

## Dondurulmuş Balık Etinin Özütlenabilir Protein Niceliklerindeki Değişmeler ve Kaliteye Etkileri

Akif KUNDAKÇI\*

### ÖZET

*Balık etinde bulunan ve nötral tuzlu su çözeltisi ile özütlenabilen protein niceliği yağsız balık türlerinde donmuş etin kalitesini belirleyen en önemli etmendir. Dondurularak depolama sırasında proteinlerin geri dönüşümsüz olarak denatüre olmaları donmuş balık etinin çözündürülmesi sırasında daha çok su salmalarına, daha sert bir doku oluşumuna neden olmaktadır.*

*Dondurma öncesi bekleme süresinin, bekleme ortamının, dondurarak depolama sıcaklığının ve süresinin (toplam proteinin %'si olarak) özütlenabilir protein oranının azalması üzerine önemli etkisi olmaktadır. Bu azalma özellikle donmuş yağsız balık türlerine ait etlerin duyu kalite karakteristiklerini etkilemesi bakımından önem taşımaktadır.*

*Anahtar sözcük: Özütlenabilir protein, dondurulmuş balık.*

---

\* Doç. Dr.; U.Ü. Ziraat Fakültesi, Gıda Bilimi ve Teknolojisi Bölümü

## SUMMARY

### Changes in the Extractable Protein Content of Frozen Fish and Effects on Quality

*The extractable protein content of fish meat which is extracted by the neutral salt solution is a significant quality characteristic in stored frozen lean fish. The fact that the irreversible denaturation of proteins during frozen storage effect on the drip-loss quantity, tenderness and juiciness of thawed fish.*

*The prefreezing holding time, holding condition, frozen storage temperature and time effect on the amount of total extractable protein ratio (as percent of total protein). The decreasing of extractable protein content is especially important effecting the sensory quality characteristics on the stored frozen lean fish.*

*Key words: Extractable protein, frozen fish.*

## GİRİŞ

Balık etinin tüketiciye sağlıklı ve kaliteli bir şekilde ulaşmasını sağlamak için üretimden tüketime değin soğuk koşulların uygulanması gereklidir. Soğuk zincir etkinliği olarak tanımlayabileceğimiz bu uygulamanın toplum sağlığı açısından da ayrı bir önemi vardır. Soğukta depolamanın iki genel yöntemi olan 0° C civarında dondurmaksızın ve - 20° C civarında donmuş koşullarda depolama, ürünün depolama ömrü süresince fiziksel yapısında, aroma ve tadında belirgin değişme yapmayan yöntemlerdir.

Balıkların avlanmalarından hemen sonra sıcaklıklarını buz içinde 0° C civarına düşürerek enzimatik ve mikrobiyal etkinliğin yavaşlatılmasının önemi büyüktür. Bu nedenle balıkçı teknelerinde buz depolamaya ve buzlanmış balığı saklamaya elverişli ısı iletimine karşı yalıtılmış kabın bulunması gereklidir. Balığın avlanma sonrası tekneye alınması ile karaya çıkarılması arasında geçecek birkaç saatlik sürenin, ürün kalitesi ve depolama ömrü üzerine etkisi özellikle güneşli-sıcak havalarda önemli sonuçlar doğurmaktadır. Hansen (1971), sıcak mevsimde ringa (*Clupea harengus harengus* L.) balıklarını ortama açık olarak birkaç saatte olsa bekletmenin ve ondan sonra buzda soğutmanın, avlamadan hemen sonra buzlamaya göre % 50'ye varan kalite düşmesi ve depolama ömrü azalmasına neden olduğunu belirtmiştir<sup>1</sup>. Dondurularak depolanan yağlı balık türlerinde lipid oksidasyonu kalite düşmesinin ve bozulmanın baş etmeni olmasına karşın, etli (yağsız) balıklarda özütlenebilir protein niceliğinin azalması ve dokusal sertlik gelişimi kalite düşmesinin en önemli etmeni olmaktadır.

Bu çalışmada, dondurulmuş balık etlerindeki özütlenebilir protein niceliğinin değişiminin balık eti üzerindeki etkileri ve bunun kimi etmenlerle arasındaki etkileşimler irdelenmeye çalışılacaktır.

## ÖZÜTLENEBİLİR PROTEİN NİCELİĞİNİN DEĞİŞİMİ

Dondurulmamış bütün bir kastaki myofibriler proteinler myoflamentler olarak gruplandırılmalarına karşın sarkoplazmik proteinler sarkoplazma içinde çözülmüş monomerlerdir<sup>2</sup>. Balığın ölümünün hemen sonrasında yüksek düzeyde olan toplam özütlenebilir protein oranı ölüm sertliğinin gelişimi sırasında düşmekte, ölüm sertliğinden sonra aktin ve myosin filamentleri arasındaki sıkı bağların gevşemesi ve serbest kalmaları ile tekrar artmaktadır. Ölüm sertliği aşamasına gelmiş bütün bir balık kasındaki toplam özütlenebilir protein oranı, toplam proteinin yaklaşık % 90'ını bulmasına karşın dondurma öncesi 0°C'de depolama-bekletme sırasında saptanan özütlenebilir protein oranındaki değişimler konusunda değişik araştırmacıların bulguları farklıdır<sup>3,4,5,6,7,8</sup>.

Nowlan ve ark. (1975), 14. güne kadar soğuk koşullarda depolanan morinalardaki (*Gadus callarias* L.) toplam özütlenebilir protein niceliğinin değişmeden kaldığını saptamışlardır<sup>7</sup>. Buna karşın Schenoy ve Pillai (1971), Schenoy ve James (1972), Joseph (1980) sırasıyla Sardalya (*Sardinella longiceps* L.), Tilapia (*Tilapia mosambica* L.) ve milkfish (*Chanos chanos* L.) balıklarının buz içinde 6 gün bekletilmeleri sırasında toplam özütlenebilir protein niceliklerinin % 3-11 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Bu değişme balık türlerine göre farklı düzeyde olmakta ve depolama sırasında gelişen lipid hidrolizi ve oksidasyonu ile oluşan parçalanma ürünleri, serbest yağ asitleri ve formaldehit protein çözünlüğünde etkili olmaktadır<sup>9,4,10,11</sup>.

Özütlenebilir protein oranı üzerine dondurma öncesi koşullar etkili olduğu gibi dondurarak depolama süresi de etkili olmaktadır. Kefal (*Mugil cephalus* L.) ve lüfer'de (*Pomatomus saltator* L.) başlangıçta (0 ay dönemi) daha yüksek oranlarda saptanan özütlenebilir protein oranlarının özellikle dondurarak depolamanın ilk 6 ayı içinde daha hızlı, daha sonraları daha yavaş olmak üzere düşmesi sürmüştü ve 1 yılın sonunda kefallerde % 41-55 arasında, lüferlerde % 46,9-56,5 arasında değişmiştir. Burada dikkati çeken nokta buz içinde tutma sırasında (dondurma öncesi) daha yüksek düzeyde bir protein özütlenmezliğinin gelişmesi olmuştur<sup>41,12</sup>. Bunun nedeni, buzun balık dokusunda çok yavaş ve azda olsa bir donmaya yol açmış olması düşünülebilir. Yavaş donma protein denatürasyonu ve kümelenmesini arttırmaktadır<sup>13,14</sup>.

Donma ve dondurarak depolama sırasında proteinlerin çözünlüklerindeki değişimler üzerine etki eden faktörler farklı ve karmaşıktır. Özütlenebilir protein niceliğine donma öncesi bekleme koşullarının ve süresinin etkisi olduğu gibi donma hızının da etkisi olmaktadır. Hızlı dondurulan ette buz kristalleri küçük ve hücre içinde oluşmaktadır. Buna karşın yavaş dondurmada buz kristalleri hücre içinde büyük ve tek bir kolon şeklinde



ortaya çıkmakta, bu sırada hücre içinde doğal olarak bulunan tuzlar donmamış yoğun tuzlu bir faz oluştururlar. Buradaki miyofibriler proteinler kolaylıkla denatüre olarak özütlenmez bir forma dönüşür.

Lowe (1958), morina etini 70 dakikada (sıcaklığın 0°C'den - 5°C'ye düşmesi için geçen süre) dondurup - 29°C'de 1 yıl depolandığında özütlenebilir protein oranının % 68'e düştüğünü, buna karşın 10 dakikada dondurulduktan sonra aynı süre ve aynı koşullarda depolananlarda yaklaşık % 85 düzeyinde kaldığını saptamıştır<sup>16</sup>. Sonuç olarak, depolama süresi balık eti proteinlerinin nitelikleri üzerinde etkili olmaktadır. Özütlenebilir protein oranlarındaki değişimler bakımından dondurma öncesi bekleme süresi ile dondurarak depolama süresi arasındaki etkileşimlerin önemli düzeyde geliştiği saptanmıştır<sup>12</sup>.

Dondurarak depolanan balık etlerindeki protein çözünürlüğündeki değişimin hızı ve büyüklüğü balığın türüne, kasın ölüm sonrası dönemdeki (dondurma öncesi) durumuna, donma hızına, dondurarak depolama sıcaklığına ve süresine bağlı olmaktadır<sup>2,13,15,16</sup>.

Kastaki aktomiyosinin (aktin ve myosin kompleksi) çözünürlüğü hızlı bir dondurma sonrasında birkaç hafta düşük sıcaklıkta depolama ile önemli ölçüde değişmez. Suyuki ve ark. (1964) Levrek (*Lateobrax japonicus* Cv.) ve sazanlarda (*Cyprinus carpio* L.) yaptıkları araştırmada eti - 196°C de dondurduktan sonra çözüldürmüşler ve aktomiyosinin özütlenebilirliği ve ultrasantrifüj özelliklerini dondurulmamış örneklerle aynı düzeyde bulmuşlardır<sup>18</sup>.

Balık eti - 1,5 ile - 20°C'ler arasında depolandığında aktomiyosin kolaylıkla çözünmez hale gelmektedir. King (1966) - 16°C de depolanan dondurulmuş morina etindeki özütlenen protein oranındaki azalmayı bir ölçüde aktomiyosindeki kümelenmeye ve özütlenmezliğe atfetmektedir<sup>19</sup>. Kastaki F-Aktomiyosin yüksek iyonik kuvvetin etkisiyle kolayca G-aktomyosine dönüşmekte ve sonra G-aktin ve miyosin'e parçalanmaktadır. G-aktin polimerleri ile myosin kümeleri, serbest yağ asitleri ve lipid oksidasyonunun parçalanma ürünleri olan aldehitlerle tepkimeye girmekte ve erimeyen miyofibriler protein komplekslerini oluşturarak özütlenebilir protein oranının azalmasına neden olmaktadır<sup>2,18,19</sup>. Özütlenebilir protein oranının azalması ürünün su tutma kapasitesini ve dokusal durumunu etkileyerek kaliteyi düşürmektedir.

### **Özütlenebilir Protein Niceliği ve Lipolitik Değişmeler**

Etin donma öncesi beklenmesi veya dondurarak depolanması sırasında serbest yağ asitlerinin açığa çıkması myofibriler proteinlerin erimezliğinde etkili

olabilir. Dyer ve Fraser (1959) rosefish (*Hippoglossus hippoglossus* L.), halibut, dilbaliğı (*Pegusa lascaris* Risso) ve morina etlerinin - 12° C'de depolanması sırasında açığa çıkan serbest yağ asitleri niceliğinin aktomyosin ermezliğinin düzeyini etkilediğini belirtmişlerdir<sup>20</sup>. Daha sonraki araştırmalar aynı ilginin morina, akbalık (*Coregonus clupeiformis* L.) ve sığır etlerinde de olduğunu göstermiştir<sup>21,22</sup>. Buna karşın Olley ve ark. (1962) morina, halibut, lemon sole ve köpekbalığı etlerini - 14° C'de depoladıklarında elde ettikleri bulgularla, çözünmeyen protein niceliğine neden olan, etkileyen ve arasında ilgi olan tek faktörün serbest yağ asitleri birikimi olmadığını göstermişlerdir<sup>23</sup>. Dondurarak depolanan etlerdeki protein çözünmezliği üzerine lipid oksidasyonu ürünleri ile proteinlerin oluşturdukları kompleksler etkili olmaktadır<sup>10,19,24,25,26</sup>.

### Özütlenebilir Protein Niceliği ve Dokusal Sertliğin Gelişimi

Buz içinde bir hafta veya daha uzun süre için depolanan balık etlerindeki sarkoplazmik proteinlerin özütlenebilirliğindeki değişimler eğer pH önemli ölçüde düşmezse az olmaktadır. Fakat pH 6'nın altına düştüğünde (izelektrik noktaya yaklaşma) buzlanmış halibut kasının sarkoplazmik proteinindeki çözünürlük önemli ölçüde azalmaktadır<sup>27</sup>. Dondurarak depolanan balık etlerinde görülen kesme kuvvetindeki değişimlerle protein çözünmezliği arasında pozitif yönde ilgi olduğu kanıtlanmıştır<sup>21,28</sup>. Diğer bir deyimle dondurarak depolanan balıkların toplam özütlenebilir protein niceliğindeki azalma ile dokusal özellikler arasındaki ilgi donmuş ürünün kalitesini doğrudan etkilemektedir.

Balıkların buzlu olarak tutulması sırasında kasın fizyolojik durumuna göre (ölüm sertliği öncesi ve sonrası) pişmiş etin sertlik değerlerinde değişimler olmaktadır. Yeni avlanmış taze balığın eti yumuşak ve gevrek, fakat ölüm sertliği geliştiğinde doku katı ve elastik bir durum alır. Buz içinde saklama ömrünün sonuna doğru yaklaşıldıkça doku yumuşamaya ve sulu bir hâl almaya başlar<sup>29</sup>.

Kedi balıkları (*Ictalurus punctatus* L.) buz içinde 0, 12 ve 48 saat süreyle bekletildiklerinde, başlangıçta 0,995 kg. kuvvet/g et olarak şaptanan kesme basıncı değeri 12 saat sonra 1,282 kg kuvvet/g et, 48 saat sonra ise 1.045 kg kuvvet/g et olmuştur. Ölüm sertliği öncesi yumuşak olan doku, aktomyosin oluşumunun gelişmesi ile daha sert bir durum almıştır. Buzlu olarak tutmanın daha sonralarında otoliz ve bozulma düzeyine göre kas yeniden yumuşamaya başlamıştır. Soğuk ortamda (1° C) bekletilen kedi balıklarının kesme basıncı değerlerindeki değişim buzlu ortamdakine göre daha az belirgin olmasına karşın aynı azalma bunlarda da sürmüştür ve 12. günden sonra balık bozulmuştur. İlk gün 0.993 kg kuvvet/g olan kesme değeri 2 gün sonra 0.932, 12 gün sonra 0.743 kg



kuvvet/g et'e düşmüştür. Kesme basıncında görülen süreklili azalma ve dokunun sulu bir hâl alması, otoliz, pH ve aktomyosinin durumuna göre oluşmaktadır<sup>30</sup>.

Dondurularak depolanan balıkların etlerindeki sertlik gelişmesi dondurma öncesi faktörlerce etkilendiği gibi<sup>10,11,29,30</sup> balık türüne ve depolama sıcaklığına göre de değişmektedir<sup>3,21,31,32</sup>. Gill ve ark. (1979) haddock (*Melanogrammus aeglefinus* L.) ve hake (*Urophycis chus* L.) (berlam) balıklarının donma öncesinde pişirilmiş dokularının gevrekliklerini ölçmüşler ve haddock'un dokusunun daha sert olduğunu bulmuşlardır. Buna karşın dondurularak depolama sırasında oransal gevreklik azalması (sertlik gelişmesi) hake balığında haddock'a göre daha fazla olmuştur. Ayrıca - 5° C'de depolanan örneklerdeki doku sertleşmesi - 17° C'de depolananlardan çok daha hızlı olmuştur<sup>31</sup>.

Dondurulmuş balık etlerindeki bu sertleşmeye birçok faktörün etkili olduğu belirtilmektedir. Donmuş balık etlerindeki sertleşme ile formaldehit oluşumu arasında ilgi olduğu bazı araştırmalarda belirtilmiştir<sup>10,31,33,34,35</sup>. Buna karşın Gill ve ark. (1979) böyle bir ilişkinin istatistik ispatının güvenilir olmayacağını vurgulamışlardır<sup>31</sup>. Genellikle özütlenbilir protein niceliğinin, hem formaldehit oluşumu hem de dondurularak depolanan balıklarının doku sertlikleri ile ilişkili olduğu düşünülmüştür. Özütlenbilir protein oranı pişmiş etin zayıf bir kimyasal ölçütü olmasına karşın, pişmemiş balıklarda doku sertliğini belirten daha iyi bir gösterge olabilir. Özütlenbilir protein oranı, formaldehit ve dimetilamin niceliklerinin saptanması ile dokudaki sertlik gelişmesinin tümünü açıklamak olanaklı değildir. Donmuş balık etindeki sertlik gelişmesinin çok karmaşık bir yapısı olduğu da açıktır. Protein denatürasyonunda etkisi olan diğer bir faktör de kas lipidlerinin hidrolizi ile serbest yağ asitlerinin birikmesidir. Serbest yağ asitleri ile proteinler çözünmeyen kompleksler oluştururlar. Bu böyle olmakla birlikte sadece pişirme özütlenbilir protein niceliğinin % 95'inden çoğunu denatüre ettiği halde aynı sertlik değeri elde edilebilmektedir<sup>9,10</sup>. Bu nedenle lipid hidrolizinin doku sertleşmesine etkisi tartışılabilir bir konudur<sup>31</sup>.

Dondurularak saklama sırasında balık etinde ortaya çıkan sertleşme ile protein denatürasyonu arasında bir ilgi olduğu açıktır. Özütlenbilir protein oranının azalması etin su tutma kapasitesini düşürür. Su tutma kapasitesinin düşmesi pişmiş ette daha sert ve ezilmez bir doku oluşmasına yol açar. Bu sertliğin gelişmesine formaldehit ile myofibriler proteinler arasında kovalent çapraz bağların oluşması da neden olmaktadır<sup>31</sup>.

Ancak - 20° C'nin altındaki soğukluk derecelerinde depolanan balık etlerinin toplam özütlenbilir protein oranı ile gevrekliği arasında ilgi olmadığı belirtilmiştir<sup>21,36</sup>. Luijpen (1957), Awad ve ark. (1969) - 20, - 30° C'de

depolanan balık etinde sertliğin geliştiğini buna karşın toplam özütlenebilir protein oranında herhangi bir azalmanın olmadığını ortaya koymuşlardır<sup>35,25</sup>. Dyer ve ark. (1956) - 23° C'de dondurularak depolanan rosefish'lerin etinde ezilmezliğin geliştiğini fakat aktomyosin niceliğinin değişmediğini saptamışlardır<sup>37</sup>.

Kelleher ve ark. (1981) etinde % 1'in altında yağ içeren hake'lerdeki kalite üzerine dokusal değişmelerin daha belirgin etkisinin olduğunu saptamışlardır<sup>28</sup>. Doku sertliği ile pH arasında önemli düzeyde ilgi olduğu bilinmektedir<sup>32,38</sup>. Bu nedenle karmaşık bir yapısı olmasına karşın, dondurularak depolanan balık etinin sertliği, pH ve dokusal bozulmadan etkileniyor denilebilir.

Donmuş balık etinin gevreklik düzeyi ile özütlenebilir protein niceliği arasında önemli düzeyde ilgi bulunmaktadır. Suda çözünen sarkoplazmik proteinler ve tuzlu suda çözünen myofibriler proteinlerin dondurularak depolama sırasındaki denatürasyonu ve kümelenmeleri pişmiş balık etinin gevrekliğinin azalmasına, daha sert ve ezilmez bir doku oluşumuna aynı zamanda su tutma kapasitesinin düşmesine neden olmaktadır.

Toplam protein niceliklerinin % si olarak ölüm sertliği aşamasını tamamlamış taze kefalde % 92, taze lüferde % 922.1 oranında bulunan özütlenebilir protein oranı, sarkoplazmik ve myofibriler proteinlerin henüz doğal durumlarını koruduğunu ortaya koymuştur<sup>12</sup>. Nitekim Kolakowski ve ark. (1978), Kelleher ve ark. (1981) ölüm sertliğini tamamlamış bütün bir balık etindeki özütlenebilir proteinlerin, toplam proteinlerin yaklaşık % 90'ını bulduğunu belirtmişlerdir<sup>3,39</sup>. Ancak dondurma öncesi soğuk koşullarda ve ortam koşullarında daha uzun sürelerde tutmanın proteinin özütlenebilirlik özelliği üzerine belirgin etkileri olmaktadır<sup>12</sup>.

Dondurularak depolanan kefal ve lüferlerdeki dokusal sertlik gelişmesi ile özütlenebilir protein niceliği arasında ters yönlü bir ilgi olduğu saptanmıştır<sup>12</sup>. Özütlenebilir protein niceliğindeki azalma ve formaldehit oluşumu dondurularak depolanan balıkların gevrekliklerinin azalması ile ilişkili olmaktadır.

### **Özütlenebilir Protein Niceliği ve Çözünme ile Salınan Su Oranı**

Balık eti dondurulduktan sonra çözündürüldüğünde bünyesinde bulunan suyun bir bölümünü bünyesinde tutamamaya salar. Çözünme sırasında salınan su niceliği donma işleminin etkinliği ve dondurularak depolanan ürünün dokusal durumu hakkında bir yaklaşımda bulunmaya yardımcı olur.

Özütlenebilir protein niceliğindeki azalmanın diğer bir deyimle protein kümeleşmesinin ve denatürasyonunun çözünme sırasında salınan su niceliğine



etkisinin olduğu bilinmektedir<sup>2,21,40</sup>. Başlangıçta % 1'ler düzeyinde olan çözünme ile salınan su niceliği dondurularak depolama süresince artarak - 20° C'de bir yıl depolama sonunda % 4-5'lere değin yükselbilmektedir<sup>12</sup>. Bunun nedeni dondurarak depolama sırasında oluşan rekristalizasyon olayı ile buz kristallerinin büyümesi sonucu ortaya çıkan hücresel hasar olduğu kadar bu süre boyunca özütlenbilir proteinlerin denatürasyonuna bağlı olarak su tutma kapasitesinde görülen düşmedir denilebilir. Nitekim dondurulmuş lüfer ve kefallerde SYA oranlarının artışı ve otooksidasyonun gelişmesi ile çözünme kaybı arasında, aynı protein özütlenmezliğinde olduğu gibi, önemli düzeyde ilgi olduğunun saptanması<sup>12</sup> bu yaklaşımı doğrulamaktadır. Dondurularak depolanan balık etinin özütlenbilir protein oranında görülen düşme balık etinin kimi duyuşsal kalite karakteristiklerini (salgılılık, gevreklik) doğrudan etkilenmektedir.

## SONUÇ

Yağlı balık türlerinde lipidlerin hidroliz ve otooksidasyonu dondurarak depolama sırasındaki kalite düşmesinde en büyük rolü oynarken yağsız balık türlerinde lipid oksidasyonunun önemi azalmakta buna karşın proteolitik değişmeler ve bunun doku sertliği, çözünme ile salınan su oranı üzerine olan etkileri balık etinin duyuşsal kalite özelliklerini etkilemektedir. Bu nedenle özütlenbilir protein niceliğinin azalmasını yavaşlatmak için; dondurma öncesi süre-sıcaklık ilişkileri, sabit ve tek düze depolama sıcaklığı, - 23° C'nin altında depolama, vakumlu ambalajlama gibi hususlara özen göstererek proteolitik değişmeleri minimize etmenin koşullarını sağlamak yararlı olacaktır.

## KAYNAKLAR

1. HANSEN, P., "The significance of rapid icing of herring catches", Technological Lab., Min. of Fisheries, Lyngby, Denmark, (rep.)
2. FENNEMA, O., POWRIE, W.D., MARTH, E.H. 1973. "Low Temperature Preservation of fish and Living Matter", Marcel Dekker Inc., New York, Sy. 293-294, 309-313.
3. KELLEHER, S.D., BUCK, E.M., HULTIN, H.O., PARKIN, K.L., LICCIARDELLO, J.J., DAMON, R.A. 1982. Chemical and physical changes in red hake blocks during frozen storage" J. Food Sci. 47(1) 65-70 (1982).
4. SCHENOY, A.V., PILLAI, V.K., 1971. "Freezing characteristics of tropical fishes I. Indian oil sardine", Fishery Technol. 8(1) 37-41.



5. SCHENOY, A.V., JAMES, M.A. 1972. "Freezing characteristics of tropical fishes II. Tilapia," *Fishery Technol* 9(1) 34-41.
6. JOSEPH, J., PERIGREEN, P.A., GEORGE, C., GOVINDAN, T.K. 1980. "Iced and frozen storage characteristics of cultured chanos chanos (FORSKAL)." *Fishery Technol*, 17(1) 21-25.
7. NOWLAN, S.S., DYER, W.J., KEITH, R.A. 1975. "Temperature and deteriorative changes in post rigor cod muscle stored up the 14 days in the superchill range - 1 to - 4°C." *J. Fish Res. Board Canada* 32(9) 1595-1605.
8. DEVEDASAN, K., NAIR, M.R. 1970. "Observations on changes in the major protein nitrogen fraction of prawns and sardines during ice storage", *Fishery Technol*, 7(2) 195-197.
9. CASTELL, C.H., SMITH, B., DYER, W.J. 1973. "Effects of formaldehyde on salt extractable proteins of gadoid muscle", *J. Fish. Res. Board Canada* 30:1205-1213.
10. CASTELL, C.H., BISHOP, D.M. 1973. "Effects of season on salt extractable protein in muscle from trawler caught cod and on its stability during frozen storage", *J. Fish. Res. Board Canada* 30, 1, 157-160.
11. ANDERSON, M.L., KING, F.J., STEINBERG, M.A., 1963. "Effects of linoleic and oleic acids on measuring protein extractibility from cod skeletal muscle with the solubility test" *J. Food Sci.* 28(3) 286-288.
12. KUNDAKÇI, A. 1993. Dondurma öncesi süre-sıcaklık ilişkilerinin donmuş haskefal ve lüfer kalitesine etkileri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Der. (1993) (Basılıyor).*
13. LOWE, R.M. 1962. *J. Sci. Food Agric.*, 13,269 in the *Low Temperature Preservation of Foods and Living Matter*, Marcel Dekker Inc. New York.
14. LOWE, R.M., ELERIAN, M.K. 1964. "J. Sci. Food Agric. 15, 805. in the *Low Temperature Preservation of Foods and Living Matter*, Marcel Decker Inc. New York.
15. LOWE, R.M. 1958. *J. Sci. Food Agric.* 9.609. in the *Low Temperature Preservation of Foods and Living Matter*, Marcel Decker Inc. New York.
16. LOWE, R.M. 1962. *J. Sci. Food Agric.* 13.584. in the *Low Temperature Preservation of Foods and Living Matter*, Marcel Decker Inc. New York.
17. SUYUKI, T., KANNA, K., TANAKA, T. 1964. "Bull Jap. Soc. Sci. Fisheries. 30,1022, in the *Low Temperature Preservation of Foods and Living Matter*, Marcel Decker Inc. New York.

18. KING, F.J. 1966. "Ultracentrifugal analysis of changes in the composition of myofibrillar protein extracts obtained from fresh and frozen cod muscle. *J. Food Sci.* 31(5) 649-663.
19. KING, F.J., ANDERSON, M.L., STEINBERG, M.A. 1962. "Reaction of cod aktomyosin of myofibrillar protein extracts obtained from fresh and frozen cod muscle. *J. Food Sci.* 31(5) 649-663.
20. DYER, W.J., FRASER, D.I. 1959. "Proteins in fish muscle 13. Lipid hydrolysis" *J. Fish. Res. Board Canada.* 16:43.
21. AWAD, A., POWRIE, W.D., FENNEMA, O. 1969. "Deterioration of Fresh-water whitefish muscle during frozen storage at - 10° C, *J. Food Sci.* 34(1) 1-9.
22. ANDERSON, M.L., RAVESI, E.M. 1969. "Reaction of free fatty acids with protein in cod muscle frozen and stored at - 29° C after aging in ice". *J. Fish. Res. Board Canada,* 26:2727-2730.
23. OLLEY, J., PIRIE, R. and WAKSON, H. 1962. "Lipase and phospholipase activity in fish skeletal muscle and relationship to protein denaturation." *J. Sci. Food and Agric.* 13(3) 501-505.
24. BUTTKUS, H. 1967. "The reaction of myosin with malonaldehyde." *J. Food Sci.* 32(4) 432-434.
25. KWAN, T., MENZEL, D.B., OLCOTT, H.S. 1965. "Reactivity of malonaldehyde with food constituents." *J. Food Sci.* 30(5) 808-813.
26. ROUBAL, W.T., TAPPEL, T. 1966. "Polymerization of proteins induced by free-radical lipid peroxidation." *Archives of Biochem. and Biophys.* 113(1) 150-155.
27. TOMLINSON, N., GEIGER, J.E., DOLLINGER, E. 1965. *J. Fish. Res. Board Canada,* 22, 653. in the *Low Temperature Preservation of Foods and Living Matter*, Marcel Decker Inc. New York.
28. SAWANT, P.L., MAGAR, N.G. 1961. "Studies on frozen fish. I. Denaturation of proteins" *J. Food Sci.* 26(3) 253-257.
29. HEATON, E.K., PAKE, J., ANDREWS, J.W., BOGGERS, Jr. T.S. 1972. "Changes in quality of channel catfish held in ice before and after processing. *J. Food Sci.* 37(6) 841-846.
30. CASTLE, C.H., SMITH, B., NEAL, W. 1971. "Production of trimethylamin in muscle of several species of gadoid fish during frozen storage especially in relation to presence of dark muscle". *J. Fish. Res. Board Canada* 28(1) 1-5.



31. GILL, T.A., KEITH, R.A., LAL, B.S. 1979. "Textural deterioration of red hake and haddock muscle in frozen storage as related to chemical parameters and changes in the myofibrillar proteins. *J. Food Sci.* 44(3) 661-667.
32. CONNELL, J.J., HOWTAGE, P.F. 1968. "Sensory and objective measurement of the quality of frozen stored cod of different initial freshness". *J. Sci. Food Agric.* 19 June, 342-354.
33. TOKUNAGA, T. 1974. "The Effect of decomposed products of trimethylamin oxide on quality of frozen Alaska pollack fillet." *Bull. of Jap. Soc. Sci. Fisheries*, 40(1) 167.
34. DINGLE, J.R., KEITH, R.A., LAL, B. 1977. "Protein instability in frozen storage induced in minced muscle of flatfishes by mixture with muscle of red hake". *Can. Ins. Food Sci. Technol. J.* 10(1) 143.
35. BABBIT, J.K., CRAWFORD, D.L., LAW, D.K. 1972. "Decomposition of trimethylamin oxide and changes in protein extractibility during frozen storage of minced and intact hake". *J. Agric. Food Chem.* 20(5) 1052-1057.
36. LUIJPEN, A.F.M.G. 1957. "Denaturation of fish protein". *Nature* 180, 1422-1429.
37. DYER, W.J., MORTON, M.L., FRASER, D.I., BLIGH, E.G. 1956. "Storage of frozen rosefish fillets". *J. Fish. Res Board Canada*, 13, 569-574.
38. COWIE, W.P., LITTLE, W.T. 1967. "The relation between the toughness of cod stored at - 7°C and - 14°C, its muscle protein solubility and muscle pH." *J. Food Technol.* 2(3) 217-222.
39. KOLAKOWSKI, E., SZYBOWIEZ, Z., RACZEK, K. 1978. "Extractibility of muscle protein as criterion for technical evaluation of seafish. I. Changes of protein fractions of Baltic herring and Baltic cod during storage in ice." *Nahrung* 21(6) 485-489.
40. MYAUCHI, D. 1962. *Food Technol.* 16,70. in the *Low Temperature Preservation of Foods and Living Matter*, Marcel Dekker Inc. New York.