmektedir (12).

TVB-N değerleri üzerinde başlıca balığın cinsi, avlama mevsimi, avlama derinliği, avlanma bölgesi, balığın beslenme durumu, olgunluk derecesi, cinsiyeti ve yaşı oldukça etkilidir (16). Kietzmann ve ark. (11), su ürünlerinin TVB-N değerlerini 25 mg/100 g ve altı "çok iyi", 25-30 mg/100 g arası "iyi", 30-35 mg/100 g arası "pazarlanabilir", 35 mg/100 g ve üstü ise "bozulmuş" olarak sınıflandırmaktadırlar. Trimetilamin (TMA-N), 4 mg/100 g "iyi", 10 mg/100 g "pazarlanabilir" ve 12 mg/100 g "bozulmuş" olarak kabul edilmektedir (16,17). Bazı dondurulmuş balıklarda TMA-O'ten, TMA ve formaldehit oluşumunun söz konusu olabileceği belirtilmektedir (15).

Ton balığının buzda depolanması üzerine yapılan bir araştırmada taze balıkta hemen hemen sıfır olan TMA-N miktarının, depolamanın ilk 25 gününde çok az bir artış gösterdiği belirtilmektedir (18). Nilsson ve Ekstrand (19), gökkuşacağı alabalıklarının -18 ve 40 °C'lerde depolanmışlar ve dört farklı yöntemle çözündürmüşlerdir. Çalışma sonucunda çözündürme yöntemlerinin duyuşal olarak, özellikle tekstür üzerinde yumuşama şeklinde etkisini gösterdiği belirtilmiştir. Magnusson ve Martinsdottir (20), -25 °C'de dondurdukları mezigit ve levrek balıklarının, 15 °C'de çözündürdükten sonra buz içerisinde muhafaza ederek, balıkların kalite değişimlerini incelemişlerdir. Bu çalışmada donmuş depolamanın 15. gününde çözündürmüş oldukları mezigit balığındaki TMA-N miktarını 1 mg/100 g olarak bulmuşlardır. Buzda depolanmış mezigit örneklerinin TMA-N miktarını ise 13. günden sonra 2 mg/100 g'ın biraz altında bulmuşlardır. 25 hafta dondurulup çözündürülmüş deniz levreği örneklerindeki TVB-N miktarını $20,8 \pm 4,5$ mg/100 g olarak tespit etmişlerdir. Çalışma sonucunda dondurulup, çözündürülmüş balıkların buzda depolanması sırasında oluşan TMA-N değişimlerinin balık bozulması için önemli bir kalite kriteri oluşturmadığı belirtilmektedir.

Srinivasan ve ark. (2), karidesleri beşten fazla dondurup çözündürmeleri sonucunda meydana gelen kalite değişimlerini inceledikleri çalışma sonucunda, karideslerin üçüncü çözündürme sonucunda

fizikokimyasal ve tekstürel özelliklerinde kayıplar saptamışlardır. Karideslerin tüketimi için de üçüncü çözündürmeden daha fazla olmamasını tavsiye etmektedirler. Srinivasan ve ark. (5)'nin yapmış oldukları başka bir çalışmada ise, karideslerde mikrodalga ile yapılan çözündürmenin, buzdolabı ve musluk suyu ile yapılan çözündürmeye göre daha hızlı olmasına rağmen daha fazla protein kaybına sebep olduğu tespit edilmiştir. Hızlı çözündürme işlemi, yavaş çözündürmeye göre kalite açısından daha iyi sonuç vermektedir (3). Mezgit balıklarında yapılan çözündürme sonucunda ikinci çözündürme işleminin, balıktaki enzim aktivitesini artırdığı belirtilmektedir. Çözünme esnasında, suda çözünen proteinli maddelerdeki kaybın önemli miktarlarda olduğu belirtilmektedir. -20 °C'de depolanan mezgit balıklarında enzimatik olarak TMA-O'dan, TMA ve formaldehit oluşmadığı, yüksek sıcaklıklarda yapılan depolamada ise formaldehit oluştuğu bildirilmektedir.

Arias ve ark. (21), sardalya balığı filetoalarını kızgın yağ içerisinde kızartmış ve -30 °C'de dondurmuş, -20 °C'de depolayıp buzdolabı ve mikrodalga şartlarında çözündürmüşlerdir. Bu işlem sonrasında balık etinin protein kalitesinde önemli bir değişim meydana geldiğini ve besin değeri ile ağırlık kaybı açısından da mikrodalgada

çözündürme işleminin buzdolabında çözündürmeye göre daha avantajlı olduğunu tespit etmişlerdir.

Benjakul ve Bauer (22), dondurarak depoladıkları yayın balıklarını farklı teknikler kullanarak çözündürülmesi üzerine yaptıkları çalışma sonucunda, yöntem çeşitlerinden hızlı çözündürme işleminin yavaş çözündürme işlemine göre etin duysal ve tekstürel kalitesi üzerinde daha mükemmel bir değişime sebep olduğunu belirlemişlerdir. Su içerisinde çözündürme aşamasında suyun ozmotik basıncından dolayı etin yapısında bozulma, lipid oksidasyonu ve protein denatürasyonunun meydana geldiğini bildirmektedirler (22).

Çalışma sonucu olarak, birden fazla dondurma ve çözündürme işleminin balık etinde fizikokimyasal ve duysal değişimlere sebep olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre buzdolabı ve su içerisinde çözündürülen hamsi ve çinekop balıklarının kalitesinin, üçüncü çözündürme işleminden sonra duysal olarak tüketilemez boyutlara ulaştığı tespit edilmiştir. Fakat tüketici için dondurdukları su ürünlerini mümkün olduğunca ilk çözündürme işleminden sonra tüketmeleri yada ihtiyaçları oranında çözündürmeleri önerilmektedir.

Kaynaklar

- Giddings, C.G., Hill, L.H.: Relationship of Freezing Preservation Parameters to Texture-Related Structural Damage to Thermally Processed Crustacean Muscle. J. Food Process. Preserv. 1978; 2: 249-264.
- Srinivasan, S, Xiong, Y.L., Blanchard, P.S., Tidwell, J.H.: Physicochemical Changes in Prawns (*Macrobrachium rosenbergii*) Subjected to Multiple Freeze-Thaw Cycles. J. Food Sci. 1997; 62: 123-127.
- Benjakul, S., Bauer, F.: Physicochemical and Enzymatic Changes of Cod Muscle Proteins Subjected to Different Freeze Thaw Cycles. J. Sci. Food Agric. 2000; 80: 1143-1150.
- Löndahl, V.G., Helsingborg, S.: Auftauen von Gefrorenem Fleisch und Fisch zur Industriellen Weiterverarbeitung. ZFL Int. Zeitschrift Lebensm.-Tech. Verfahrenstechnik. 1980; 31: 163-166.
- Srinivasan, S, Xiong, Y.L., Blanchard, P.S.: Effects of Freezing and Thawing Methods and Storage Time on Thermal Properties of Freshwater Prawns (*Macrobrachium rosenbergii*). J. Sci. Food Agric. 1997; 75: 37-44.
- Paulus, K., Gutschmidt, J., Fricker, A.: Karlsruher Bewertungsschema Entwicklung, Anwendung, Modifikation. Lebensm. Wiss. Technolog. 1969; 2: 132-139.
- Manthey, M., Karnop, G., Rehbein, H.: Quality Changes of European Catfish (*Silurus glanis*) from Worm-Water Aquaculture During Storage Ice. Int. J. Food Sci. Tech. 1988; 23: 1-9.
- Manthey, M., Oehlenschläger, J.: Sensorische Bewertung der Filets Antarktischer Fische bei Tiefgefrierlagerung. Lebensm. Wiss. Tech. 1983; 16: 172-175.
- Schormüller, J.: Handbuch der Lebensmittel Chemie. Band III/2 Teil. Tierische Lebensmittel Eier, Fleisch, Fisch, Buttermilch. Springer-Verlag. 1968: 1341-1392.
- Kabukçu, M.A.: Sağlık, Sosyal ve Fen Bilimlerinde Uygulamalı İstatistik. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü. Merhaba Ofset. Konya. 1994: 270.
- Kietzmann, U., Priebe, K., Rakou, D., Reichstein, K.: Seefisch als Lebensmittel. Berlin. 1969; 368.
- Baygar, T.: Ton Balığının (*Katsuwonus pelamis*, L. 1758) Konserveye İşlenmesi Srasında Besin İçeriği ve Kalitesinde Meydana Gelen Değişimlerin Belirlenmesi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora tezi. 1999: 75.
- İnal, T.: Besin Hijyeni. İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı Ders Notları. İstanbul, 1988.

14. Ludorff, W., Meyer, V.: Fische und Fischerzeugnisse. Paul Parey Verlag. Hamburg-Berlin. 1973; 95-111, 176-269.
15. Sikorski, Z.E., Kolakowska, A., Burt, J.R.: Postharvest Biochemical and Microbiological Changes. Seafood: Resources, Nutritional Composition, and Preservation. Ed: Sikorski, Z.E. DCRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, 1990; 55-76.
16. Oehlenschläger, J.: Die Gehalte an Flüchtigen Aminen und Trimethylaminoxid in Fangfrischen Rotbarschen aus Verschiedenen Fanggebieten des Nordatlantiks. Arch. Lebensmittelhyg. 1989; 40: 55-58.
17. Connell, J.J.: Control of Fish Quality. Methods of Assessing and Selecting for Quality. Fishing News Books Ltd. Farnham-Surrey, England, 1980: 116-139.
18. Villarreal, B.P., Pozo, R.: Chemical Composition and Ice Spoilage of Albacore (*Thunnus alalunga*). J. Food Sci. 1990: 55: 678-682.
19. Nilsson K., Ekstrand, B.: Frozen Storage and Thawing Methods Affect Biochemical and Sensory Attributes of Rainbow Trout. J. Food Sci., 1995: 60: 627-630.
20. Magnusson, H., Martinsdottir, E.: Storage Quality of Fresh and Frozen-Thawed Fish in Ice. J. Food Sci. 1995: 60: 273-278.
21. Arias, M.T.G., Pontes, E.A., Fernández, M.C.G., Muniz, F.J.S.: Freezing / Defrosting / Frying of Sardine Fillets. Influence of Slow and Quick Defrosting on Protein Quality. J. Food Sci. Agric. 2003; 83: 602-608.
22. Benjakul, S., Bauer, F.: Biochemical and Physicochemical Changes in Catfish (*Silurus glanis*) Muscle as Influenced by Different Freeze-Thaw Cycles. Food Chem. 2001; 72: 207-217.