

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**KRİYOPROTEKTAN MADDE KULLANIMININ ÇOKLU DONDURMA
VE ÇÖZÜNDÜRME UYGULANMIŞ BALIKLARDA KALİTEYE
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Hanife Aydan YATMAZ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

OCAK 2018

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**KRİYOPROTEKTAN MADDE KULLANIMININ ÇOKLU DONDURMA
VE ÇÖZÜNDÜRME UYGULANMIŞ BALIKLARDA KALİTEYE
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Hanife Aydan YATMAZ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

OCAK 2018

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KRİYOPROTEKTAN MADDE KULLANIMININ ÇOKLU DONDURMA
VE ÇÖZÜNDÜRME UYGULANMIŞ BALIKLARDA KALİTEYE
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Hanife Aydan YATMAZ

SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon
Birimi tarafından FDK-2016-1407 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.**

OCAK 2018

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KRİYOPROTEKTAN MADDE KULLANIMININ ÇOKLU DONDURMA
VE ÇÖZÜNDÜRME UYGULANMIŞ BALIKLARDA KALİTEYE
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Hanife Aydan YATMAZ

SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

Bu tez 19./01../2018... tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Nalan GÖKOĞLU (Danışman)

Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN

Prof. Dr. Pınar YERLİKAYA KEBAPÇIOĞLU

Prof. Dr. Sühendan MOL TOKAY

Prof. Dr. Taçnur BAYGAR

N. Gököğlu
A. Küçükçetin
P. Yerlikaya Kebaşoğlu
S. Mol Tokay
T. Baygar

ÖZET

KRİYOPROTEKTAN MADDE KULLANIMININ ÇOKLU DONDURMA VE ÇÖZÜNDÜRME UYGULANMIŞ BALIKLARDA KALİTEYE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Hanife Aydan YATMAZ

Doktora tezi, Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Nalan GÖKOĞLU

Ocak 2018, 137 sayfa

Çalışmamızda, yağ içeriği yüksek palamut balığı (*Sarda sarda*) (%18,4±0,56) ve yağ içeriği düşük olan mezgit balığı (*Merlangius merlangus*) (%1,07±0,31) filetolarında çoklu dondurma ve çözündürme işleminin etkisi araştırılmış bununla birlikte meydana gelen kalite kayıplarının önlenmesi amacıyla farklı kriyoprotektanlar ve çözündürme metotları kullanılmıştır. Kriyoprotektan olarak ticari olarak kullanımı yaygın olan sakkaroz-sorbitol, yine kriyoprotektan özelliği bilinen Sodyum tripolifosfat ve Sodyum aljinat kullanılmıştır. -40 °C’de hızlı dondurma işlemine tabi tutulan örnekler 14 gün sonunda ortam şartlarında (18±2 °C’de, yaklaşık 4,5 saat), akan suda (12±1 °C’de 2 saat) ve +4°C’de (14-15 saat) buzdolabı ortamında çözündürülmüş analiz örnekleri alındıktan sonra balıklar tekrar dondurucuya (-18 °C) bırakılmıştır. Balık filetolarına dondurma ve çözündürme işlemi üç kez tekrar edilmiştir.

Balık filetolarının TMA-N ve TVB-N analiz sonuçlarına göre kriyoprotektan kullanımı çözündürme işlemlerinde TMA-N ve TVB-N değerlerini önemli düzeyde etkilemiştir. Üçüncü çözündürme işlemi sonunda bile balık filetoları tüketilebilirlik sınır değerlerinin altında kalmıştır. Sodyum tripolifosfat TVB-N oluşumunu geciktirmede etkili bulunmuş kontrol grubu en yüksek değeri almıştır. pH değeri değerlendirildiğinde çözündürme işlemleri ile artış gösterdiği ve çözündürme işlemleri sonunda her iki balıkta da en yüksek pH değerinin sodyum tripolifosfat çözeltisine daldırılmış örneklerin ulaştığı tespit edilmiştir. Sodyum tripolifosfat uygulamasının K değeri üzerinde önemli etkisi olmuş, söz konusu uygulama gruplarının K değeri diğer uygulama gruplarına göre düşük kalmıştır.

Farklı kriyoprotektan kullanımı toplam çözünür protein miktarını etkilemezken çözündürme metodu çözünür protein miktarını önemli düzeyde etkilemiştir. Ortam şartlarında çözündürülmüş balık filetolarında dondurma çözündürme işlemleri ile kas proteinleri daha fazla zarar görmüş ve çözünür protein miktarında diğer gruplara oranla daha yüksek oranda azalma olmuştur. Taze palamut ve mezgitte sırasıyla 1527,62±5,77 mg/kg ve 168,66±1,29 mg/kg olan toplam serbest amino asit miktarı çoklu dondurma ve çözündürme işlemlerinde farklı kriyoprotektan kullanımından önemli düzeyde etkilenmiştir. Üçüncü çözündürme işleminden sonra palamut balığında bu değer sodyum tripolifosfat ve suda çözündürme metodu uygulanmış filetolar için 1742,67±4,175 mg/kg;

mezgit balığında ise ortam şartlarında çözündürme metodu uygulanmış kontrol grubu için $458,48 \pm 0,66$ mg/kg olmuştur.

Serbest amino asit profili değerlendirildiğinde ise palamut örneklerinde suda çözündürülmüş kontrol ve sodyum tripolifosfat örnekleri ve buzdolabında çözündürülmüş kontrol örneklerinde hidrofobik serbest amino asit içeriği en yüksek değerlere ulaşmıştır. Mezgitte ise yine buzdolabında çözündürülmüş kontrol örnekleri en yüksek hidrofobik amino asit değerine ulaşmıştır. Kriyoprotetan kullanımı agmatin ve putresin oluşumu önemli düzeyde etkilemiştir. Kontrol grubu örneklerinde agmatin miktarı diğer gruplara göre daha yüksek bulunmuştur. Putresin içeriği incelendiğinde sodyum tripolifosfatın putresin oluşumunu azalttığı görülmüştür.

Benzer şekilde sodyum tripolifosfat su tutma kapasitesinin korunmasında etkili olmuş ortam şartlarında çözündürme işleminin ise su tutma kapasitesini olumsuz etkilediği saptanmıştır.

Balık filetolarının tekstürel özellikleri incelendiğinde dondurma ve çözündürme döngüsünün sertlik değerini arttırdığı tespit edilmiş, üçüncü çözündürme sonunda en sert ürünün kontrol grubu örnekleri olduğu, kriyoprotektanların özellikle sodyum aljinatın sertlik artışında balıketini koruyucu etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Dondurma çözündürme işlemi ile yapışkanlık artmış sakkaroz-sorbitol ve sodyum aljinat uygulanmış balık filetoları daha az yapışkanlık değerine ulaşmıştır. Dondurma çözündürme döngüsü ile kohezyon değerinde değişim olmamıştır. Sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerleri incelendiğinde kontrol grubunun daha yüksek değerler aldığı ve kriyoprotektan uygulamasının her iki değer için de etkili olduğu bulunmuş fakat kriyoprotektanlar arasında bir farklılık tespit edilmemiştir.

Renk ölçümleri sonucunda balık türünün, dondurma ve çözündürme döngüsünün ve çözündürme yöntemlerinin L^* değerini önemli düzeyde etkilediği fakat kriyoprotektan uygulamasının L^* değerini etkilemediği belirlenmiştir. Filetoları akan suda çözündürme işleminin L^* değerini başlangıça göre muhafaza ettiği tespit edilmiştir. a^* değeri ise palamut balığında daha yüksek değerler almış her iki balık etinin dondurma çözündürme işlemiyle kırmızılığının azaldığı tespit edilmiştir. Kriyoprotektan uygulamasının a^* değeri üzerindeki etkisi önemsiz olmuş, buzdolabından çözündürülen balık filetolarının ise a^* değeri diğer gruplara göre daha düşük bulunmuştur. b^* değeri dondurma çözündürme döngüsü ile artış göstermiş en yüksek değerler kontrol ve sodyum aljinat gruplarında tespit edilmiştir. Çözündürme yöntemlerinde ise buzdolabında çözündürülen balık filetolarının b^* değerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Sodyum aljinat uygulanmış balık filetolarının görünüşü panelistler tarafından daha çok beğenilmiş, benzer şekilde sodyum aljinat ile birlikte sakkaroz-sorbitol uygulanmış balık filetoları tekstürel açıdan daha çok iyi bulunmuştur. Buzdolabında ve akan suda çözündürülen balıklar görünüş açısından başarılı sonuçlar vermiştir. Balık filetolarında kokuyu ne kriyoprotektan uygulaması ne de çözündürme yöntemindeki farklılık etkilemiştir.

Çalışmamız sonucunda her iki balık türünde de sodyum tripolifosfat ve sodyum aljinat başlangıç kalitesinin korunmasında etkili olmuştur. Dondurma çözündürme döngüsü sonucunda balık filetolarının kalitesi tüketilebilirlik sınırı altında kalmış buna

rağmen dondurma ve çözündürme döngüsünün balıketindeki proteinlere bağı bazı fonksiyonel özellikleri etkileyerek balık kasında fizikokimyasal değışimler meydana getirdiğı tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER:Çoklu dondurma-çözündürme, Kalite, Kriyoprotektan, Tekstür,

JÜRİ: Prof. Dr. Nalan GÖKOĞLU

Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN

Prof. Dr. Pınar YERLİKAYA KEBAPÇIOĞLU

Prof. Dr. Sühendan MOL TOKAY

Prof. Dr. Taçnur BAYGAR

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF CRYOPROTECTANTS ON THE QUALITY OF FISH SUBJECTED TO MULTIPLE FREEZE-THAW CYCLES

Hanife Aydan YATMAZ

PhD Thesis in Fisheries Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Nalan GOKOGLU

January 2018, 137 Pages

In this study, different cryoprotectants and thawing methods have been used to prevent the loss of quality due to multiple freezing and thawing processes in bonito (*Sarda sarda*) and whiting (*Merlangius merlangus*) fillets which have high and low fat contents respectively. Saccharose-sorbitol used commercially, sodium tripolyphosphate and sodium alginate were used as cryoprotectant agents. After immersing, the samples were subjected to rapid freezing at -40°C . The samples were stored for 14 days at -18°C and thawed at ambient conditions ($18 \pm 2^{\circ}\text{C}$, about 4,5 hours), under running water ($12 \pm 1^{\circ}\text{C}$, 2 hours) and in the refrigerator ($4 \pm 1^{\circ}\text{C}$, 14-15 hours) after that the fillets were left in the freezer (-18°C) again. The freezing and thawing of the fish fillets were repeated three times.

According to the results of TMA-N and TVB-N of fish fillets, the use of cryoprotectant agent in the multiple freezing and thawing processes significantly affected the TMA-N and TVB-N values of the fillets. After the third thawing process, the TMA-N and TVB-N values of the fish fillets were below the limit values for consumption. Sodium tripolyphosphate was found to be effective in retarding formation of TVB-N and control groups had the highest TVB-N values. The increase in the pH value with the multiple freezing and thawing process was found and the highest pH values of both fish species were observed in the sodium tripolyphosphate treated groups after last thawing processes. Using sodium tripolyphosphate significantly affected the K value and K values in this group had lower than the other groups.

The use of different cryoprotectants did not affect the amount of total soluble protein, whereas the thawing methods significantly affected the amount of soluble protein. Thawing the fillets at ambient conditions damaging muscle proteins decreased the amount of total soluble protein decreased much more during the multiple freezing and thawing process than other groups. Initial amount of total free amino acid of fresh bonito and whiting was $1527,62 \pm 5,77$ mg/kg and $168,66 \pm 1,29$ mg/kg respectively. When different cryoprotectants were used in multiple freezing and thawing process, the total free amino acid value was significantly affected. After the third thawing, this value was $1742,67 \pm 4,175$ mg / kg for bonito fillets treated with sodium tripolyphosphate and thawed under water, and was 458.48 ± 0.66 mg / kg in the control group thawed at ambient conditions for the whiting fillets.

When the free amino acid profile was assessed, the content of hydrophobic free amino acids reached to the highest value in the bonito control samples treated with sodium

tripolyphosphate and thawed both under running water and in the refrigerator. In the case of whiting, the control samples thawed in the refrigerator reached the highest hydrophobic amino acid value. The use of cryoprotectants affected the formation of agmatine and putrescine significantly. The amount of agmatine in the control group was higher than the other groups. All control samples reached higher agmatine content compared to the other groups. It was observed that suppressive effect of sodium tripolyphosphate on formation of putrescine.

Similar results were observed with the analysis of water holding capacity. Sodium tripolyphosphate had good effect on preventing the loss of water holding capacity whereas thawing at ambient conditions showed adversely effect on the water holding capacity.

As the freezing and melting cycle increased, the fillet hardness increased and after the 3rd dissolution, the hardest samples were determined in the control samples.

As the freezing and thawing cycle increased, the fillet hardness increased and after the third thawing, the hardest samples were determined in the control samples. The cryoprotectants affected the hardness of the samples and the sodium alginate was successful in preventing the hardening of the fillets. Adhesiveness increased with freeze-thaw cycles, whereas samples treated with saccharose-sorbitol and sodium alginate were less adhesive. The cohesion value has not changed in the freeze thaw cycle. It was found that control groups had higher gumminess and chewiness values among the other groups. Cryoprotectants affected both parameters significantly in the freeze-thaw cycle but no difference was found between cryoprotectants.

Color measurements indicated that fish species, freezing and thawing cycles and thawing methods significantly affected L^* value but cryoprotectant treatment did not affect L^* value. It was determined that thawing in running water maintained the L^* value during multiple freeze-thaw process. The a^* value indicating the redness, which has higher values in bonito fish, decreased with freezing and thawing processes. The cryoprotectant treatment did not affect the a^* value and the a^* values of the fillets thawed in the refrigerator were lower than the other groups. The b^* value increased with the freeze thaw cycle, while the highest values were found in the control group and sodium alginate treated group. The fillets thawed in the refrigerator had higher b^* values the other groups.

Sensory evaluations have shown that the appearance of fish fillets treated with sodium alginate, thawed under running water and in the refrigerator, was much more preferred by the panelists. Similarly, texture analysis of fish fillets treated with sodium alginate and saccharose-sorbitol yielded more successful results. The odor of fillets was neither affected by cryoprotectant treatment nor by thawing methods.

The results showed that sodium tripolyphosphate and sodium alginate were effective in maintaining the initial quality of both fish species. After multiple freezing and thawing process, the quality of all groups was below the consumption limit however, found that the freeze-thaw cycle influenced some functional properties of the proteins by causing physicochemical changes in the fish muscle.

KEY WORDS: Cryoprotectant, Multiple freeze-thaw process, Quality, Texture

COMMITTEE: Prof. Dr. Nalan GÖKOĞLU
Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN
Prof. Dr. Pınar YERLİKAYA KEBAPÇIOĞLU
Prof. Dr. Sühendan MOL TOKAY
Prof. Dr. Taçnur BAYGAR



ÖNSÖZ

Su ürünleri besleyici özelliklerinin yanı sıra kolay bozulan gıda maddelerinden biridir. Kolay bozulma özelliğinden dolayı su ürünlerini muhafaza etmede çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan en etkili muhafaza yöntemlerinden biri olarak kabul edilen dondurarak muhafaza tekniğidir. Dondurma işleminde dondurma hızı, depolama süreci ve çözündürme yöntemi ürün kalitesinde önemli bir yere sahiptir. Bunların dışında dondurarak depolama sırasında üründe bazı istenmeyen değişimler meydana gelebilmektedir. Balığın besinsel kompozisyonu da bu değişikliklerde etkili faktördür. Özellikle yağlı ve yağsız balıklarda değişimler farklılık göstermektedir.

Kalite kayıplarının engellenmesi için dondurulmuş ürünlerde kriyoprotektanlar kullanılmaktadır. Kriyoprotektanlar dondurma işleminde ette meydana gelen damlama kaybını, su tutma kapasitesinin azalması, tekstür özelliklerinin değişimi, proteinlerin fonksiyonel özelliklerinin kaybı gibi kalite değişimlerinin önlenmesi amacıyla kullanılmaktadır.

Ayrıca restoranlar ve bazı marketlerde ürünler dondurulup çözündürme ve tekrar dondurma işlemine tabi tutulmaktadır. Böylece üründe dondurma işlemiyle meydana gelen kalite kayıpları artmakta ve ürün kolay bozulur bir hale gelebilmektedir.

Bu çalışmada çoklu dondurma çözündürme işlemlerinin yağlı ve yağsız olmak üzere iki balık türünün kalitesine etkisinin incelenmesinin yanında sakkaroz-sorbitol, sodyum triplifosfat ve sodyum alginatın kriyoprotektan madde olarak kullanımının bu işlemlerin etkilerin azaltmadaki rolü araştırılmıştır.

Bana bu konuyu çalışma fırsatı veren, çalışmalarım sırasında bana olan güveni ile beni cesaretlendiren, her türlü yardım ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Nalan GÖKOĞLU'na (Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi) teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında her zaman yanımda olup benden desteklerini esirgemeyen Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN (Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi), Prof. Dr. Pınar YERLİKAYA KEBAPÇIOĞLU (Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi), Doç. Dr. Osman Kadir TOPUZ (Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi) ve Yüksek Lisans Öğrencisi Ali Can ALP'e, yine çalışma arkadaşlarım Yrd. Doç. Dr. İlknur UÇAK (Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi), Yüksek Lisans Öğrencisi Adem KAYA, Doktora Öğrencisi Fahrettin Gökhan TOKAY'a, çalışma materyali teminindeki yardımlarından dolayı Erkan BAŞOĞLU'na, teşekkür ederim. Ayrıca bu zorlu süreçte bana destek olan bilgi ve birikimlerini benden esirgemeyen Gıda Güvenliği ve Tarımsal Araştırmalar Merkezi çalışma arkadaşlarım Taner ERKAYMAZ, Uzman Timur TONGUR ve Müdürüm Prof. Dr. Mehmet İNAN hocama teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmamı mali yönden destekleyen Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkür ederim.

Son olarak hayatımın her evresinde bana inanan, güvenen ve kayıtsız şartsız destekleyen aileme ve eşim Ercan YATMAZ'a teşekkür ve sevgilerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	viii
AKADEMİK BEYAN	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	3
2.1. Su Ürünlerinde Meydana Gelen Bozulmalar.....	4
2.2. Su Ürünleri Muhafaza Teknikleri.....	6
2.3. Çoklu Dondurma Ve Çözündürme Prosesi	8
2.4. Kriyojenik Muhafaza Yöntemi Ve Su Ürünlerinde Kriyoprotektan Kullanımı..	10
2.5. Yapılmış Çalışmalar	12
3. MATERYAL METOT	19
3.1. Materyal.....	19
3.2. Metot.....	19
3.2.1. Kriyoprotektan çözeltilerinin hazırlanması ve filetolara uygulanması	19
3.2.2. Analizler.....	23
3.2.2.1. Trimetil amin (TMA) analizi.....	23
3.2.2.2. Toplam uçucu bazik azot (TVB-N) analizi	23
3.2.2.3. pH analizi	23
3.2.2.4. Toplam çözünür protein analizi.....	23
3.2.2.5. Toplam serbest amino asit analizi	23
3.2.2.6. K değeri	24
3.2.2.7. Biyojen amin analizi.....	24
3.2.2.8. Serbest amino asit kompozisyonu	25
3.2.2.9. Su tutma kapasitesi	26
3.2.2.10. Tekstür profil analizi	26
3.2.2.11. Renk analizi	27

3.2.2.12. Duyusal analiz	27
3.2.2.13. İstatiksel analiz	27
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	28
4.1. Trimetilamin Değerine Ait Bulgular	28
4.2. Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) Değerine Ait Bulgular.....	32
4.3. pH Değerinde Ait Bulgular	36
4.4. Toplam Çözünür Protein Analizine Ait Bulgular.....	39
4.5. Toplam Serbest Amino Asit Analizine Ait Bulgular.....	43
4.6. K Değerine Ait Bulgular.....	47
4.7. Biyojen Amin Değerlerine Ait Bulgular	51
4.7.1. Agmatin içeriğine ait bulgular	51
4.7.2. 2-feniletülin içeriğine ait bulgular	54
4.7.3. Putresin içeriğine ait bulgular	57
4.7.4. Kadaverin içeriğine ait bulgular	61
4.7.5. Spermidin içeriğine ait bulgular	64
4.7.6. Spermin içeriğine ait bulgular.....	67
4.8. Serbest Amino Asit Kompozisyonuna Ait Bulgular	70
4.9. Su Tutma Kapasitesine Ait Bulgular	84
4.10. Tekstür Değerine Ait Bulgular	87
4.10.1. Sertlik değerine ait bulgular.....	87
4.10.2. Yapışkanlık değerine ait bulgular	91
4.10.3. Esneklik değerine ait bulgular	94
4.10.4. Kohezyon değerine ait bulgular.....	97
4.10.5. Sakızimsılık değerine ait bulgular	100
4.10.6. Çiğnenebilirlik değerine ait bulgular	103
4.11. Renk Değerine Ait Bulgular.....	106
4.12. Duyusal Analiz Bulguları	116
5. SONUÇLAR	125
6. KAYNAKLAR.....	128
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum ‘Kriyoprotektan Madde Kullanımının Çoklu Dondurma Ve Çözündürme Uygulanmış Balıklarda Kaliteye Etkilerinin Araştırılması’ adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak bulunduğunu belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

19/01/2018

Hanife Aydan YATMAZ



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

m	: metre
cm	: santimetre
µg	: mikrogram
mm	: milimetre
dk	: dakika
mg	: miligram
g	: gram
kg	: kilogram
L	: litre
ml	: mililitre
µmol	: mikromol
µm	: mikrometre
N	: Normal
nm	: nanometre
sa	: saat
%	: yüzde
°C	: santigrat derece
v/v	: hacim/hacim
w/v	: ağırlık/hacim
w/w	: ağırlık/ağırlık
ppm	: milyonda bir kısım

Kısaltmalar

ADP	: Adenozin difosfat
AMP	: Adenozin monofosfat
ASAA	: Apolar serbest aminoasit
ATP	: Adenozin trifosfat
DMA	: Dimetilamin
ESI	: Elektrosprey iyonizasyon
FA	: Formaldehit

FDA	: Gıda ve İlaç Kuruluşu
GRAS	: Generally recognized as safe
HxR	: Inosin
Hx	: Hipoksantin
IMP	: Inosin monofosfat
LC-MSMS	: Sıvı kromatografisi-kütle-kütle spektrometresi
PSAA	: Polar serbest aminoasit
P<0,01	: Yüzde birlik önem seviyesine göre
P<0,05	: Yüzde beşlik önem seviyesine göre
SPI	: Soya protein izolatı
STPP	: Sodyum tripolifosfat
TBA	: Tiyobarbutirik Asit
TCA	: Trikloro asetik asit
TMA-N:	: Trimetilamin azot
TMAO	: Trimetilamin oksit
TSPP	: Tetrasodyum pirofosfat
TVB-N	: Toplam uçucu bazik azot
UPLC	: Ultra performans sıvı kromatografisi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.ATP yıkım şeması	4
Şekil 2.2. Amino asitlerin dekarboksilasyonu	6
Şekil 3.1. Kullanılan balıklar ve balıklara ait filetolar	20
Şekil 3.2. Balık filetolarının kriyoprotektan çözeltilerine daldırılması	21
Şekil 3.3. İşlem akım şeması	21
Şekil 3.4. Tekstür profil analizi kurvesi ve tekstür profil analiz parametreleri	26
Şekil 4.1. Yağlı balık filetolarının (Palamut) TMA-N değerleri	31
Şekil 4.2. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) TMA-N değerleri	31
Şekil 4.3. Yağlı balık filetolarının (Palamut) TVB-N değerleri	35
Şekil 4.4. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) TVB-N değerleri	35
Şekil 4.5. Yağlı balık filetolarının (Palamut) pH değerleri	38
Şekil 4.6. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) pH değerleri	39
Şekil 4.7. Yağlı balık filetolarının (Palamut) toplam çözünür protein değerleri	42
Şekil 4.8. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) toplam çözünür protein değerleri	43
Şekil 4.9. Yağlı balık filetolarının (Palamut) toplam serbest amino asit değerleri	46
Şekil 4.10. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) toplam serbest amino asit değerleri	46
Şekil 4.11. Yağlı balık filetolarının (Palamut) K değerleri	50
Şekil 4.12. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) K değerleri	50
Şekil 4.13. Yağlı balık filetolarının (Palamut) agmatin düzeyleri	53
Şekil 4.14. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) agmatin düzeyleri	53
Şekil 4.15. Yağlı balık filetolarının (Palamut) 2-feniletülin düzeyleri	56
Şekil 4.16. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) 2-feniletülin düzeyleri	57
Şekil 4.17. Yağlı balık filetolarının (Palamut) putresin düzeyleri	60
Şekil 4.18. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) putresin düzeyleri	60

Şekil 4.19. Yağlı balık filetolarının (Palamut) kadaverin düzeyleri	63
Şekil 4.20. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) kadaverin düzeyleri.....	64
Şekil 4.21. Yağlı balık filetolarının (Palamut) spermidin düzeyleri.....	66
Şekil 4.22. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) spermidin düzeyleri	67
Şekil 4.23. Yağlı balık filetolarının (Palamut) spermin düzeyleri	69
Şekil 4.24. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) spermin düzeyleri.....	70
Şekil 4.25. Yağlı balık filetolarının (Palamut) polar serbest amino asit içerikleri	82
Şekil 4.26. Yağlı balık filetolarının (Palamut) apolar serbest amino asit içerikleri.....	82
Şekil 4.27. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) polar serbest amino asit içerikleri	83
Şekil 4.28. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) apolar serbest amino asit içerikleri	83
Şekil 4.29. Yağlı balık filetolarının (Palamut) su tutma kapasitesi (%) değerleri	86
Şekil 4.30. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) su tutma kapasitesi (%) değerleri.....	86
Şekil 4.31. Yağlı balık filetolarının (Palamut) sertlik değerleri.....	90
Şekil 4.32. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) sertlik değerleri	91
Şekil 4.33. Yağlı balık filetolarının (Palamut) yapışkanlık değerleri	93
Şekil 4.34. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) yapışkanlık değerleri.....	94
Şekil 4.35. Yağlı balık filetolarının (Palamut) esneklik değerleri	96
Şekil 4.36. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) esneklik değerleri.....	97
Şekil 4.37. Yağlı balık filetolarının (Palamut) kohezyon değerleri	99
Şekil 4.38. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) kohezyon değerleri.....	99
Şekil 4.39. Yağlı balık filetolarının (Palamut) sakızimsılık değerleri	102
Şekil 4.40. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) sakızimsılık değerleri.....	102
Şekil 4.41. Yağlı balık filetolarının (Palamut) çiğnenebilirlik değerleri	105
Şekil 4.42. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) çiğnenebilirlik değerleri.....	105
Şekil 4.43. Yağlı balık filetolarının (Palamut) L* değerleri	108
Şekil 4.44. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) L* değerleri.....	108

Şekil 4.45. Yağlı balık filetolarının (Palamut) a* değerleri.....	111
Şekil 4.46. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) a* değerleri	111
Şekil 4.47. Yağlı balık filetolarının (Palamut) b* değerleri.....	114
Şekil 4.48. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) b* değerleri	114
Şekil 4.49. Yağlı balık filetolarının (Palamut) görünüş değerleri.....	118
Şekil 4.50. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) görünüş değerleri	118
Şekil 4.51. Yağlı balık filetolarının (Palamut) koku değerleri.....	120
Şekil 4.52. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) koku değerleri	121
Şekil 4.53. Yağlı balık filetolarının (Palamut) tekstür değerleri.....	123
Şekil 4.54. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) tekstür değerleri	123

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Türkiye’de yıllara göre mezgit ve palamut üretim miktarları (Anonim 2)	3
Çizelge 2.2. Dondurulmuş balıkta oluşan otolitik değişimler (Anonymous 4)	7
Çizelge 3.1. Kriyoprotektan uygulama grupları	22
Çizelge 3.2. Nükleotid yıkım ürünleri UPLC gradient metodu	24
Çizelge 3.3. Biyojen amin analizi UPLC gradient metodu.....	25
Çizelge 3.4. Serbest amino asit analizi UPLC gradient metodu	26
Çizelge 4.1. Balık filetolarının TMA-N değerine ait varyans analiz sonuçları	28
Çizelge 4.2. Balık filetolarının TMA-N değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	29
Çizelge 4.3. Balık filetolarının TMA-N değerleri	30
Çizelge 4.4. Balık filetolarının TVB-N değerine ait varyans analiz sonuçları	32
Çizelge 4.5. Balık filetolarının TVB-N değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	33
Çizelge 4.6. Balık filetolarının TVB-N değerleri	34
Çizelge 4.7. Balık filetolarının pH değerine ait varyans analiz sonuçla.....	36
Çizelge 4.8. Balık filetolarının pH değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	37
Çizelge 4.9. Balık filetolarının pH değerleri.....	38
Çizelge 4.10. Balık filetolarının toplam çözünür protein miktarlarının varyans analiz sonuçları.....	39
Çizelge 4.11. Balık filetolarının toplam çözünür protein miktarlarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	40
Çizelge 4.12. Balık filetolarının toplam çözünür protein değerleri	42
Çizelge 4.13. Balık filetolarının toplam serbest amino asit içeriklerine ait varyans analiz sonuçları.....	43
Çizelge 4.14. Balık filetolarının toplam serbest amino asit içeriklerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	44
Çizelge 4.15. Balık filetolarının toplam serbest amino asit değerleri.....	45

Çizelge 4.16. Balık filetolarının K değerine ait varyans analiz sonuçları	47
Çizelge 4.17. Balık filetolarının K değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	48
Çizelge 4.18. Balık filetolarının K değerleri.....	49
Çizelge 4.19. Balık filetolarının agmatin düzeylerine ait varyans analiz sonuçları.....	51
Çizelge 4.20. Balık filetolarının agmatin düzeylerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	52
Çizelge 4.21. Balık filetolarının agmatin düzeyleri	52
Çizelge 4.22. Balık filetolarının 2-feniletilamin düzeylerine ait varyans analiz sonuçları	54
Çizelge 4.23. Balık filetolarının 2-feniletilamin düzeylerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	55
Çizelge 4.24. Balık filetolarının 2-feniletilamin düzeyleri	55
Çizelge 4.25. Balık filetolarının putresin düzeylerine ait varyans analiz sonuçları.....	58
Çizelge 4.26. Balık filetolarının putresin düzeylerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	58
Çizelge 4.27. Balık filetolarının putresin düzeyleri	59
Çizelge 4.28. Balık filetolarının kadaverin düzeylerine ait varyans analiz sonuçları	61
Çizelge 4.29. Balık filetolarının kadaverin düzeylerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	62
Çizelge 4.30. Balık filetolarının kadaverin düzeyleri	63
Çizelge 4.31. Balık filetolarının spermidin düzeylerine ait varyans analiz sonuçları	64
Çizelge 4.32. Balık filetolarının spermidin düzeylerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	65
Çizelge 4.33. Balık filetolarının spermidin düzeyleri	66
Çizelge 4.34. Balık filetolarının spermin düzeylerine ait varyans analiz sonuçları.....	67
Çizelge 4.35. Balık filetolarının spermin düzeylerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	68
Çizelge 4.36. Balık filetolarının spermin düzeyleri	69

Çizelge 4.37. Yağlı balık filetolarının (Palamut) Kontrol grubuna ait serbest amino asit içerikleri.....	74
Çizelge 4.38. Yağlı balık filetolarının (Palamut) Sakkaroz-Sorbitol grubuna ait serbest amino asit içerikleri.....	75
Çizelge 4.39. Yağlı balık filetolarının (Palamut) Sodyum tripolifosfat grubuna ait serbest amino asit içerikleri.....	76
Çizelge 4.40. Yağlı balık filetolarının (Palamut) Sodyum aljinat grubuna ait serbest amino asit içerikleri.....	77
Çizelge 4.41. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) Kontrol grubuna ait serbest amino asit içerikleri.....	78
Çizelge 4.42. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) Sakkaroz-Sorbitol grubuna ait serbest amino asit içerikleri.....	79
Çizelge 4.43. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) Sodyum tripolifosfat grubuna ait serbest amino asit içerikleri.....	80
Çizelge 4.44. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) Sodyum aljinat grubuna ait serbest amino asit içerikleri.....	81
Çizelge 4.45. Balık filetolarının su tutma kapasitesine ait varyans analiz sonuçları	84
Çizelge 4.46. Balık filetolarının su tutma kapasitesine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	85
Çizelge 4.47. Balık filetolarının su tutma kapasitesi değerleri	85
Çizelge 4.48. Balık filetolarının sertlik değerine ait varyans analiz sonuçları	88
Çizelge 4.49. Balık filetolarının sertlik değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	88
Çizelge 4.50. Balık filetolarının sertlik değerleri.....	90
Çizelge 4.51. Balık filetolarının yapışkanlık değerine ait varyans analiz sonuçları	91
Çizelge 4.52. Balık filetolarının yapışkanlık değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	92
Çizelge 4.53. Balık filetolarının yapışkanlık değerleri	93
Çizelge 4.54. Balık filetolarının esneklik değerine ait varyans analiz sonuçları	94
Çizelge 4.55. Balık filetolarının esneklik değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	95

Çizelge 4.56. Balık filetolarının esneklik değerleri	96
Çizelge 4.57. Balık filetolarının kohezyon değerine ait varyans analiz sonuçları.....	97
Çizelge 4.58. Balık filetolarının kohezyon değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	98
Çizelge 4.59. Balık filetolarının kohezyon değerleri	98
Çizelge 4.60. Balık filetolarının sakızimsılık değerine ait varyans analiz sonuçları	100
Çizelge 4.61. Balık filetolarının sakızimsılık değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	101
Çizelge 4.62. Balık filetolarının sakızimsılık değerleri	101
Çizelge 4.63. Balık filetolarının çiğnenebilirlik değerine ait varyans analiz sonuçları	103
Çizelge 4.64. Balık filetolarının çiğnenebilirlik değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	104
Çizelge 4.65. Balık filetolarının çiğnenebilirlik değerleri	104
Çizelge 4.66. Balık filetolarının L* değerine ait varyans analiz sonuçları	106
Çizelge 4.67. Balık filetolarının L* değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	107
Çizelge 4.68. Balık filetolarının L* değerleri	107
Çizelge 4.69. Balık filetolarının a* değerine ait varyans analiz sonuçları.....	109
Çizelge 4.70. Balık filetolarının a* değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	110
Çizelge 4.71. Balık filetolarının a* değerleri.....	110
Çizelge 4.72. Balık filetolarının b* değerine ait varyans analiz sonuçları	112
Çizelge 4.73. Balık filetolarının b* değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	113
Çizelge 4.74. Balık filetolarının b* değerleri.....	113
Çizelge 4.75. Balık filetolarının görünüş değerine ait varyans analiz sonuçları	116
Çizelge 4.76. Balık filetolarının görünüş değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	117

Çizelge 4.77. Balık filetolarının görünüş değerleri.....	117
Çizelge 4.78. Balık filetolarının koku değerine ait varyans analiz sonuçları	119
Çizelge 4.79. Balık filetolarının koku değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	119
Çizelge 4.80. Balık filetolarının koku değerleri.....	120
Çizelge 4.81. Balık filetolarının tekstür değerine ait varyans analiz sonuçları	121
Çizelge 4.82. Balık filetolarının tekstür değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	122
Çizelge 4.83. Balık filetolarının tekstür değerleri.....	122



1. GİRİŞ

Balık, içeriğindeki yüksek miktardaki vitamin, mineraller ve çoklu doymamış yağ asitleri gibi esansiyel mikro besinler yine düşük miktardaki doymuş yağ asitleri, karbonhidrat ve kolesterol ile insan sağlığı için besleyici bir gıdadır (Velioglu vd. 2015).

Balık eti su içeriğinin yüksek olmasından dolayı avlamadan satışa kadar çeşitli aşamalarda kolayca bozulabilen gıda ürünlerindendir (Zhu vd. 2015). Balık etinde meydana gelen bozulmalar kimyasal, mikrobiyal ve enzimatik reaksiyonlar sonucunda gerçekleşmektedir. Bozulma ile proteinler; peptitler, aminoasitler ve diğer düşük molekül ağırlıklı azotlu bileşiklere parçalanmaktadır. Bu yıkıcı değişiklikler balık etinde bazı bileşiklerin kademeli olarak birikmesine sebep olmaktadır. Enzimler ölümden sonra aktif olarak kalmakta ve ilk birkaç günlük evrede oluşan aroma değişikliklerinde etkili olmaktadır. Bununla birlikte otoliz sonucu protein, karbonhidrat ve lipitlerdeki değişimlerin de bozulmada etkisi oldukça fazladır.

Başlangıçta meydana gelen kalite kayıpları otoliz reaksiyonları ile meydana gelmektedir. Ölüm sonrası bakteri ve enzimler gibi ölüm sonrasındaki bozucu etmenler balık etinde kalite kayıplarına neden olmakta ve ürünün tüketiciler tarafından kabul edilebilirliğini düşürmektedir (Gökoğlu ve Yerlikaya 2015). Balık kalitesindeki düşüş asıl olarak balık türüne ve depolama koşullarına bağlıdır. Su ürünlerinin raf ömrünü uzatmak için muhafazasında birçok yöntem kullanılmakla birlikte dondurma tekniği halen en çok tercih edilen yöntemdir. Dondurma işlemi ile sıcaklığın düşürülmesi ve balık etinde bulunan suyun buz kristallerine dönüştürülerek bakteri gelişimi ve enzimlerin çalışmasının azaltılması ve aynı zamanda rigor mortis süresinin uzatılması hedeflenmektedir (Velioglu vd. 2015).

Dondurma işleminde, depolama sürecinde ve çözündürme işlemindeki uygun olmayan uygulamalar balık etinin tekstürel ve fonksiyonel özelliklerinin kötü yönde değişmesine sebep olmakla birlikte mikrobiyolojik, kimyasal ve fiziksel bozulmalara da neden olmaktadır (Baygar vd. 2013; Velioglu vd. 2015). Bu değişimler balık etinde su kaybı, protein denatürasyonu ve fiziksel özelliklerin bozulması şeklinde meydana gelmektedir. Dondurma işleminin asıl amacı balığın dondurulmadan önceki kalitesinin korunmasıdır (Thyholt ve Isaksson 1997; Ekici ve Yapar 2004).

Dondurma işlemi ve dondurulmuş depolamada meydana gelen bozulmalar balığın kimyasal kompozisyonu ile yakından ilgili olmaktadır. Depolama süresince meydana gelen bozulmalar en çok yağlı balık türlerinde görülmektedir. Yağlarda oksidasyonun yanı sıra hidroliz meydana gelmekte ve bunun sonucunda da serbest yağ asitleri miktarında artış olmaktadır. Oluşan serbest yağ asitleri miyofibrillar ve sarkoplazmik proteinlerle etkileşime girmekte ve denatürasyona neden olarak kas tekstürünü etkilemektedir (Badii ve Howell 2002).

Depoda muhafaza edilen dondurulmuş ürünlerde buz kristalleri oluşumu aşamasında, lipid ve protein interaksyonu, miyofibrillar proteinlerin agregasyonu, denatürasyonu ve formaldehit-protein interaksyonu ile balık etinde sertleşme meydana gelmektedir (Yoon vd. 1991).

Dondurulmuş depolama süresince miyofibrilar proteinlerin (özellikle miyozin) bozulması etrafındaki gruplar ile hidrofobik etkileşimler oluşturabilen polar olmayan amino asitler ortaya çıkarmaktadır. Bu işlem proteinlerin agregasyonuna, su tutma kapasitesinin azalmasına ve dokusal değişimlere yol açmaktadır. Bu istenmeyen değişikliklerin önlenmesinde kriyoprotektan maddeler etkili olmaktadır (Carvajal vd. 1999).

Kriyoprotektanlar gıdalarda birçok farklı amaç için kullanılabilir. Genel olarak gıdaların dondurulması ve muhafazasında proteinleri denatürasyon ve agregasyondan koruma amacıyla kullanılmaktadır. Böylece gıda kalitesi korunmaktadır. Su ürünlerinde yine dondurma işleminin yıkıcı etkisini engellemek için ve dondurarak depolama sürecinde proteinlerin fonksiyonel özelliklerini koruma amacıyla kullanılmaktadır (Korzeniowska vd. 2013). Kullanılan kriyoprotektanlar esas olarak balıkta su tutma özellikleri ve tekstürel özelliklerin geliştirilmesi için farklı tiplerde olabilmektedir (Yoon vd. 1991).

Son ürün kalitesinde dondurma işlemi kadar çözündürme işleminin de önemi vardır. Uygun olmayan çözündürme metotları balıktaki fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik bozulmayı arttırmaktadır. Genel olarak gıdaların çözündürülme işlemi için buzdolabında, mikrodalga fırında, su içerisinde ve oda sıcaklığında olmak üzere 4 farklı yöntem kullanılmaktadır (Baygar vd. 2004). Çözündürme işlemi sonrası fazla olan ürün tekrar dondurucuya koyulabilmektedir. Özellikle restoranlarda ve balık marketlerinde gerçekleşen dondurma ve çözündürme döngüsü aynı üründe birçok kez gerçekleşmektedir. Bu da kaliteyi düşürmekte ve ürün daha kolay bozulur bir hale gelmektedir. Hatta daha ileri çoklu dondurma ve çözündürme işlemlerinde balığın kalitesinin çok fazla düştüğü belirlenmiştir (Baygar vd. 2013). Dondurma çözündürme döngüsü ile meydana gelen değişimler yine mekanik zararlanma, kas proteinlerinin denatürasyonu ve su tutma kapasitesinin kaybı ile ilgili olmaktadır (Hallier vd. 2008).

Bu çalışmada çoklu dondurma ve çözündürme döngülerinin balık kalitesine etkilerinin incelenmesinin yanında, farklı kriyoprotektan madde kullanımının ve farklı çözündürme yöntemlerinin kalite kayıplarını azaltmadaki etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca tüm bu etkilerin yağlı ve yağsız balık türlerinde farklılık gösterip göstermediğini incelemek de çalışmamızın bir başka amacını oluşturmuştur.

2. KAYNAK TARAMASI

Dünya nüfusundaki hızlı artışla birlikte insanoğlunun beslenmesi için en önemli gıda grubu olan su ürünleri talebi de artmıştır. Su ürünleri yüksek besinsel değeri sebebiyle beslenmede önemli bir yere sahiptir (Zhu vd. 2015). Ülkemizde 2016 yılında 588.715 ton su ürünleri üretilmiş ve yıllık kişi başına tüketim oranı 5,4 kg olmuştur Tüm dünya üretimine bakınca bu oran 2015 yılında 170 milyon tonu bulmuştur (Anonim 1).

Ülkemiz denizleri 8333 km’lik kıyı şeridi, ortalama sıcaklık ve tuzluluk açısından farklı özellikler göstermesiyle, su ürünleri üretim alanları bakımından önemli potansiyele sahiptir. Ayrıca iç su kaynakları açısından baraj gölü ve göletlerin varlığı bu potansiyeli arttırmaktadır.

Deniz ürünleri üretiminde önemli çoğunluğu hamsi, istavrit, sardalya ve palamut gibi pelajik balıklar oluşturmaktadır. Üretim miktarları incelendiğinde en büyük paya sahip olanlar Karadeniz’de hamsi, istavrit, kefal, kalkan, mezgit ve barbunya; Akdeniz’de sardalya, kefal, tekir, berlam ve iskarnoz, Ege Denizi’nde sardalya, tekir, berlam ve iskarnoz, Marmara’da hamsi, istavrit ve kefal oluşturmaktadır (Doğan 2002).

Palamut ve Mezgit birbirlerinden yağ oranı olarak oldukça farklı ve ekonomik değere sahip balıklardandır. 2016 verilerinde göre Türkiye’de 39.459,6 ton palamut, 11.540,8 ton mezgit ve 783,8 ton Bakalyaro-Berlam üretilmiştir (Anonim 2).

Palamut (*Sarda sarda* Bloch, 1973) epipelajik ve fazla göç eden yağlı, *Scombridae* familyasına air tür olup Atlantik okyanusu, Akdeniz ve Karadeniz’de bulunan ekonomik olarak öneme sahip bir balık türüdür. Boy uzunlukları 91,4 cm’e kadar ulaşabilmektedir. (Zaboukas vd. 2006; Anonymous 1; Anonymous 2). Yağ oranı mevsimsel olarak değişmekle birlikte 17,37-1,13 g/100g arasında değişmektedir (Özden 2010). Bakalyaro *Gandidae* familyasından, Mezgit ile birlikte *Merlangius* cinsine ait balık türüdür. Ortalama boy 23,5 cm olmakla birlikte 70 cm boya da ulaşabilmektedir. Bentopelajik bir tür olup genellikle 30-100 m derinlikte yaşamaktadır (Anonymous 3). Yağ oranı düşük olduğu bilinmekle birlikte mevsimsel olarak %0,9-1,6 arasında değişiklik göstermektedir (Tufan ve Köse 2014).

Çizelge 2.1. Türkiye’de yıllara göre mezgit ve palamut üretim miktarları (Anonim 2)

Yıllar	Palamut	Mezgit	Bakalyaro-Berlam
2010	9,401	13,558	1,256
2011	10,019	9,455	921
2012	35,764	7,367	893
2013	13,158	9,397	676
2014	19,032	9,555	642
2015	4,573	13,158	706
2016	39,459,6	11,540,8	783,8

2.1. Su Ürünlerinde Meydana Gelen Bozulmalar

Besinsel özelliklerine bakıldığında balık eti içerdiği protein, esansiyel aminoasitler ve doymamış yağ asitleri, makro ve mikroelementler (I, F, Ca, Cu vb), yağda çözünen vitaminler (A, D, E ve K) ve suda çözünen vitaminler (B₁, B₂, B₆, B₁₂ ve C) bakımından zengin gıdalardan biridir (Fuentes vd. 2013). Buna karşılık taze balık etindeki yüksek su içeriği ve bağ dokudaki zayıflık taşıma ve satış aşamasındaki depolama esnasında ürünü bozulmaya karşı daha hassas hale getirmektedir. Su ürünlerinde bozulmayı yavaşlatmak ve ilk kaliteyi koruyabilmek için soğukta depolama, ışınlama, kimyasal uygulama veya modifiye atmosferde depolama gibi çok farklı muhafaza yöntemleri bulunmaktadır (Fernandez-Segovia 2012; Zhu vd. 2015).

Balıktaki tazelik kaybı ve bozulma oranı balık türüne ve balığın kimyasal kompozisyonuna göre farklılık göstermektedir. Aynı tür balıklarda bile coğrafik orijini ve diğer üretim aşamalarındaki farklılıklardan dolayı bozulma oranı farklı olabilmektedir. Genel olarak balıktaki tazelik kaybı duyuşsal olarak taze balıktaki tatlı ve yosunumsu koku olarak adlandırılan kokunun kaybı ile başlayıp nötral ve spesifik olmayan koku ve lezzet oluşumu ile devam eder. Burada en önemli indikatör kötü koku ve bozulan lezzet olmaktadır (Gram ve Huss 1996). Postmortem bozulmalar, ölümden sonra hücresel yapının bozulması sonucu mikroorganizma gelişiminin yanı sıra kimyasal ve enzimatik faaliyetler ile de oluşmaktadır. Protein ve adenosin trifosfatın (ATP) yıkımını pH'daki değişimler, uçucu bazların birikimi, tekstür ve renkteki değişimler takip etmektedir. Bunların sonucu olarak protein çözünürlüğü ve emülsiyon kapasitesi azalmakta, yine su tutma kapasitesi azalarak tekstürel özelliklerde düşüş yaşanmaktadır (Ghaly vd. 2010; Barraza vd. 2015, Zhu vd. 2015). Genellikle balıktaki bozulma; rigor mortis, rigorun çözülmesi, otoliz (tazeliğin kaybı), ve bakteriyel bozulma şeklinde birbirini izleyen dört aşamadan meydana gelmektedir. Bu aşamalar balığın türüne, fizikokimyasal kompozisyonuna ve depolama koşullarına göre yavaş ya da hızlı olarak gerçekleşebilmektedir. İlk aşamada mikrobiyal bozulmayla ilgisi olmayan otolitik bozulma söz konusudur (Gram ve Huss 1996; Zhu vd. 2015). Otolitik enzimler ile gerçekleşen bu aşamada nükleotid bileşikler yıkımlanmaya uğramakta ve bunun sonucu olarak tekstürel özellikler etkilenmekte olup erken bozulma aşamasında balıkta kötü koku ve tat oluşumu meydana gelmemektedir (Hansen vd. 1996).

Balıkta post-mortem dönemde metabolik aktivite için önemli olan adenosin trifosfatın (ATP) tükenmesi ile aktin ve miyosin arasında oluşan köprüler kırılmamakta ve aktomiyosin oluşmaktadır. ATP sırasıyla Adenozin difosfat (ADP), Adenozin monofosfat (AMP), Inozin monofosfat (IMP), Inozin ve Hipoksantin'e parçalanmaktadır (Şekil 2.1.). Genel olarak IMP molekülündeki azalma taze balık lezzetinin azalması anlamına gelmektedir. Otolitik değişimler bakteriyel gelişim için uygun katabolitler meydana getirmektedir. Bununla birlikte yapılan çalışmalar Hipoksantin oluşumu ve TMA oluşumu arasında korrelasyon olduğunu göstermektedir (Gram ve Huss 1996; Zhu vd. 2015).



Şekil 2.1. ATP yıkım şeması

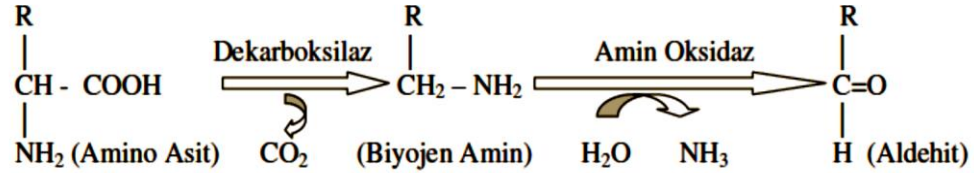
Tekstürel özellikleri ise daha çok hipoksantin ve formaldehit oluşumu etkilemektedir. Sindirim enzimleri otolize neden olup, etin iyice yumuşamasını sağlamaktadır. Hücre duvarının bozulmasıyla hücre içi sıvı da dışarı çıkmaktadır. Balık kasında ve iç organlarda proteolitik enzimler bulunmaktadır. Bu enzimler ölüm sonrasında özellikle kötü depolama koşullarında hızla proteolizise sebep olmaktadır. Bunun sonucu olarak peptit ve serbest aminoasitler oluşmaktadır. Bozulmanın ileri aşamalarında bu bileşenler mikrobiyal gelişime zemin hazırlamakta ve bu gelişim sonucunda biyojen aminler oluşmaktadır (Ghaly vd. 2010). Yine ölüm sonucu enzimatik olarak hidrolize uğrayan lipidler serbest yağ asitlerinin oluşmasına neden olmaktadır (Gökoğlu 2002).

Lipid oksidasyonu yağ içeriği yüksek pelajik balık türlerinde (örn: orkinos ve ringa) esas bozulma etmenlerinden biridir. Lipid oksidasyonu ve hidrolizi enzimatik ya da enzimatik olmayan yolla meydana gelebilmektedir. Lipolitik enzimler ürünün içeriğinde doğal olarak bulunmakla birlikte mikrobiyal yolla da meydana gelebilmektedir. Lipid hidrolizi ve oksidasyonu sonucu balık yağının kalitesi düşmekte ve ransit tat meydana gelmektedir. Ayrıca oluşan yağ asitleri sarkoplazmik ve miyofibrilar proteinlerle etkileşime girerek protein denatürasyonuna neden olabilmektedir (Ghaly vd. 2010).

Balıklar canlı iken yüzeylerinde, solungaçlarında ve bağırsaklarında önemli miktarda bakteri bulunmakla birlikte yaşayan balıkta vücudun normal savunması ile bakterilerin sağlığa zarar verici etkileri bulunmamaktadır. Ancak avlanmadan sonra bakteriler ve enzimler dokulara solungaçlar ve dolaşım sistemi ile geçiş yapmaktadır. Özellikle nakil aşamasında balığın zarar görmesi ve sıcaklık değişimleri bu geçişi hızlandırmaktadır. Aminoasitler, peptitler ve trimetilaminoksit (TMAO) gibi protein olmayan azotlu bileşiklerin mikrobiyal aktivite ile bozulması sonucu trimetilamin (TMA), laktik ve bütirik asit, aldehytler, ketonlar, hidrojen sülfür, dimetilsülfür, metil merkaptan, indol ve skatol gibi bileşikler ve biyojen aminler oluşmaktadır (Gökoğlu 2002; Ghaly vd. 2010). Deniz balıklarının birçok türünde TMAO kokusuz bir bileşik olarak bulunmaktadır. Post-mortem fazda otoliz basamağının sonuna doğru mikroorganizmalar tarafından oluşturulan trimetyl oksidaz enzim aktivitesi sonucu TMAO, TMA bileşiğine indirgenerek karakteristik balık kokusunu oluşturmaktadır. Balık eti tazeliği azaldıkça TMAO azalmakta TMA bileşiği ise artmaktadır. TMA ise dimetilamin (DMA) ve formaldehit (FA)'e dönüşür. Bu bileşiklerin artması ileri düzeyde bozulmanın göstergesi olarak kabul edilmektedir. Özellikle dondurularak depolanan balıklarda FA bileşiği balık kasında proteinlerde çapraz bağların oluşumuna sebep olmakta ve balık etinde sert bir yapı oluşumuna, proteinlerin su tutma kapasitesinin düşmesine sebep olmaktadır (Gökoğlu 2002; Aras Hisar vd. 2004; Anonymous 4)

Bakteriyel bozulma ile proteinler dekompozisyona uğramakta ve bunun sonucu olarak polipeptitler, dipeptitler ve amino asitler meydana gelmektedir. Kokuşma basamaklarında amino asitler de dekompoze olmaktadır (Gökoğlu 2002; Aras Hisar vd. 2004; Anonymous 4). Su ürünlerinde biyojen amin oluşumu öncelikle serbest amino asitlerin, dekarboksilaz aktivitesine sahip bakterilerin ve mikrobiyal gelişme için uygun koşulların varlığına bağlıdır. Biyojen amin çeşidi ve miktarı serbest aminoasit kompozisyonu ve mikroorganizmanın özelliğine bağlıdır. Amino asit dekarboksilaz, bazı *Enterobacteriaceae*, *Clostridium*, *Streptococcus*, *Micrococcus* ve *Pseudomonas* türlerinde bulunur. Biyojen aminler insan ve hayvanlarda hastalığa yol açan toksik

bileşiklerdir. Ayrıca toksik olmaları dışında bozulma indikatörü olarak da kullanılmaktadır (Yerlikaya ve Gökoğlu 2002; Özoğlu vd. 2004). Biyojen aminlerden putresin, kadaverin, spermidin ve spermin alifatik yapıda; histamin ve triptamin heterosiklik yapıda, tiramin ve feniletıl amin aromatik yapıdadır. Balık ve balık ürünlerinde biyojen aminlerden özellikle histamin miktarındaki hızlı artış mikroorganizma miktarına bağlıdır (Mohamed vd. 2009).



Şekil 2.2. Amino asitlerin dekarboksilasyonu

Balıketinin bakteriyel bozulma evresinden önceki aşamada tazeliğinin belirlenmesi hayati öneme sahip olmakla birlikte bu tazeliğın belirlenmesinde toplam uçucu bazık azot (TVB-N) değeri, nükleotid yıkım ürünleri ile hesaplanan K değeri, toplam aerob bakteri değeri, damlama kaybı ve duyuşal analizler de önemli indikatörlerdendir (Zhu vd. 2015).

2.2. Su Ürünleri Muhafaza Teknikleri

Dünya nüfusunun hızla artmasıyla birlikte gıdaların depolanması ve bir yerden başka bir yere aktarımı gereklilik haline gelmiştir. Bu sebeple gıdaların raf ömrünü uzatmak ve besinsel, tekstürel ve tat özelliklerini korumak amacıyla muhafaza teknikleri önemli hale gelmiştir. Su ürünleri bağ doku yönünden zayıf olması sebebiyle kolay sindirilebilir et yapısına sahip olmasına karşılık kolay bozulabilen gıda ürünleridir. Bu nedenle avlandıktan hemen sonra taze olarak tüketilmeli ya da tazeliklerini mümkün olduğunca korumalarını sağlayacak önlemler alınması gerekmektedir (Ronsivall ve Baker 1981; Gökoğlu 2002; Ghaly vd. 2010). Balıketteinde bozulmayı önlemek kaliteyi korumak ve raf ömrünü uzatmak amacıyla çeşitli muhafaza teknikleri geliştirilmiştir. Dumanlama, tuzlama, kurutma, marinat teknolojisi, soğukta muhafaza, ısııl işlemlili konserve ve dondurma teknolojileri bu yöntemlerden bazılarıdır.

Ette meydana gelen değışimleri engellemek ve yüksek kalitede ürün elde etmek için düşük sıcaklıklarda muhafaza gereklidir (Baygar vd. 2013). Bu bağlamda su ürünleri gibi kolay bozulabilen gıdaların besin kalite düzeyinin normal koşullara kıyasla daha uzun bir süre korunması dondurma teknolojisiyle mümkün olmaktadır. Dondurma ve dondurulmuş halde depolama balıkların uzun süreli muhafazasını sağlayan mükemmel bir muhafaza yöntemidir. Dondurarak muhafaza ile balıketteinde bulunan serbest su, buz kristallerine dönüşerek, balıketteinin su aktivitesi düşürölmekte, böylece kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonların hızı azalmaktadır. Ayrıca mikrobiyal aktivite de yavaşlamakta veya tamamen durmaktadır. Sonuç olarak balıketi besinsel özelliklerini korumaktadır (Gökoğlu 2002; Varlık vd. 2004; Turhan vd. 2006; Alizadeh vd. 2007; Barraza vd. 2015). Balıkların dondurulmasında genelde üç ayrı tip metot uygulanmaktadır. Bunlar soğuk hava akımlı, plakalı ve immersiyon (daldırma) yöntemleridir (Ekici ve Yapar 2004).

Balıklar yaklaşık olarak %75 oranında su içermektedir. Bulunan su çözünmüş ve kolloidal maddeler içermesinden dolayı dondurma esnasında donma sıcaklığı 0 °C'nin altına düşmektedir. Balıktaki suyun %75-80'i -1 ile -5 °C arası sıcaklıklarda buza dönüşmektedir ve bu sürece donma zonu ismi verilmektedir. Donma esnasında donma zonu en çok iki saatte geçilmelidir (Garthwaite 1992). Dondurma işleminde buz kristallerinin oluşumu önemli bir basamaktır. Büyük buz kristalleri oluşumu doku hasarını, membran bozulma riskini ve böylece oksidasyonu arttırmaktadır (Alizadeh vd. 2007). Bu nedenle, çözündürme sonrası artan oksidasyon ve doku hasarını önlemek için, hızlı ve homojen dondurma işlemi gerçekleştirilerek donma sırasında küçük buz kristalleri oluşumunu sağlamak önemli bir unsurdur (Li ve Sun 2002).

Dondurma işlemi ile balıkların başlangıç kalitesi korunmakla birlikte dondurarak depolama sırasında kas proteinlerinin denatüre olması nedeniyle sıvı kaybı ve ette sertleşme gibi kalite kayıpları oluşabilmektedir. Dondurma işlemi ile oluşan buz kristalleri oluşumuna bağlı olarak kasların kayma direnci, proteinlerin çözünürlüğü, viskozitesi ve ekstrakte edilebilirliği gibi proteinlerin fonksiyonel özellikleri değişmektedir (Aguilera-Barazza vd. 2015). Dondurma işlemi ve depolama sırasında yağ oksidasyonu, protein denatürasyonu, suyun süblimasyonu, buz kristallerinin rekristalizasyonu, su kaybı, renk ve tekstürdeki değişimler gibi kalite kayıpları meydana gelmektedir (Benjakul ve Bauer 2001; Boonsumrej vd. 2007). Depolama nedeniyle oluşan protein denatürasyonu sırasıyla miyofibrillar proteinlerin (özellikle miyosin) çözünürlüğünün kaybı, ATP'nin neden olduğu kas lifinin kasılmasının yok oluşu ve miyozin ATPaz aktivitesinin düşmesi ile meydana gelmektedir (Benjakul ve Visseguan 2010).

Çizelge 2.2. Dondurulmuş balıkta oluşan otolitik değişimler (Anonymous 4)

Enzimler	Substrat	Etki	Önleme yolları
Glikolitik enzimler	Glikojen	Laktik asit üretimi ve bunun sonucu olarak pH düşmesi	Rigor öncesi stresin önlenmesi
Otolitik enzimler (Nükleotid yıkımlama ürünlerinde)	ATP, ADP, AMP, IMP	Kademeli olarak hipoksantin üretimi	Rigor öncesi stresin önlenmesi ve taşıma koşullarının iyileştirilmesi
Katepsinler	Proteinler, peptitler	Dokuda yumuşama	Depolama sürecinde balık etini yıpratıcı etkiden korumak
Kimotripsin, tripsin, karboksipeptidazlar	Proteinler, peptitler	Karın duvarında yanma	Bu sorun dondurma/çözündürme ya da uzun süreli dondurularak depolama ile artmaktadır
Kalpain	Miyofibrillar proteinler	Yumuşama	Kalsiyumun uzaklaştırılması
Kollajenazlar	Bağ doku	Kasta yumuşama ve gaping oluşumu (kas arası boşluk oluşumu)	Dondurarak depolamada süre ve sıcaklık ayarlaması yapılmalı
Trimetilamin oksit (TMAO) demetilaz	TMAO	Formaldehit	Depolama sıcaklığı -30°C'nin altında tutulmalı, fiziksel yıpratıcı etkilerin engellenmesi, dondurma/çözündürme işleminin engellenmesi

Ayrıca ürünün yağ içeriği bu kayıpları etkilemektedir. Özellikle yağ içeriği yüksek ürünlerde lipid oksidasyonu protein yapısının bozulmasında etkilidir. Protein yapısının bozulması ise etin su tutma kapasitesi üzerinde direkt etkiye sahiptir (Davies 2005).

Taşıma, depolama ve tüketim esnasında sıcaklık dalgalanması veya kötü koşullar oluşabilmektedir. Bunun dışında genellikle perakende satış yerlerinde, evlerde ve restoranlarda yapılan tekrarlanan dondurma çözünme işlemi bütün fizikokimyasal ve tekstürel kalite üzerinde zararlı olmaktadır (Xia vd. 2009). Son ürün kalitesi için hızlı dondurma işlemi kadar hızlı çözündürme işlemi de önem arz etmektedir. En çok kullanılan çözündürme metodları; buzdolabında, oda sıcaklığında, mikrodalgada, dirençli elektrikle, vakumla, buzda ve suda çözündürme yöntemleridir (Gökoğlu 2002; Baygar vd. 2004).

2.3. Çoklu Dondurma Ve Çözündürme Prosesi

Dondurulmuş ve çözündürülmüş balık ürünleri etteki su kaybı, protein denatürasyonu ve kas dokusundaki yıpranmadan dolayı genel olarak taze balıklara göre daha düşük kaliteli olarak kabul görmektedir. Dondurarak depolama sürecinde oluşan yağ oksidasyonu, serbest radikal ve hidroperoksit oluşumuna yol açmaktadır. Bu bileşikler pigment oksidasyonuna, lezzet ve vitaminlerin kaybına neden olmaktadır. Bunun dışında dondurulmuş depolama sürecinde oluşan balık etindeki lipid oksidasyonu proteinlerin yapısı ve fonksiyonelliği üzerinde yıkıcı bir etki göstermektedir. Tüm etkiler nedeniyle balık etinin tekstüründe sertleşme, lezzet ve kokuda bozulmalar meydana gelmesinin yanı sıra depolama boyunca protein çözünürlüğü de azalmaktadır (Thanonkaew vd. 2008).

Proteinlerin fonksiyonel özelliklerinin kaybına, polar olmayan aminoasitler ortaya çıkaran ve böylece benzer gruplarla hidrofobik etkileşimler için uygun hale getiren miyofibrillar (esas olarak miyozin) proteinlerin yapılarının bozulması sebep olmaktadır. Bu olay sırasıyla protein agregasyonu, tekstürdeki değişimler, su tutma kapasitesi ve jel oluşturma kabiliyetinde, ATPaz aktivitesinde, protein çözünürlüğünde azalmanın yanı sıra proteinlerdeki aminoasit kalıntılarının endojen formaldehit ile kimyasal reaksiyonlarına yol açar (Liceaga 2006; Campo-Deano 2009).

Dondurma ve çözündürme işlemlerinin bütün olarak fizikokimyasal ve tekstürel kalite açısından zararlı etkisi olduğu tespit edilmiştir (Srinivasan vd. 1997a). Ayrıca bu işlemlerle kas hücreleri zarar görebilmekte böylece mitokondri içerisindeki enzimler sarkoplazma içerisine dağılabilmektedir (Hamm 1979). Tekrarlayan dondurma çözündürme işlemleri ise balık kası üzerinde daha fazla zararlı etkisi olmaktadır. Oluşan buz kristalleri hücre membranları ve organeller üzerinde mekanik olarak yıkıcı etki göstermekte ve bu şekilde bazı proteinlerde artış gözlenmektedir. Hücre içinde yer alan ve hücre parçalanmasıyla salınan bu proteinlere çözünür protein ismi verilmektedir. (Benjakul ve Bauer 2001).

Uygun olmayan dondurma ve çözündürme işleminin kas dokusundaki diğer bir zararlı etkisi ise kas liflerinin kısılması ve su kaybına sebep olmasıdır. Çözünmüş etin hiç dondurulmamış ete göre daha yüksek kesme kuvvetine olduğu bildirilmektedir (Hale ve Waters 1981). Bu durum, gibi karides ve diğer su ürünlerinin depolanmasında sertliğin

artması da miyosin denatürasyonunun yanı sıra proteinlerin çapraz bağlanmasına ve çökmesine bağlanmaktadır (Srinivasan vd. 1997b).

Termodinamik olarak proteinlerin çözünürlüğündeki azalma, dengedeki protein intermoleküler etkileşimi ve protein-su etkileşiminin bozulması sonucu olmaktadır. Bunun sonucunda da protein molekülleri arasındaki etkileşim güçlenirken, protein-su etkileşimi zayıflamaktadır (Vojdani 1996). Düzenli üçüncül yapının kaybı sonucunda proteinler arasında çapraz bağlar oluşmakta bu da çözünürlüğün kaybını açıklamaktadır. Serbest radikal oluşumu da protein çözünürlüğünü azaltmada önemli bir etkidir (Decker vd. 1993).

Dondurularak depolama ve çözündürme sırasında tekstürel bozulmaların dışında en önem arz eden bozulma lipid oksidasyonudur. Balıklar çoklu doymamış yağ asitlerinden özellikle eikosapentaenoik asit (C20:5n-3) ve dokosaheksaenoik asit (C22:6n-3) yüksek oranda içermesinden olayı lipid oksidasyonuna karşı oldukça hassastır. Lipid oksidasyonunu başlatan ve hızlandıran birçok etmen vardır. Bunlardan bazıları singlet oksijen oluşumu, kısmen indirgenmiş ya da serbest radikal halindeki oksijen türlerinin enzimatik ve enzimatik olmayan üretimi ve hidroperoksitlerin parçalanmasıdır. İskelet kaslardaki hemprotein ve yine kaslardaki ferritinden serbest kalan demir lipid oksidasyonunda katalizör olarak gösterilmektedir (Benjakul ve Bauer 2001).

Çoklu dondurma ve çözündürme, balıkların dondurulduktan sonra çözündürülmesi ve çözünen ürünün tekrar dondurulması anlamına gelmektedir. Literatürde “double freezing” ve “re-freezing” gibi isimler almaktadır. Yapılan çalışmalar çoklu dondurulan balıkların bir kez dondurulan balıklardan daha düşük kaliteye sahip olduğunu, özellikle tat ve tekstürde belirgin değişimler olduğunu göstermektedir (Benjakul ve Bauer 2001; Alpaslan vd. 2013; Baygar vd. 2013; Fuentes vd. 2013). Dondurma çözündürme döngüleri ve depolama sıcaklığındaki düzensiz değişimler sonucu damlama kaybı ve ette sertleşme meydana gelmektedir (Ali vd. 2015). Ayrıca dondurma çözündürme işlemi arttıkça hücre içerisindeki oksidatif enzimlerin ve prooksidanların dışarı çıkması nedeniyle lipid oksidasyonunun arttığı tespit edilmiştir. Çoklu dondurma ve çözündürme işlemleri sırasında rekristalizasyon ya da suyun salınması, protein denatürasyonunu ve kas liflerinin mekanik zararlarla küçülmesi olayı artabilmektedir (Srinivasan vd. 1997b). Bunların dışında dondurma çözündürme miktarı arttıkça kasta meydana gelen damlama kaybı sebebiyle bazı lezzet bileşenleri (bazı aminoasitler ve nükleotitler) kaybı ile ürünün kabul edilebilirliği düşmektedir (Benjakul ve Bauer 2001).

Genel olarak çözündürme işlemi fazla miktarda ürün için uygulandığında ürünün geri kalan kısmı tekrar dondurulmaktadır. Tekrarlanan donma ve çözündürme işlemi daha çok restoranlarda, perakende satış yerlerinde ve ev mutfaklarında yapılabilmekle beraber nakliye ve depolama sırasında da meydana gelebilmektedir (Srinivasan vd. 1997b; Ali vd. 2016). Ürünü bir kez daha çözündürme ile kalitedeki değişimler artmakta ve bu da insan sağlığını tehdit etmektedir. Bu tip değişimleri önlemek için hızlı dondurma tekniklerinin uygulanması ve dondurma işlemlerinde kriyoprotektan kullanımı kalite değişimlerini azaltmak için önemli hale gelmiştir.

2.4. Kriyojenik Muhafaza Yöntemi Ve Su Ürünlerinde Kriyoprotektan Kullanımı

Kriyoprotektan; dondurma, depolama ve çözündürme aşamalarında gıdalarda ve gıda bileşenlerinde meydana gelen bütün istenmeyen değişikliklerden korumaya yardımcı bileşen anlamlarını içeren genel bir terimdir. (MacDonald vd. 2000). Kriyoprotektan ajanlar gıda ürünlerinde donma noktasını düşürerek hücre zarlarını donmanın zararlı etkilerinden ve ozmotik dehidrasyondan korumaktadır (Clarus vd. 1994). Gıdaların işleme aşamalarında olduğu gibi formülasyonlarına da eklenebilmektedir (MacDonald vd. 2000).

Balık filetoları, surimi ve balık kıymalarının kaliteleri; dondurarak muhafaza esnasındaki sıcaklık derecesi, depolama periyodu ve kullanılan kriyoprotektan çeşidinden etkilenmektedir. Kalitenin korunması ve etteki değişimlerin önlenmesi için hızlı dondurma teknikleri ve kriyoprotektan kullanımı gerekmektedir (Clarus vd. 1994). Miyofibrilar proteinler dondurma işlemi ile fonksiyonel özelliklerini kaybetmektedirler. Kriyoprotektanlar dondurma, dondurularak depolama ve çözündürme esnasında miyofibrilar proteinlerde oluşan bu zararlı değişimleri önleyerek dondurulmuş gıdanın kalitesini korumakta ve raf ömrünü uzatmaktadır (MacDonald vd. 1997). Kriyoprotektanlar, bağlı su miktarı kadar suyun yüzey gerilimini de arttırarak dondurulmuş depolama sırasında protein denatürasyonunu önlemektedir.

Kriyoprotektan maddeler buz kristali oluşumunu ve proteinlerden suyun taşınmasını da engelleyerek proteinlerin doğal formunda stabilize edilmelerini sağlarlar (Claus vd. 1994). Diğer bir koruyucu etki olarak ise protein moleküllerinin bir fonksiyonel grubu ile iyonik ya da hidrojen bağı yapmaktadırlar. Bu şekilde her bir protein molekülünün kriyoprotektanlarla kaplandığı düşünülmektedir (Liceaga 2006). Ayrıca düşük molekül ağırlıklı çözeltiler ile donma noktasının düşürülmesi, dondurma esnasında proteinlerde donma noktasının hemen üzerindeki sıcaklıklarda meydana gelen dondurma konsantrasyonu olayını azaltmaktadır (MacDonald vd. 2000). Bu şekilde proteinlerin jel oluşturma kabiliyeti, su tutma kapasitesi ve çözünürlüğü gibi fonksiyonel özellikleri muhafaza edilmektedir.

Kriyoprotektan kullanımı ile su ürünlerinin raf ömrü uzatılabilmektedir (Zhou vd. 2006; Wu vd. 2014; Ma vd. 2015). Düşük molekül ağırlıklı şekerler, polioller, amino asitler, karboksilik asitler, polifosfatlar gibi birçok bileşiğin kriyoprotektif etkisinin olduğu belirlenmiştir (Claus vd. 1994). Şekerler, şeker alkolleri ve polifosfatlar dondurma kaynaklı denatürasyona karşı kriyoprotektan etkisi iyi bilinen bileşiklerdir (Herrera ve Mackie 2004; Kong vd. 2013). Ayrıca laktitol, litesse (polidekstroz), sakkaroz ve sorbitol (Herrera ve Mackie 2004), trehaloz, sodyum laktat (Jittinanda vd. 2005; Osako vd. 2005; Zhou vd. 2006; Wu vd. 2014), aljinat (Lian vd. 2000) bleşikleri de kullanılmaktadır. Genellikle şekerler ve polioller (sakkaroz ve sorbitol gibi) kolay temin edilebilirliği ve ucuz oluşu nedeniyle dondurma esnasında protein denatürasyonunu azaltmak için ticari olarak kullanılmaktadır. Sakkaroz / sorbitol karışımı 1:1 oranında karıştırılarak %8'lik (w/w) konsantrasyonu genel olarak surimi endüstrisinde kullanılmakta olup dondurma esnasında kristal gelişimini ve proteinlerden su moleküllerinin göçünü engellemektedir. Böylece proteinler doğal yapıda kalabilmektedir.

Günümüzde kullanılan ticari kriyoprotektanların istenilen etkiyi gösterebilmesi için yüksek konsantrasyonda kullanımı gerekmektedir. Bu konsantrasyonlarda

kullanıldığında ise son üründe tatlımsı bir lezzet oluşumuna yol açmasının yanı sıra depolama ve işleme aşamalarında maillard reaksiyonu oluşumuna neden olabilmektedir. Balıklar için tatlı bir lezzet tercih edilmemektedir. Bu yüzden duyuusal özellikler ve sağlıklı ürün bazında alternatif maddeler istenebilmektedir (Park ve Lanier 1987; Yoon ve Lee 1990; Jittinandana vd. 2005).

Polifosfatlar birçok gıdada özellikle et ve su ürünlerinde yasal olarak izin verilen kriyoprotektan katkılardan en yaygın olanıdır. Genel olarak işlemeye yardımcı katkı ya da et ve su ürünlerinin yeme kalitesini arttırmak için kullanılmaktadır (Aitken 2001). Fosfatlar fosforik asidin (H_3PO_4) çeşitli tuzlarıdır. Genel olarak ortofosfatlar ve kondanse fosfatlar olmak üzere iki sınıfa ayrılabilirler. Ortofosfatlar, bir fosfor atomu ve dört oksijenden ibaret olup gıda endüstrisinde daha büyük ve önemli bir grubu oluştururlar. Fosfor atomunu çevreleyen oksijen atomları; hidrojen atomu, alkali metal kation kombinasyonları ile doldurulabilir. Monobazik ortofosfatlar bir alkali metal ve iki hidrojen içerirken, dibazik ortofosfatlar iki metal iyonu ve bir hidrojen; tribazik ortofosfatlar ise, üç metal iyon ile tamamen nötralize edilmiştir. Polifosfatlar içinde pirofosfatlar en basitleri olup iki fosfora sahiptir. Tripolifosfatlar üç, diğerleri de dört ve daha fazla fosfor atomlu uzun zincirli polifosfatlardır. Bunlar amorf materyaller olup genel olarak camsı polifosfatlar olarak isimlendirilirler. Uzun zincirli polifosfatların diğer bir ayırıcı özelliği de bunların kompozisyonudur. Bunlar saf komponentler olmayıp farklı zincir uzunluğunda birçok polifosfatın karışımından ibarettir. Zamanla polifosfatlar hidrolize uğrayarak, çoğunlukla ortofosfatlar, pirofosfatlar ve tripolifosfatlar olmak üzere çeşitli ürünler verirler (Çakmakçı 1994).

Dondurulmuş et ve su ürünlerinde fonksiyonel özelliklerin geliştirilmesi amacıyla fosfatlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Sodyum tripolifosfat genel olarak su ürünlerinde damlama kaybını ve don yanıklarını önlemede, su tutma kapasitesinin artması ile tekstür özelliklerinin geliştirilmesinde renk korunması ve mikrobiyal gelişimin önlenmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca lipid oksidasyonunu geciktirerek su ürünlerinin raf ömrünü uzatmaktadır (Gonçalves ve Ribeiro 2009; Benjakul ve Visessanguan 2010). Surimide (Campo-Deano vd. 2009; Liu vd. 2014a; Liu vd. 2014b), karideste (Gonçalves ve Ribeiro 2009; Carneiro vd. 2013) ve balık kıymasında (Lian vd. 2000), balık filetolarına (Etemadian vd. 2011; Turan 2003) sodyum tripolifosfat kullanımı üzerine araştırmalar literatürde mevcuttur.

Karragenan ve aljinatlar gibi hidrokolloidler de kriyoprotektan katkı maddesi olarak önerilmektedir. Bütün kriyoprotektanların balık kası üzerinde kendine özgü etkileri bulunmaktadır. Örneğin sorbitol ve tripolifosfatların kas proteinleri üzerine etkisi olduğu gibi sodyum aljinat ve karragenanın kalsiyum iyonlarına karşı yüksek afiniteye sahip oldukları bildirilmektedir. Sodyum aljinatın gıda endüstrisinde kas lifleri ve buz kristallerinin oluşumu arasındaki etkileşimi engelleme amaçlı kullanımı yaygındır (Bigelow ve Lee 2007).

Sodyum aljinat aljinik asidin tuzu olup, D-mannuronik asit ve L-guluronik asitten oluşan bir polisakkarittir. Kahverengi alglerden izole edilen sodyum aljinat, yoğunlaştırma ve jel oluşturma kabiliyetinden dolayı gıda bileşeni olarak tekstürel özelliklerin geliştirilmesi amacıyla kullanılmaktadır (Lu vd. 2009; Hong ve Chin 2010). Yine kalsiyum iyonlarına karşı yüksek afiniteye sahip olup $CaCl_2$ çözümü ile karıştırıldığında kalsiyum iyonlarıyla çapraz bağ yaparak güçlü jel oluşturmakta ya da

çözünmeyen polimerler oluşturmaktadır. Bu tür biyopolimer esaslı filmler, su bariyerini arttırarak, mikrobiyal bulaşmayı önlemekte, lezzet ve besin kalitesini muhafaza etmekte, lipid oksidasyonunu geciktirmekte ve raf ömrünü uzatmaktadır. Bunun dışında yüksek su tutma özelliğine sahip olması sebebiyle kas lifleri arasındaki boşlukları doldurarak etkileşimleri önlemektedir (Lian vd. 2000; Song vd. 2011). Aljinat FDA tarafından GRAS listesinde kabul edilmiştir. Sodyum aljinat ile kaplanmış balık, karides, deniz tarağı ve domuz etinde çözündürme, pişirme ve ağırlık kaybı azalmış, etin fonksiyonel özellikleri korunmuş ve raf ömrünün uzadığı tespit edilmiştir (Song vd. 2011). Lian vd. (2000)'in yaptığı çalışmaya göre aljinat, sorbitol ve sodyum tripolifosfat kombinasyonu balık kıymalarına uygulandığında balık kıymalarının sertliğini koruduğu ayrıca aljinatın kalsiyum iyonlarını çelatlaması ile kas lifleri interaksiyonunu engellemesinin kıymanın dağılmasını önlediği tespit edilmiştir.

2.5. Yapılmış Çalışmalar

Balıkların uzun süreli depolanmasında kullanılan dondurma teknolojisinde ürünün uzun süre kalitesini korunması ile ilgili literatürde farklı çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalar kalite üzerinde dondurma şeklinin, dondurarak depolamanın, farklı çözündürme metodlarının ve çoklu dondurm ve çözündürme işleminin araştırılması vb. şeklinde olmaktadır. Surimi teknolojisi ile su ürünlerinde kullanımı artan kriyoprotektanlar özellikle dondurulmuş ürünlerin fizikokimyasal özelliklerinin korunması amacıyla kullanılmaktadır. Bu şekilde literatürde dondurma teknolojisi ile birlikte farklı kriyoprotektanların kullanımı ile ilgili çalışmalar da mevcuttur.

Farklı şekilde hazırlanan balıklarda dondurma çoklu çözündürme işleminin etkisi üzerine yapılmış bir çalışmada bütün, iç organları temizlenmiş ve fileto halinde hazırlanan levrek (*Dicentrarchus labrax*) balığı $-18\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de dondurulup buzdolabı koşullarında $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de çözündürülmüş ve bu işlem 15 günde bir olacak şekilde 6 kez tekrarlanmıştır. Duyusal özelliklerden genel kabul edilebilirlik incelendiğinde depolama süresince azalma tespit edilmiştir. Başlangıç pH, TVB-N ve TMA-N değerleri sırasıyla $6,48\pm 0,002$, $18,85\pm 0,1$ mg/100g ve $3,16\pm 0,00$ mg/100g olan levreklerin bütün, iç organları temizlenmiş ve fileto olarak 6. çözündürmeden sonra pH, TVB-N ve TMA-N değerleri sırasıyla $6,59\pm 0,003$, $6,60\pm 0,002$, $6,55\pm 0,002$; $21,51\pm 0,01$, $22,42\pm 0,34$, $22,17\pm 0,20$ mg/100g; $3,67\pm 0,01$, $3,64\pm 0,01$, $3,59\pm 0,03$ mg/100g olarak tespit edilmiştir (Baygar vd. 2013). Benzer bir şekilde Levrek balığı ortam şartlarında ($23\pm 4^{\circ}\text{C}$) 6 kez dondurma ve çözündürme işlemine tabi tutulmuş ve işlemler sonunda bütün, iç organları temizlenmiş ve fileto edilmiş balıkların pH, TVB-N ve TMA-N değerleri $6,69\pm 0,001$, $6,76\pm 0,002$, $6,61\pm 0,004$; $22,35\pm 0,24$, $23,94\pm 0,08$, $24,83\pm 0,26$ mg/100g; $4,30\pm 0,06$, $4,45\pm 0,03$, $4,44\pm 0,01$ mg/100g olarak belirlenmiştir (Alparslan vd. 2013).

Başka bir çalışmada hamsi (*Engraulis engrasicholus*, L. 1758) ve çinekop (*Pomatomus saltatrix*, L. 1766) balıkları kullanılmış ve dondurularak çözündürme işlemi 15 günlük periyotlarla buzdolabı ($+4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de 16 saat), mikrodalga fırın (180 W 'da, 15 dakika) ve suda ($21\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de akan musluk suyu altında, 2 saat) olarak üç farklı yöntemle gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre buzdolabı ve su içerisinde çözündürülen balıkların kalitesi üçüncü çözündürme işleminden sonra, mikrodalgada çözündürülen balıklar ise dördüncü çözündürme işleminden sonra duyusal olarak tüketilemez boyutlara ulaşmıştır. Başlangıçta hamsi ve çinekop balıklarının pH, TVB-N ve TMA-N değerleri $6,21\pm 0,01$, $6,01\pm 0,02$; $21,88\pm 0,24$, $17,70\pm 0,82$ mg/100g; $4,02\pm 0,08$, $3,55\pm 0,07$ mg/100g

olarak belirlenmiş olup 3. çözündürme işlemi sonunda buzdolabında çözündürülmüş hamsi ve çinekop balıkları pH, TVB-N ve TMA-N değerleri $6,20 \pm 0,01$, $6,28 \pm 0,01$; $26,96 \pm 0,5$, $15,18 \pm 1,51$ mg/100g; $5,30 \pm 0,16$, $3,73 \pm 0,09$ mg/100g olarak belirlenmiş; bu değerler mikrodalga şartlarında çözündürülen hamsi ve çinekop balıkları için $6,24 \pm 0,01$, $6,22 \pm 0,04$; $27,05 \pm 0,22$, $28,36 \pm 0,99$ mg/100g; $4,34 \pm 0,07$, $3,67 \pm 0,03$ mg/100g; suda çözündürülen hamsi ve çinekopta ise $6,16 \pm 0,02$, $6,20 \pm 0,02$; $24,37 \pm 0,52$, $15,00 \pm 0,97$; $5,17 \pm 0,11$, $3,88 \pm 0,12$ olarak tespit edilmiştir (Baygar vd. 2004).

Benjakul ve Bauer (2001)'in yayın balığında (*Silurus glanis* Linne) yaptığı çalışmaya göre dondurma çözündürme işlemi arttıkça çözünür protein oranının arttığı tespit edilmiştir. Başlangıçta $12,31 \pm 1,81$ mg/g olan çözünür protein miktarı 3. dondurma ve çözündürme işlemi sonunda $14,6 \pm 2,08$ mg/g, 5. Dondurma çözündürme işlemi sonunda ise $15,3 \pm 2,34$ mg/g değerine ulaşmıştır.

Hava akımlı sistemde, kriyojenik dondurma ve farklı metotlarla (mikrodalga ve buzdolabında) çoklu dondurma ve çözündürme işlemi uygulanan kaplan karidesin (*Penaeus monodon*) kalite özelliklerinin incelendiği araştırmada dondurma ve çözündürme işlemleri boyunca ağırlık kaybı olduğu mikrodalgada çözündürülen örneklerde tespit edilmiştir. Mikrodalga kullanılan örneklerde daha hızlı çözündürme gerçekleşmesi için hızlı ısı verilmektedir. Bu da örneklerdeki suyun buharlaşmasını arttırabilmektedir. Dondurulmuş ürünler her zaman homojen bir yapıya sahip olmamakla birlikte, içeriğinde her zaman donmuş ve donmamış fazlar bulunmaktadır. Ayrıca uniform olmayan lipid dağılımına sahiptir ve bu yüzden radyofrekans enerjisini her kısım farklı absorplamaktadır. Bu nedenle de bazı kısımlar daha fazla ısınmaktadır. Tiyobarbütirik asit sonuçları da ağırlık kaybını destekler nitelikte sonuçlar vermiştir. Çoklu dondurma ve çözündürme işlemi nedeniyle kas proteinleri denatürasyonu olmaktadır. Ayrıca oluşan serbest yağ asitleri de kas proteinleri ile etkileşime girmektedir. Bunun sonucu olarak proteinlerin çözünürlüğü azalmaktadır. Sonuçlar incelendiğinde tuz solüsyonunda çözünen protein değerleri çoklu dondurma ve çözündürme aşamalarında azalma göstermiştir. Buna karşılık kesme kuvvetinde artış tespit edilmiştir (Boonsumrej vd. 2007).

Farklı çözündürme yöntemlerinin incelendiği başka bir çalışmada ise taze ve dondurulmuş sardalya balıkları buzdolabında ve mikrodalgada çözündürülmüş, ızgara yapılarak meydana gelen değişimler incelenmiştir. Çalışma sonucunda buzdolabında çözündürmenin protein çözünürlüğünü azalttığı belirlenmiştir (Garcia-Arias vd. 2003).

Tokur ve Kandemir (2008)'in yaptığı çalışmada ise dondurulmuş alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) ve sardalya (*Sardina pilchardus*) örnekleri mikrodalgada, akan su altında ve oda sıcaklığında çözündürülmüş ve protein kaliteleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda her iki balık türü için dondurma ve çözündürme işlemi miyofibrillar proteinlerin miktarında azalma, aynı şekilde protein çözünürlüğünde de düşme tespit edilmiştir. Her iki balık türünün protein çözünürlüğü konsantrasyonları farklı çıkmış yalnız her iki tür için akan su altında çözündürme işleminde protein çözünürlüğü değerleri diğer gruplara göre daha yüksek bulunmuştur. SDS-PAGE analizi sonucunda farklı çözündürme metotlarının disülfid kovalent bağlarla protein denatürasyonuna neden olmadığı da tespit edilmiştir.

Başka bir çalışmada taze çipura balığı (*Sparus aurata*) -18 °C’de dondurulmuş, 60 gün boyunca depolanmış ve her 15 günde bir olmak üzere analizler gerçekleştirilmiştir. İlk 15 günün sonunda dondurulmuş çözündürülmüş balık ve dondurarak depolanan balıklar arasındaki kalite farkının araştırılması amacıyla bir grup çözündürülüp tekrar dondurulmuş ve 60 gün sonunda analizleri gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonunda dondurma işleminin nem, pH, TVB-N ve mikrobiyolojik kaliteyi etkilemediği fakat hafif derecede IMP yıkımına, TBA indeksinde artışa ve su tutma kapasitesi ve tekstürde azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Nükleotid yıkım ürünleri ve K değerinin sonuçlarına göre dondurulmuş ürünlerdeki IMP miktarı dondurulmamış örneklerle göre önemli derecede düşük bulunmuştur (Fuentes vd. 2013).

Farklı çözündürme yöntemlerinin (buzdolabı (+4°C’de 6 saat), hava ortamında (+16°C’de 3,5 saat), suda (16°C’de 5 dk), mikrodalga fırında (15 dk, 90W çözündürme modunda) dondurulmuş (-20°C’de 21 gün) sariağız balığı (*Argyrosomus regius*) filetoları üzerinde fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada ise buzdolabında çözündürme işleminin dondurulmuş ürünlerin kalitesinin korunması açısından daha uygun olduğu tespit edilmiştir (Genç vd. 2015).

Hallier vd. (2008)’in Avrupa yayın balığında yaptığı çalışmaya göre dondurma çözündürme işlemi sonrası dokularda mekanik zararlanmadan dolayı oksidasyon ve pigmentlerin bozulmasındaki artıştan dolayı balıkentinin daha açık renkli ve sarı hale geldiği tespit edilmiştir. Ayrıca dondurma çözündürme işlemi ile kasta protein denatürasyonu meydana gelmiş ve kasın optik özelliklerinde değişim meydana gelmesinden dolayı balıketi parlaklığı azalmıştır. Yine dondurma çözündürme işleminin ette tekstür olarak sertlik değerinde artışa neden olduğu tespit edilmiştir.

Farklı konsantrasyonlarda tapyoka nişastası ve sazan balığı (*Cirrhina microlepis*) eti kullanılarak hazırlanan balık sosislerinde 9 kez çoklu dondurma ve çözündürme işlemi uygulanmış ve dondurma çözündürme işlemi arttıkça bütün gruplarda damlama ve pişirme kaybında artış olduğu belirlenmiştir. Tekstür parametreleri analiz edildiğinde dondurma ve çözündürme işlem sayısının artmasının sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerinde artışa sebep olduğu görülmüştür. Yine tekstür parametreleri kıyaslandığında sosisler içerisindeki tapyoka nişastasının artması ile sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerinin artış gösterdiği tespit edilmiştir (Prabpre ve Pongsawatmanit 2011).

Farklı tür karideslerde (siyah kaplan karides (*Penaeus monodon*) ve beyaz karides (*Penaeus vannamei*) çoklu dondurma ve çözündürme işleminin fizikokimyasal özelliklere etkisinin araştırıldığı bir çalışmada özellikle 5. dondurma ve çözündürmeden sonra Ca^{+2} -ATPaz aktivitesi, sülfidril grubu içeriği ve protein çözünürlüğündeki azalmalar aynı zamanda disülfid bağ oluşumunda ve yüzey hidrofobikliğindeki artış beyaz karides kasında siyah kaplan karides kasından daha belirgin olmuştur. Aynı şekilde kesme gücü değeri her iki karides türünde de düşüş göstermiştir. Sonuç olarak çoklu dondurma çözündürme işlemi protein denatürasyonu ve hücre parçalanmasının yanı sıra her iki karideste de kasların yapısal olarak zarar görmesine sebep olmuştur (Sriket vd. 2007).

Wang vd. (2017)’nin yaptığı bir çalışmada kahverengi alg florotaninleri ve askorbik asit eklenen balık kıymalarının (*Pagrosomus majör*) çoklu dondurma ve çözündürme işlemi sonucu fizikokimyasal özelliklerdeki değişim incelenmiştir. Askorbik asit ve kahverengi alg florotanin eklenmiş uygulama gruplarında protein ve lipid

oksidasyonu oluşumu geciktirilmiştir. Pişirme kaybı değeri incelendiğinde, %0,1, askorbik asit %0,3 kahverengi alg florotanin eklenmiş grupta kontrole göre %25,5 oranında daha düşük bulunmuş olup, antioksidanların balık kıymasında proteinlerin jel oluşturma özelliklerinin koruduğu belirlenmiştir.

Başka bir çalışmada çoklu dondurma ve çözündürme işlemine tabi tutulan kerevit (*Astacus leptodactylus*) kasında Mersin balığı (*Huso huso*) derisinden farklı enzimler kullanılarak elde edilmiş jelatin hidrolizatının kriyoprotektan olarak etkisi araştırılmıştır. Jelatin hidrolizatı uygulanmamış grupta kalite kaybı olmakla birlikte ikincil oksidasyon ürünleri oluşumu, sülfidril gruplarında ve Ca^{+2} -ATP az aktivitesinde azalma tespit edilmiştir. Flavour enzim hidrolizatı uygulanmış grupta kontrol grubuna göre daha az miyozin denatürasyonu olmuş ve yine aynı grupta lipid oksidasyonu daha az gelişmiştir. Flavour enzim hidrolizatının kabuklu işleminde alternatif kriyoprotektan olarak kullanılabileceği belirlenmiştir (Yasemi 2017).

Bir çalışmada %5.7-6.4 (w/w) laktitol dihidrat oranının morina balığı (*Gadus morhua*) surimisinde ticari kullanım oranlarındaki (%8) sakkaroz:sorbitol göre daha iyi kriyoprotektan etki gösterdiği bulunmuştur (Sych vd. 1991). Yine benzer bir çalışmada Morina balığında yapılmış surimide dondurma kaynaklı protein denatürasyonunun araştırıldığı başka bir çalışmada farklı kriyoprotektanların etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla karbonhidratlar [%8 (w/w) oranında sakkaroz ve glukoz şurubu], polioller [%8 (w/w) oranında sorbitol ve gliserol], protein hidrolizatları [%4 (w/w) oranındaki balık protein ve kazein hidrolizatı], hidrokolloidler [%1'lik (w/w) pektin, sodyum aljinat, %0,5 (w/w) lambda ve iota- karragenan ve karışımları] kullanılmış ve -20°C'de 16 hafta depolama yapılmıştır. Surimide en iyi kriyoprotektan etkiyi gösteren sorbitol ve glikoz şurupları (DE=60), %8'lik sakkaroz ve 1:1 w/w orandaki sakkaroz/sorbitol uygulama grupları olmuştur (Sych vd. 1990).

Palamut (*Sarda sarda* Bloch, 1793) balığında farklı ön işlemlerle dondurma işlemi yapılan bir çalışmada %10'luk sodyum polifosfat çözeltisine daldırılan balıklarda ilk üç ay ağırlık artışı gözlemlenirken sonraki üç ayda ağırlıkta azalma meydana gelmiştir. Hiçbir ön işlem uygulanmayan kontrol grubunda ise depolama süresince meydana gelen su kaybı istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p<0,05$). Yine TVB-N verileri değerlendirildiğinde 6 aylık depolama sonunda TVB-N değerinde artış olmasına rağmen hiçbir grupta iyi kalite sınırı olan 25 mg/100g aşılmamıştır (Turan ve Erkoyuncu 2004).

Bigelow ve Lee (2007)'nin yaptığı çalışmada kırmızı berlam balığı (*Urophycis chuss*) filetolarına farklı kriyoprotektan maddeler [%40 sorb: %40 sorbitol+%3 STPP; %60 sorb: %60 sorbitol+%3 STPP; %10 soy: %10 soya protein izolatu (SPI)+%40 sorbitol+%3 STPP; %1,5 alj: %1,5 aljinat+%40 sorbitol+%3 STPP; Soy/alj karışımı: %5 SPI+%0,75 aljiinat+%40 sorbitol+3 STPP] enjekte edilmiş ve 6 ay dondurarak depolanmıştır. Örnekler 2, 4, ve 6. aylarda çözündürme işlemine tabi tutulmuştur. %10 SPI, %1,5 aljinat ve soya protein izolatu/aljinat karışımının su bağlama özelliğini geliştirdiği ve dondurma kaynaklı tekstürel değişimleri geciktirdiği tespit edilmiştir. Sorbitol ve STPP çözeltilerinin aljinat ve SPI kadar etkili olmadığı belirlenmiştir.

Tetrasodyum pirofosfat (TSPP), sodyum tripolifosfat (STPP) üzerine yapılan bir çalışmada ise %2 oranında hazırlanan çözeltiler ve her iki çözeltinin karışımına (1:1) daldırılan levkit (*Rutilus frisii kutum*) filetoları 4°C'de 15 gün depolanmış ve kimyasal,

mikrobiyolojik, tekstürel ve duyuşsal değişimleri incelenmiştir. Fosfat uygulamasının TVB-N, su tutma kapasitesi ve sülfidril miktarını etkilemediği; kontrol grubuna göre lipid oksidasyonunu azalttığı ve tekstürel özellikleri geliştirdiği tespit edilmiştir. Sodyum tripolifosfat uygulamasının mikrobiyal gelişimi inhibe etmesi bakımından diğer gruplara göre daha başarılı bulunmuştur. Fosfat uygulanmış grupların mikrobiyolojik olarak raf ömrünün kontrol grubuna göre 3 gün daha uzun olduğu tespit edilmiştir (Etemadian vd. 2011).

Jittinandana vd. (2005)'nin yaptığı çalışmada %8'lik sükroz/sorbitol, %8 trehaloz, %8 trehaloz/sorbitol ve %2'lik sodyum laktat çözeltileri ile tamburlanan gökkuşadı alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) filetoları çoklu dondurma ve çözündürme işlemine tabi tutulmuştur. 1, 3, 5, 10 ve 15. kez dondurma ve çözündürme sonrası sonuçları incelendiğinde sükroz/sorbitol, trehaloz ve trehaloz/sorbitol çözeltileri çözünme kaybını ve çözünmeden sonra ette meydana gelen sertleşmeyi azalttığı belirlenmiştir. Sodyum laktat çözeltisinin ise aynı etkiyi göstermediği fakat mikrobiyal gelişimi ve lipid oksidasyonunu geciktirdiği tespit edilmiştir.

Aljinat, iota karragenan, soya protein konsantresi, sodyum tripolifosfat(STTP) ve sorbitolün dondurulmuş kırmızı berlam (*Urophycis chuss*) balık kıymasında kriyoprotektan etkisinin incelendiği bir çalışmada %0,4 aljinat, %4 sorbitol ve %0,3 sodyum tripolifosfat eklenmiş balık kıymalarını dondurma boyunca sertleşmeden koruduğu bildirilmiştir. Baskın serbest amino asitler olarak arjinin ve lösin tespit edilmiştir. Depolama sonunda %0,4 aljinat, %4 sorbitol ve %0,3 sodyum tripolifosfat eklenmiş uygulama grubunda başlangıç değerine göre lösin amino asidindeki yüksek artışın sebebi olarak ilave edilen kriyoprotektanlar nedeniyle lösin amino asidinin proteolitik enzim tepkimesine daha reaktif hale gelmiş olabileceği ve lösin peptit bağlarını parçalayabilen bazı enzim sistemlerini aktive etmiş olabileceği bildirilmektedir. Yüksek seviyedeki hidrofobik serbest amino asitlerin bulunmuş olduğu uygulama grubu daha az dokusal bozulmaya uğramıştır. Bu durumun protein moleküllerinden lösin salınmasının hidrofobik etkileşime neden olduğu protein denatürasyonunu hafifletebilmiş olabileceği bildirilmektedir. Tekstür analiz sonuçlarında kesme direnci ve penetrasyon oranı incelendiğinde %0,4 aljinat, %4 sorbitol ve %0,3 sodyum tripolifosfat ilave edilmiş balık kıymalarında dondurulmuş ürünlerin depolama süresince en az artışı gösteren uygulama grubu olduğu tespit edilmiştir (Lian vd. 2000).

Ali vd. (2015), çoklu dondurma ve çözündürme işlemi yapılan tavuk göğüs etinde su tutma kapasitesinin düştüğünü, dondurma ve çözündürme arttıkça L değerinin arttığını fakat a ve b değerlerinde düşme tespit edildiğini bildirmektedir.

Trehaloz, aljinat ve aljinat oligosakkarit ve sodyum pirofosfatın pişirilmiş karidesin (*Litopenaeus vannamei*) dondurularak depolanmasında kriyoprotektan etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada trehaloz, aljinat oligosakkarit ve sodyum pirofosfat ile muamele edilen uygulama gruplarının kontrol grubuna göre depolama süresince su tutma kapasite, su miktarı, su aktivitesi, esneklik ve çığnenebilirlik değerlerinin geliştirilmesinde etkili olmuştur. L değerleri göz önünde bulundurulduğunda trehaloz, aljinat ve aljinat oligosakkarit gruplarının renk stabilitesine katkıda bulundukları tespit edilmiştir. Özellikle kriyoprotektan etkinin su molekülleri ile yer değiştirilmesinden, protein yüzeyine yakın su moleküllerinin konsantrasyonundan, kastaki iyonik çapraz bağlanma etkisinden ya da doku karides kasında trehaloz ve oligosakkarit türevleri

kaynaklı doku stabilitesi sağlanmasından kaynaklanabildiği bildirilmektedir (Chao vd.2017).

Bir başka çalışmada morina balığına Pasifik berlam balığından (*Merluccius productus*) elde edilen balık protein hidrolizatu farklı oranlarda eklenmiş ve dondurma çözündürme işlemi uygulanmıştır. %4 ve daha yüksek oranda eklenen balık protein hidrolizatu dondurma ve çözündürme sonucu tuzlu suda çözünen protein miktarını maksimum oranda tutarken, nem ve pişirme kayıplarını en aza indirmiştir. Bu oranlar %8 sükröz-sorbitol ile kıyaslandığında eşdeğer ve daha iyi sonuçlar elde edildiği görülmüştür (Jenkelunas ve Li-Chan 2018).

Farklı çözeltilere daldırılıp çoklu dondurma ve çözündürme işlemine tabi tutulan çiğ ve pişmiş Pasifik beyaz karidesteki kalite değişimleri üzerine yapılmış bir çalışmada NaCl (%2,5), NaOH (%0,75, pH 11,5), NaCl-NaOH (%2,5-%0,75) içeren %3 monosodyumglutamat, %2,5 NaCl içeren %3'lük fosfat karışımı (sodyum tripolifosfat+tetrasodyum pirofosfat; 1:2, w/w) çözeltileri uygulanmıştır. Dondurma çözündürme işlemleri sonucunda protein çözünürlüğü azalmış ve en yüksek protein çözünürlüğü %3'lük monosodyum glutamat uygulanan çiğ karides uygulama grubu olmuştur. 5 dondurma ve çözündürme işlemi sonunda en düşük damlama kaybı yine monosodyum glutamat ve fosfat karışımı uygulanmış çiğ karides gruplarında tespit edilmiştir. Monosodyum glutamat uygulanan grupta dondurma çözündürmenin etken olduğu ve bozulmayı geciktirdiği belirlenmiştir (Kingwascharapong ve Benjakul 2016).

Kong vd. (2013)'ün bildirdiğine göre kriyoprotektan kullanımı lipid oksidasyonunu engellemekte ve protein denatürasyonuna karşı koruyucu etki göstermektedir. Kriyoprotektanlar bu koruyucu etkiyi protein yüzeyindeki hidrofobik ve sülfidril gruplarının etkileşimlerini azaltarak sağlamakta ve protein agregasyonunu azaltmaktadır.

Lee vd. (2016) farklı ön işlemler uygulanmış Alaska mezgiti filetolarının çoklu dondurma ve çözündürme ile kalite değişimlerini incelemiştir. Bütün ve temizlenmiş halde olan balıklar 0, 4, 8 ve 12. saatlerde fileto edilmiş ve 0, 3, 6 ve 12 kez dondurma ve çözündürmeye tabi tutulmuştur. İşlem tekrarıyla trimetilamin-N-oksit demetilaz, formaldehit ve dimetilamin içeriği artmıştır. 12. dondurma-çözündürme işleminde yüzey hidrofobikliğindeki azalmalar ve formaldehitin sebep olduğu proteinlerdeki agregasyon tekstür olarak filetoların sertleşmesine sebep olmuştur. Bütün uygulama gruplarında tekrarlanan dondurma ve çözündürme işlemi kalitede hızlı bozulmaya yol açmıştır.

Başka bir araştırmada süper soğutma işlemi ve kriyoprotektan uygulamanın sazan balığından yapılan surimi için mikrobiyal gelişimi, lipid oksidasyonunu ve protein oksidasyonunu azalttığı; proteolitik bozulmayı sınırlandırıp tekstürde bozulmayı azalttığı bildirilmiştir (Liu vd. 2014 a; Liu vd. 2014b).

Trehalozun dondurulmuş balık miyofibrillar proteinleri üzerindeki kriyoprotektan etkisinin sükröz, glukoz ve sorbitolle kıyaslandığı bir çalışmada trehaloz uygulanan grubun depolama boyunca protein yapısını koruduğu ve daha yüksek jel oluşturma özelliğinin olduğu belirlenmiştir. Yine proteinler üzerindeki etkisinin diğer şekerlerle aynı olduğu bildirilmiştir (Osako vd. 2005).

Çalışmamız ile farklı kriyoprotektanlar ile muamele edilerek dondurulmuş yağlı ve yağsız iki balık türü için çoklu dondurma ve çözündürme işleminin fiziksel kimyasal ve duyuşal özelliklerine etkisi belirlenmiştir. Kriyoprotektan kullanımı daha önceki çalışmalarda dondurulmuş depolama stabilitesi sağlaması amacıyla denenmiştir fakat çoklu dondurma ve çözündürme işleminde kriyoprotektan kullanımı ile ilgili çok az çalışma mevcuttur. Bu çalışmada çoklu dondurma çözündürme döngülerinde kriyoprotektanların etkisi farklı çözündürme yöntemleri denenerek yağ içeriğı yüksek ve yağ içeriğı düşük olan balıklar için ayrı ayrı incelenmiştir. Böylece çeşitli nedenlerle bu döngülere maruz kalan farklı kompozisyondaki balıkların kalitelerinin korunumu sağlanacaktır. Bu çalışma ile piyasada çokça satılan dondurulmuş balık filetolarının kalitelerini korunarak, hem insan sağlığı ve beslenmesine katkı sağlanacak hem de ekonomik kayıpların önüne geçilebilecektir.



3. MATERYAL METOT

3.1. Materyal

Çalışma materyali olarak yağlı ve yağsız iki balık türü seçilmiştir. Yağlı balık olarak palamut balığı (*Sarda sarda*) yağsız balık olarak da mezgıt (*Merlangius merlangus*) balığı kullanılmıştır. Balıklar Antalya’da faaliyet gösteren bir balıkçıdan taze olarak satın alınmıştır. Balıklar strafor kutular içerisinde buzlanarak derhal laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvara getirilen balıkların boy, ağırlık ve yağ içerikleri belirlenmiştir. Buna göre palamut balıklarının $42,8 \pm 2,18$ cm boy ve $930 \pm 56,21$ gr ağırlığa ve $\%18,4 \pm 0,56$ yağ oranına, mezgıt balıklarının ise ortalama $29,08 \pm 6,38$ cm boy ve $213,33 \pm 162,31$ gr ağırlığa ve $\%1,07 \pm 0,31$ yağ oranına sahip oldukları belirlenmiştir. Her iki tür için 30’ar kg balık temin edilmiştir.

Kriyoprotektan madde olarak Sakkaroz (Merck-107687), Sorbitol (Sigma-S1876), Sodyum aljinat (Aldrich-W201502), Sodyum tripolifosfat (Acros-218670025) kullanılmıştır.

3.2. Metot

3.2.1. Kriyoprotektan çözeltilerinin hazırlanması ve filetolara uygulanması

Palamut balıkları ilk önce yıkanmış iç organları çıkarılmış ve fileto haline getirilmiştir. Ayrıca kriyoprotektan çözeltilerinin her iki balık türüne eşit şekilde nüfuz etmesinin sağlanması için daha büyük yapıya sahip olan palamut filetoları iki parçaya daha bölünmüş ve böylece her bir balıktan 4 ayrı parça elde edilmiştir. Mezgit balıklarının ise bu işlem yerine sadece iç organları alınmış tek parça fileto haline getirilmiştir.

Ön denemeler kapsamında sodyum tripolifosfat, sodyum aljinat ve sakkaroz-sorbitol için literatürde kullanılan konsantrasyonlar baz alınarak alt ve üst konsantrasyon sınırları belirlenmiştir. Buna göre; sodyum aljinat için, $\%0,1$, $\%0,2$, $\%0,4$, $\%0,7$, $\%1$, $\%1,5$; sodyum tripolifosfat için, $\%1$, $\%2$, $\%4$, $\%5$; sakkaroz- sorbitol için, $\%2$, $\%4$, $\%8$, $\%10$ konsantrasyonları kullanılmış ve balık filetoları her bir çözelti içerisinde 10dk, 20dk, 30dk bekletilmiştir. Daldırma işlemi $+4^{\circ}\text{C}$ ’de gerçekleştirilmiş olup filetolar paketleme öncesi 1 dk drene edilmiştir. Daha sonra balıklar için -40°C ’de dondurma işlemi gerçekleştirilmiş 24 saat sonra -20°C ’de depolama gerçekleştirilmiştir. Çözündürülen örneklerde tekstür profil analizi, su tutma kapasitesi analizi ve duyu analizi (farklılık testi) gerçekleştirilmiştir. Konsantrasyonların belirlenmesinde kullanılan analizlerde balık etinin dondurma işleminden sonraki kalitesi ve daldırılan solüsyonun balık üzerinde özellikle tat konusunda duyu özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Bu konuda hem kaliteyi koruyan hem de tat olarak örneğin en az etkilendiği (Şekerlilik, ekşilik, acı tat) konsantrasyon ve süre araştırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre en başarılı konsantrasyonların sodyum tripolifosfat için $\%5$, sakkaroz-sorbitol için $\%8$ ve sodyum aljinat için $\%1$ olduğu ve her bir grup için 20 dk süre ile daldırmanın daha başarılı olduğu belirlenmiştir.

Kriyoprotektan çözeltileri distile su ile hazırlanmış ve $+4^{\circ}\text{C}$ ’de muhafaza edilmiştir. Balıklar, $+4^{\circ}\text{C}$ ’deki çözeltilere 1:1 v/w oranında daldırılıp 20 dk boyunca $+4^{\circ}\text{C}$ ’de bekletilmiştir. Süre sonunda balıklar drene edilmiş olup ambalajlanarak (ağız

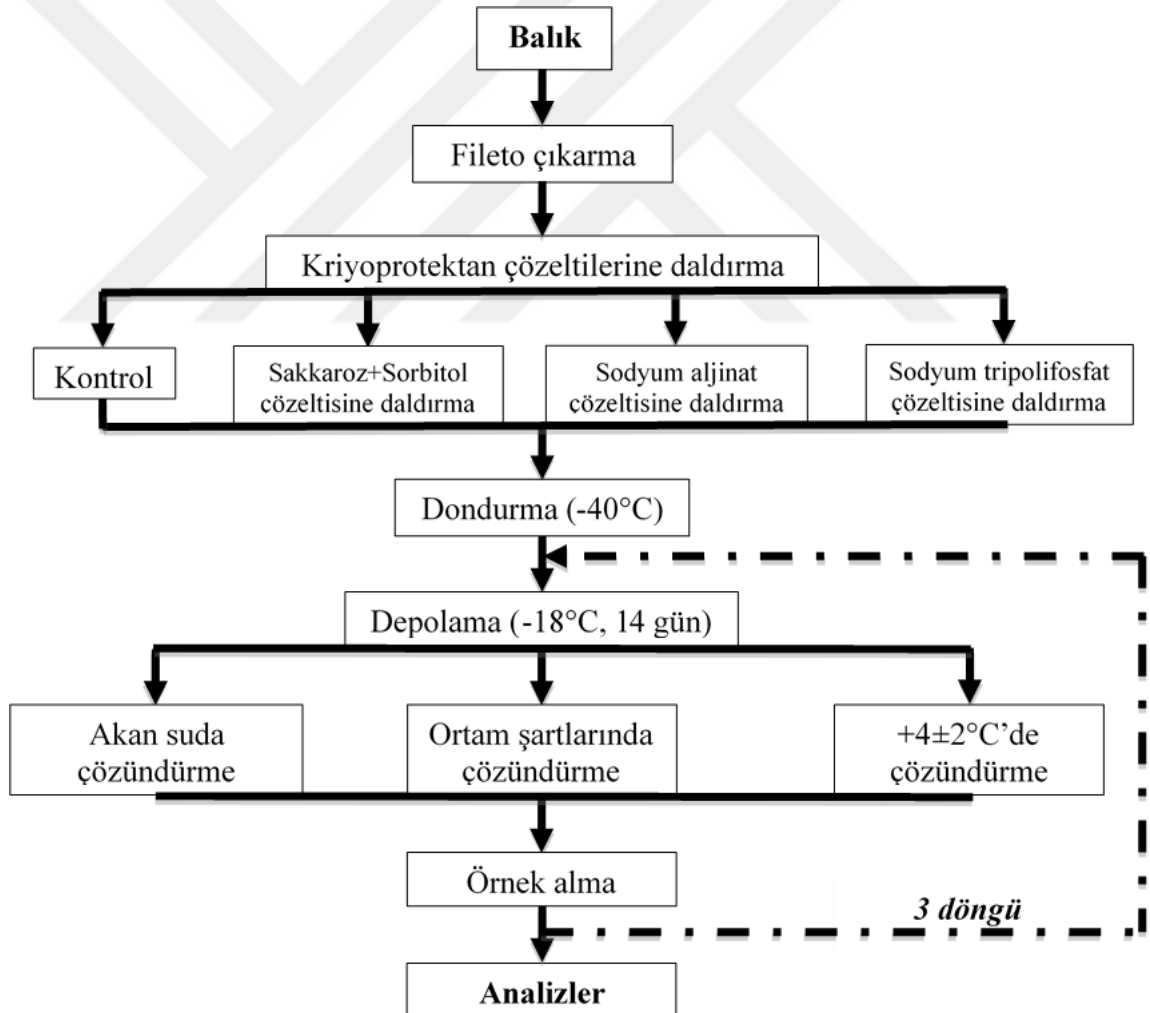
kilitli polipropilen poşetler içerisinde) $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' de hava akımlı dondurucuda 24 saat bekletilmiş 24 saat sonunda $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de derin dondurucuya yerleştirilmiştir. Balıklar çözündürme işlemi gerçekleşene kadar bu şekilde 14 gün depolanmıştır. Dondurulmuş balıklar 14 gün sonunda 3 gruba ayrılarak 3 farklı yöntemle çözündürülmüştür. Balıklar 1) Ortam şartlarında ($18\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de, yaklaşık 4,5 saat) 2) Akan suda ($12\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 2 saat) ve 3) $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de (14-15 saat) buzdolabı ortamında çözündürülmüştür. Çözündürülen balıklardan analiz örnekleri alınmış kalan kısım tekrar dondurucuya ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$) bırakılmıştır. Bu işlem 3 kez tekrar edilmiştir.



Şekil 3.1. Kullanılan balıklar ve balıklara ait filetolar



Şekil 3.2. Balık filetolarının kriyoprotektan çözeltilerine daldırılması



Şekil 3.3. İşlem akım şeması

Çizelge 3.1.Kriyoprotektan uygulama grupları

Uygulama grupları	Balık türü	Kriyoprotektan çeşidi	Çözündürme çeşidi
KO	Palamut	Kontrol	Ortam şartlarında çözündürme (18±2°C)
KS	Palamut	Kontrol	Akan suda çözündürme (12±1 °C)
KB	Palamut	Kontrol	Buzdolabında çözündürme (+4±2°C)
SSO	Palamut	%8 Sakkaroz-Sorbitol	Ortam şartlarında çözündürme (18±2°C)
SSS	Palamut	%8 Sakkaroz-Sorbitol	Akan suda çözündürme (12±1 °C)
SSB	Palamut	%8 Sakkaroz-Sorbitol	Buzdolabında çözündürme (+4±2°C)
STTPO	Palamut	%5 Sodyum tripolifosfat	Ortam şartlarında çözündürme (18±2°C)
STTPS	Palamut	%5 Sodyum tripolifosfat	Akan suda çözündürme (12±1 °C)
STTPB	Palamut	%5 Sodyum tripolifosfat	Buzdolabında çözündürme (+4±2°C)
AO	Palamut	%1 Sodyum aljinat	Ortam şartlarında çözündürme (18±2°C)
AS	Palamut	%1 Sodyum aljinat	Akan suda çözündürme (12±1 °C)
AB	Palamut	%1 Sodyum aljinat	Buzdolabında çözündürme (+4±2°C)
KO	Mezgit	Kontrol	Ortam şartlarında çözündürme (18±2°C)
KS	Mezgit	Kontrol	Akan suda çözündürme (12±1 °C)
KB	Mezgit	Kontrol	Buzdolabında çözündürme (+4±2°C)
SSO	Mezgit	%8 Sakkaroz-Sorbitol	Ortam şartlarında çözündürme (18±2°C)
SSS	Mezgit	%8 Sakkaroz-Sorbitol	Akan suda çözündürme (12±1 °C)
SSB	Mezgit	%8 Sakkaroz-Sorbitol	Buzdolabında çözündürme (+4±2°C)
STTPO	Mezgit	%5 Sodyum tripolifosfat	Ortam şartlarında çözündürme (18±2°C)
STTPS	Mezgit	%5 Sodyum tripolifosfat	Akan suda çözündürme (12±1 °C)
STTPB	Mezgit	%5 Sodyum tripolifosfat	Buzdolabında çözündürme (+4±2°C)
AO	Mezgit	%1 Sodyum aljinat	Ortam şartlarında çözündürme (18±2°C)
AS	Mezgit	%1 Sodyum aljinat	Akan suda çözündürme (12±1 °C)
AB	Mezgit	%1 Sodyum aljinat	Buzdolabında çözündürme (+4±2°C)

3.2.2. Analizler

3.2.2.1. Trimetil amin (TMA) analizi

TMA analizi Schormüller (1968) metodu kullanılmış; buna göre 10 g örnek üzerine 90 ml %5 triklorasetik asit (TCA) eklenerek ultraturax yardımıyla homojenize edilmiştir. Filtre edilen homojenizattan 4 ml tüpler içerisine alınıp 1 ml %20'lik formaldehit, 10 ml susuz toluen, 3 ml %50'lik potasyum hidroksit (KOH) ilave edilmiş ve vortex kullanılarak iyice çalkalanarak TMA bileşiğinin toluen fazına aktarılması sağlanmıştır. Faz ayrımı için 10 dakika bekletildikten sonra üstteki toluene fazından 5 ml başka tüplere alınarak üzerine %0,2'lik 5 ml pikrik asit ilave edilmiş spektrofotometrede 410 nm dalga boyunda absorbans değeri ölçülmüştür.

3.2.2.2. Toplam uçucu bazik azot (TVB-N) analizi

Homojenize edilen örneklerin uçucu baz içerikleri su buharı destilasyonu uygulanarak ayrılmış ve ayrılan bu bazlar 0,1 N HCl içerisinde toplanmıştır. Aynı normalitede bir NaOH ile geri titre edilmiş, TVB-N miktarı mg/100 g olarak belirlenmiştir (Schormüller 1968).

3.2.2.3. pH analizi

pH ölçümlerinde, homojenize edilen örnekler 1:1 oranında destile su ile karıştırılmış ve pH-metre (WTW Inolab Level 2) probu daldırılarak ölçümler yapılmıştır (Manthey vd. 1988). Ölçümlerin gerçekleştirilmesinde sıcaklık göz önünde bulundurulmuş ve $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.4. Toplam çözünür protein analizi

Toplam çözünür protein miktarı Lowry vd (1951) yöntemine göre belirlenmiş olup buna göre, örnekler 27 ml %5'lik Trikloroasetikasit çözeltisinde ultraturaks yardımı ile ekstrakte edilmiş daha sonra filtre edilen örneklerden tüplere 1 ml alınıp üzerine 1 ml Lowry çözeltisi eklenmiştir. 20 dk oda sıcaklığında bekleyen örnekler üzerine 0,5 ml Folin çözeltisi eklenerek ve tekrar 30 dk oda sıcaklığında bekletildikten sonra 750 nm'de köre karşı spektrofotometrede okuması yapılmıştır. Hesaplamalar protein standardı ile oluşturulan kurveye göre gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.5. Toplam serbest amino asit analizi

Toplam serbest amino asit miktarı Yokoyama ve Hiramatsu'nun (2003) belirttiği yöntemine göre, belirlenmiş olup buna göre 2 g örnek üzerine 17 ml 0,2 M perklorik asit ile 5 ml metanol ilave edildikten sonra karışım ultraturaks yardımı ile 12000 devirde 2 dakika süreyle homojenize edilmiş ve ultrasonik banyoda 15 dakika bekletilmiştir. Ardından 3250 rpm'de 30 dakika santrifüj edilmiş sonra supernatant Whatman 41 filtre kâğıdı ile filtre edilmiştir. Ekstrakte edilen örnekten test tüpüne 1 ml alınıp üzerine pH'sı 5,0 olan 2 ml 0,5 M sodyum sitrat tamponu (3,5164 g sitrik asit ve 9,3214 g sodyum sitrat tartılıp hacim saf su ile 100 ml'ye tamamlanarak hazırlanmış) ve 1ml ninhidrin ayırıcı (0,015 g askorbik asit, 0,5 g ninhidrin ve 60 ml 2-metoksietanol karıştırılarak hazırlanmış) ilave edilmiştir. Kaynar su banyosunda 15 dakika bekletilip buz banyosunda soğutulan tüplere

1 ml %60'lık etanol ilave edilerek 570 nm dalga boyunda spektrofotometrik ölçüm yapılmıştır. Hesaplamalar, glutamik asit kullanılarak oluşturulan standart kurveye göre gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.6. K değeri

K değerinin belirlenmesi amacıyla kullanılan Nükleotid yıkım ürünleri (ATP, ADP, AMP, IMP, inosin ve hipoksantin) analizi için 5 g homojenize örnek 25ml 0,6 M perklorik asitle 1 dk boyunca buz banyosunda ekstrakte edilmiş daha sonra ekstrakt 3000 g'de 10 dk santrifüj santrifüj edilerek katı kısmı ayrılmıştır. 10 ml Supernatant alınıp pH 6,5-6,8' de 1 M KOH ile nötralize edilmiştir. Nötralize edilmiş supernatant 30 dk boyunca buz banyosunda bekletilmiş ve oluşan potasyum perkloratın dibe çökmesi sağlanmıştır. Filtre edilen örnek 20 ml ye tamamlanmış ve UHPLC cihazına enjekte edilmiştir. Ölçümler 254 nm'de gerçekleştirilmiştir (Ryder 1985).

Kromatografik koşullar: Kromatografik analiz için Thermo Scientific Ultra-performans Sıvı Kromatografisi (UPLC – Photo diode array dedektör) cihazı kullanılmış ve ayırım için Phenomenex luna C18 100A, 5µ parçacık çaplı, 250x4.60 mm uzunluk ve iç çapa sahip kolon kullanılmıştır. Kullanılan mobil fazlar; A: Asetonitril, B: pH 7'deki 0,04 M KH₂PO₄ + 0,06 M K₂HPO₄ olup, akış gradienti Çizelge 3.2.'te verilmiştir.

Çizelge 3.2. Nükleotid yıkım ürünleri UPLC gradient metodu

	Zaman	%A	%B	µl/dk
0	0,00	0	100	1000
1	8,00	5	95	1000
2	14,00	25	75	1000
3	18,00	30	70	1000
4	20,00	100	0	1000
5	22,00	50	50	1000
6	25,00	0	100	1000
7		100	0	1000

K değeri belirlenmesi balıkta tazeliğin belirlenmesi için kullanılan yöntemlerden biridir. Aşağıda geliştirilmiş formüle göre K değeri hesaplanmıştır (Saito vd. 1959).

$$K(\%) = \frac{HxR + Hx}{HxR + Hx + ATP + ADP + AMP + IMP} \times 100$$

3.2.2.7. Biyojen amin analizi

Biyojen amin (agmatin, triptamin, 2-feniletıl amin, putresin, kadaverin, histamin, tiramin, spermin, spermidin) analizi Simat ve Dalgaard (2011)'e göre 5 g homojenize balık eti 15 ml 0,4 M HClO₄ ile homojenize edilmiş daha sonra 10 dk 2250 rpm'de santrifüj edilmiştir. Süpernatant 0,45µm filtreden geçirilmiş ve süzüntüden 1 ml alınarak 2 M NaOH (200µl), doymuş NaHCO₃ (300 µl) ve 1 ml dansil klorid eklenerek 40°C' de 45 dk türevlendirilmiştir. Ekstrakta dansil kloridin fazlası 150 µl NH₄OH eklenerek ayrılması amacıyla 1 saat karanlıkta bekletilmiştir. Asetonitril ile 5 ml'ye tamamlanan örnekler 0,45 µm'lik naylon şırınga ucu filtrelerden geçirilmiş ve Ultra-Performans Sıvı Kromatografi (UPLC) cihazına 254 nm'de enjeksiyon gerçekleştirilmiştir.

Kromatografik koşullar: Kromatografik analiz için Thermo Scientific Ultra-performeans Sıvı Kromatografisi (UPLC – Photo diode array dedektör) ile Phenomenex luna C18 100A, 5 μ parçacık çaplı, 250x4.60 mm uzunluk ve iç çapa sahip kolon kullanılmıştır. Kullanılan mobil fazlar; A: 0,1 M amonyum asetat, B: Acetonitril olup, akış gradienti Çizelge 3.3’te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Biyojen amin analizi UPLC gradient metodu

	Zaman	%A	%B	μl/dk
0	0,00	65	35	1000
1	15,00	95	5	1000
2	20,00	95	5	1000
3	25,00	65	35	1000
4		100	0	1000

Biyojen amin standart konsantrasyonları 100 ppm, 50 ppm, 25 ppm, 10 ppm, 5 ppm, 1 ppm, 0,5 ppm ve 0 ppm olacak şekilde 0,4 M HClO₄ ile hazırlanmıştır. Kalibrasyon eğrisi için hazırlanan çözeltiler tıne türevlendirme işlemine tabi tutularak enjeksiyonları gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.8. Serbest amino asit kompozisyonu

Serbest amino asit (Serin, prolin, valin, treonin, lösin, izolösin, aspartik asit, lizin, glutamik asit, metiyonin, histidin, fenilalanin, arginin, tirozin, sistein) kompozisyonu analizi Kıvrak vd. (2014) yöntemine göre yapılmıştır. Buna göre 1 g homojenize örnek su:metanol (80:20) (v/v) içerisinde hazırlanmış %1’lik formik asit ile vorteks yardımıyla karıştırılmış daha sonra katı kısmın uzaklaştırılması için 15 dk 4°C’ de 4000 rpm’de santrifuj edilmiştir. Supernatant 0,2 μ m PTFE filtre edildikten sonra Thermo Scientific TSQ, ESI iyonizasyon modülüne sahip LC-MS/MS cihazına enjekte edilmiştir.

Kromatografik koşullar; Kromatografik analiz için Thermo Scientific TSQ, ESI iyonizasyon modülüne sahip LC-MS/MS cihazı kullanılmış kromatografik ayırım için Thermo Hypersil gold 100x2.1 mm 1.9 μ m özelliklere sahip kolon kullanılmıştır. Cihaz koşulları;

Mobil faz A: 4 mM amonyum format ve %0.1 formik asit içeren Su: Metanol (95:5),

Mobil faz B: Metanol

Kapiler sıcaklığı: 325 °C

Buharlaştırma sıcaklığı: 50 °C

Sheath gaz basıncı: 50

Auxiliary gaz basıncı: 10

Çizelge 3.4. Serbest amino asit analizi UPLC gradient metodu

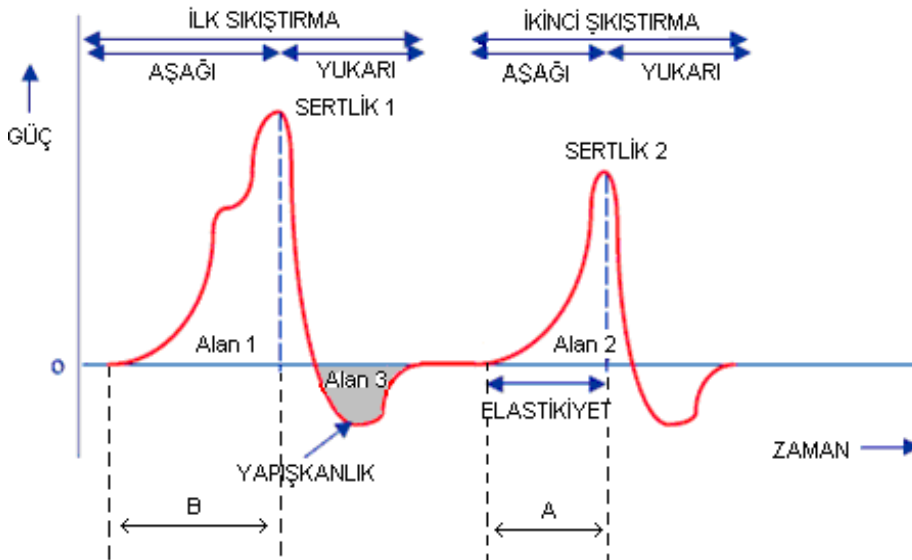
	Zaman	%A	%B	%C	%D	$\mu\text{l/dk}$
0	0,00	100	0	0	0	400
1	2,50	100	0	0	0	400
2	6,00	0	0	100	0	400
3	6,50	100	0	0	0	400
4	7,00	100	0	0	0	400
5		100	0	0	0	400

3.2.2.9. Su tutma kapasitesi

Su tutma kapasitesi tayini Hughes vd. (1997)'nin yöntemine göre yapılmış olup buna göre 1 saat su banyosunda (90°C) tutulan örnekler yine 1 saat boyunca santrifüj edilmiştir. Kurulandıktan sonra örneklerin son ağırlıkları ölçülmüş ve su tutma kapasitesi hesaplanmıştır.

3.2.2.10. Tekstür profil analizi

Tekstür ölçümünde Stable Micro Systems TA.XT2 tekstür analiz cihazı kullanılmıştır. Sıkıştırma (kompresyon) kuvveti prensibine göre belirli hızda ve belirli bir derinliğe probun iki kez daldırılması ile tekstür profil analizi gerçekleştirilmiştir. Buna göre 5 kg'lık yük hücreğine ve 35 mm çapındaki silindirik proba sahip TA-XT2 cihazı ürüne temas ettiği andan itibaren 2 mm/sn hız ile 5 mm derinliğe daldırılarak iki ardışık sıkıştırma işlemi uygulanmıştır. Daldırma öncesi prob hızı 1 mm/sn ve yine analiz sonrası prob hızı 2 mm/sn olmuştur. Analizler her bir fileto için 5 paralelli olarak gerçekleştirilmiş olup elde edilen verilerden örneklerin sertlik, yapışkanlık, elastikiyet, kohezyon, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik özellikleri değerlendirilmiştir.

**Şekil 3.4.** Tekstür profil analizi kurvesi ve tekstür profil analiz parametreleri

Sertlik (Hardness); birinci sıkıştırma ile ölçülen maksimum kuvvettir.

Yapışkanlık (Adhesiveness), gıda yüzeyi ile baskı plakası arasındaki çekim kuvvetini aşmak için gerekli olan iş olup ilk sıkıştırma işleminden sonra TPA grafiğindeki negatif alan olarak ifade edilmektedir (Alan 3).

Esneklik (Springiness), sıkıştırılmış ürünün yük kaldırıldıktan sonra eski boyutuna ulaşabilme derecesini ifade etmekte ve birinci sıkıştırma işlemi ve ikinci sıkıştırma işlemi için geçen sürelerin birbirine oranlanması ile hesaplanmaktadır. (A/B).

Kohezyon (Cohesiveness) ise ikinci sıkıştırma alanı ile ilk sıkıştırma alanı arasındaki orandır. Kohezyon değeri ürünün birinci sıkıştırma işlemindeki davranışı ile bağlantılı olarak ikinci sıkıştırma esnasında gösterdiği dayanıklılığını ifade etmektedir (Alan 2/Alan 1).

Sakızımsılık (Gumminess), ikincil bir parametre olup yarı katı gıda maddelerini parçalamak için gerekli enerji miktarını göstermektedir. Sertlik ve kohezyon değerlerinin çarpılması ile elde edilir.

Çiğnenebilirlik (Chewiness) ikincil bir parametre olup katı bir gıda maddesinin yutmaya hazır hale gelmesi için gerekli enerji miktarı olarak ifade edilmekte ve sertlik, kohezyon ve esneklik değerleri çarpılarak hesaplanmaktadır (Prabpree ve Pongsawatmanit 2011; Uslu vd. 2010).

3.2.2.11. Renk analizi

Renk ölçümleri CR-400 Minolta chromometer renk ölçüm cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Cihaz, her analiz günü ölçüm öncesi beyaz standart magnezyum oksit plaka ile kalibre edilmiştir. Renk ölçümleri filetoların 3 farklı bölgesinden yapılmış L* (parlaklık), a* (kırmızılık) ve b* (sarılık) değerleri ölçülmüştür. Elde edilen tüm verilerin ortalaması alınarak sonuçlar ortalama olarak ifade edilmiştir.

3.2.2.12. Duyusal analiz

Duyusal analizler Amerina vd. (1965)'in yöntemi modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. Balık tüketim alışkanlığı olan panelistler duyusal analiz değerlendirmesinde yer almıştır. Örneklerin koku (balıksı koku), tekstür (sıkı yapı, elastikiyet) ve genel görünüş (orijinal renk, parlaklık) özellikleri açısından değerlendirilmiştir. Örnekler her analiz gününde farklı kodlandırılmış ve çiğ olarak oda sıcaklığında panelistlere rastgele bir biçimde sunulmuştur. Puanlama sistemi 0-9 olmuş ve reddedilme derecesi '0' olarak kabul edilmiştir. Buna göre 9-7 arası puna 'çok iyi', 4-6.9 puan arası 'iyi', 1-3.9 puan 'bozulmuş' olarak kabul edilmiştir. Panelistler tarafından verilmiş olan puanların ortalamaları alınarak duyusal kalite belirlenmiştir.

3.2.2.13. İstatiksel analiz

Araştırma tesadüf parselleri deneme deseninin faktöriyel düzenlenmesi şeklinde planlanmıştır. Buna göre dört faktörlü (balık türü x kriyoprotektan çeşidi x çözündürme yöntemi x çözündürme sayısı) deneme planı kullanılmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlar varyans analizine ve önemli bulunan ana varyasyon kaynakları Duncan Çoklu Karşılaştırma Testine tabi tutulmuştur (Düzgüneş vd. 1987).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Trimetilamin Değerine Ait Bulgular

Depolama süresince farklı kriyoprotektan uygulanmış balık filetolarının TMA-N oluşumuna ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1’de sunulmuştur.

Çizelge 4.1.Balık filetolarının TMA-N değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Balık türü	1	74,21456719	606,80**
Dondurma çözündürme döngüsü	3	14,84978663	121,42**
Balık türü x Dondurma çözündürme döngüsü	3	6,06579774	49,60**
Kriyoprotektan çeşidi	3	1,00669774	8,23**
Balık türü x Kriyoprotektan çeşidi	3	1,18442830	9,68**
Dondurma çözündürme döngüsü x Kriyoprotektan çeşidi	9	0,33164219	2,71**
Çözündürme metodu	2	0,46105677	3,77*
Balık türü x Çözündürme metodu	2	0,05520156	0,45
Dondurma çözündürme döngüsü x Çözündürme metodu	6	0,18340538	1,50
Kriyoprotektan çeşidi x Çözündürme metodu	6	0,17194566	1,41
Hata	153		

(**) $p < 0,01$ düzeyinde önemli (*) $p < 0,05$ düzeyinde önemli

Balık türü, dondurma çözündürme döngüsü sayısı ve kriyoprotektan çeşidi, TMA-N değerini önemli ($p < 0,01$) derecede etkilemiştir. Yine çözündürme metodundaki farklılığın TMA-N değerindeki değişim üzerine etkisi önemli ($p < 0,05$) olmuştur. Çizelge 4.2’de Duncan Çoklu Çoklu Karşılaştırma Testi ile gruplar için ortalamalar arasındaki farklılıklar belirlenmiştir.

Çalışmamızda yağlı ve yağsız balık olarak iki balık türü kullanılmış ve her iki balık türü karşılaştırıldığında palamut balığında TMA-N oluşumunun daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Dondurma çözündürme işleminin artışı ile TMA-N değeri önemli orada artış göstermiştir ($p < 0,01$). TMA oluşumunda balık türü önemli bir faktör olmaktadır. Çözündürme metotları incelendiğinde buzdolabı koşullarında çözündürme işlemi uygulanmış uygulama grupları daha yüksek TMA-N değerine ulaşmıştır. Çizelge 4.2.’e göre kontrol grubunda ve sakkaroz sorbitol uygulanmış balık filetolarında TMA-N değeri daha düşük bulunmuştur. En yüksek TMA-N değerine Sodyum aljinat çözeltisi ile muamele edilmiş balık filetoları ulaşmış olup bütün TMA-N değerleri tüketilebilirlik sınır değerinin altında kalmıştır.

Üçüncü çözündürme işlemi sonunda palamut filetolarında en yüksek TMA-N değeri ortam şartlarında çözündürülmüş kontrol grubunda $2,89 \pm 0,02$ mg/100 g’a ulaşırken yine üçüncü çözündürme sonrası mezgit filetolarında Sodyum aljinat uygulanmış ve akan suda çözündürülmüş filetolar $1,03 \pm 0,05$ mg/100 g değerine kadar ulaşmıştır (Çizelge 4.3.).

Çizelge 4.2. Balık filetolarının TMA-N değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	TMA-N Değeri (mg/100g)
Balık türü	
Palamut	1,54 ^a
Mezgit	0,30 ^b
Dondurma çözündürme döngüsü	
0. Gün	0,27 ^d
1. Çözündürme	0,78 ^c
2. Çözündürme	1,02 ^b
3. Çözündürme	1,61 ^a
Kriyoprotektan çeşidi	
Kontrol	0,81 ^b
Sakkaroz-Sorbitol	0,82 ^b
Sodyum tripolifosfat	0,94 ^b
Sodyum aljinat	1,12 ^a
Çözündürme metodu	
Ortam şartlarında çözündürme	0,87 ^b
Akan suda çözündürme	0,88 ^b
Buzdolabında çözündürme	1,02 ^a

Balıklarda bulunan protein olmayan azotlu bileşiklerden biri de trimetilamin oksittir (TMAO). TMAO canlı balıkta kas sisteminde osmoregülatör olarak görev yapmaktadır. Balıkta ölüm sonrasında TMA oluşumuna mikrobiyal aktivite veya trimetilaminoksidaz enzimi ile TMAO'nun indirgenmesi neden olmaktadır. TMA bozulmuş balık kokusunu veren bileşiktir. Oluşan TMA-N, dimetilamin ve formaldehite kadar parçalanmaktadır. Formaldehit oluşumu su ürününün cinsine, trimetilamin oksit miktarına ve enzim aktivitesine bağlıdır. Yine TMA-N miktarı da balık türüne, avlanma yer ve yöntemlerine, uygulanan depolama koşullarına göre değişiklik gösterebilmektedir (Serdaroğlu ve Deniz 2001; Varlık vd. 1993). TMA-N değeri su ürünlerinin bozulmasında kalite indikatörlerinden biri olup, tüketim için TMA-N limit değerlerini; 4 mg/100g'a kadar 'iyi' kalite, 10 mg/100 g'a kadar 'pazarlanabilir' ve 12 mg/100g 'a kadar da 'bozulmuş' olarak belirlenmiştir (Varlık vd. 1993).

Alparslan vd. (2013), bütün, iç organları alınmış ve fileto halinde dondurulmuş levrek balığında farklı çözündürme yöntemleri kullanılarak çoklu dondurma ve çözündürme işlemi uygulamışlardır. Ortam koşullarında çözündürülen üç balık grubunda TMA-N değerleri bakımından bütün çözündürme aşamalarında benzer değişimler tespit edilmiştir. Son çözündürme işleminden sonra fileto balık örneklerinin TMA-N değerleri $4,44 \pm 0,01$ mg/100 g olarak tespit edilmiştir. Çalışmamızda da benzer şekilde çözündürme işlemleri sonrasında bütün uygulama grupları sınır değerin altında kalmıştır.

Başka bir çalışmada hamsi ve çinekop balıkları farklı çözündürme işlemleri kullanılarak çoklu dondurma çözündürme işlemine tabi tutulmuştur. Hamsi ve çinekop balıklarının çoklu dondurma ve çözündürme işlemlerinde mikrodalga, su içerisinde ve buzdolabı şartlarında çözündürmenin TMA-N değerindeki değişim üzerinde önemsiz

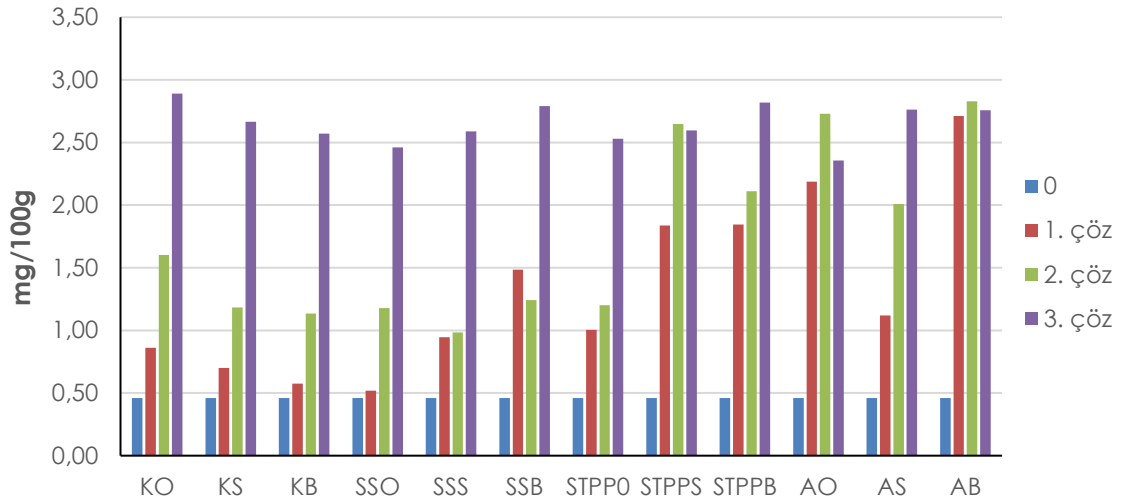
olduğu tespit edilmiştir ($p<0,01$) (Baygar vd. 2004). Çalışmamızda farklı çözündürme metotları TMA-N oluşumu üzerinde önemli etkiye sahipken ($p<0,05$) kriyoprotektan kullanımının farklı çözündürme metotları uygulanması sonucunda oluşan TMA-N miktarına etkisi önemsiz bulunmuştur. Yine balık başlangıç TMA-N miktarı balık türleri arasında farklı olabilmektedir.

Çalışmamızda da yine yağlı ve yağsız balıklar arasında başlangıç TMA-N değeri farklılığı dondurma çözündürme işlemlerinde farklı değerler elde edilmesine yol açmıştır. Koyu renk kasa sahip balıklarda beyaz kasa sahip balıklara göre TMAO bileşiğinin TMA-N'e parçalanması oranı daha yüksek olmaktadır (Serdaroğlu ve Deniz 2001). Bu yüzden palamut balığında mezgite göre daha yüksek TMA-N miktarı tespit edilmiştir. Ayrıca balık filetolarının uzun süre dondurma sıcaklıklarının üzerinde bekletilerek (16 saat) uygulanan buzdolabında çözündürme işlemi ve diğer çözümlere göre daha yoğun kıvamda olan Sodyum aljinatın TMA-N oluşumunu arttırdığı söylenebilmektedir. Buna rağmen balık filetolarının dondurulmuş halde depolanması ve çözündürme işlemleri sonunda bekletilmeksizin tekrar dondurulması TMA-N değerinin sınır değerinin altında kalmasını sağlamıştır.

Çizelge 4.3. Balık filetolarının TMA-N değerleri

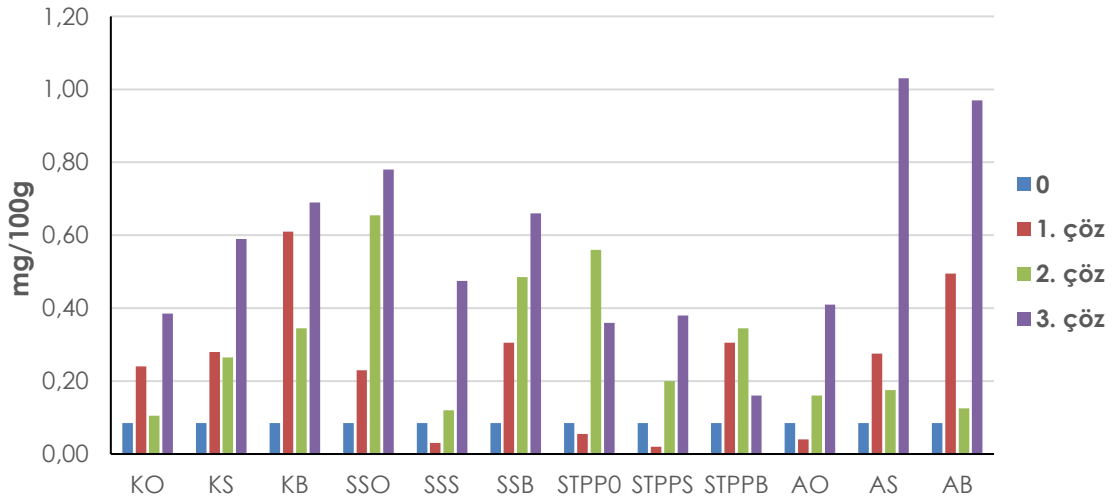
TMA-N mg/100 g	Palamut				Mezgit			
	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz
KO	0,46±0,03	0,86±0,07	1,6±0,47	2,89±0,02	0,09±0,02	0,24±0,03	0,11±0,02	0,39±0,01
KS	0,46±0,03	0,70±0,06	1,18±0,68	2,67±0,21	0,09±0,02	0,28±0,00	0,27±0,03	0,59±0,00
KB	0,46±0,03	0,58±0,12	1,14±0,06	2,57±0,01	0,09±0,02	0,61±0,02	0,35±0,05	0,69±0,01
SSO	0,46±0,03	0,52±0,02	1,18±0,41	2,46±0,05	0,09±0,02	0,23±0,01	0,66±0,02	0,78±0,07
SSS	0,46±0,03	0,95±0,02	0,99±0,00	2,59±0,10	0,09±0,02	0,03±0,01	0,12±0,02	0,48±0,03
SSB	0,46±0,03	1,49±0,05	1,24±0,11	2,79±0,17	0,09±0,02	0,31±0,01	0,49±0,06	0,66±0,08
STPPO	0,46±0,03	1,01±0,06	1,20±0,39	2,53±0,02	0,09±0,02	0,06±0,02	0,56±0,03	0,36±0,01
STPPS	0,46±0,03	1,84±0,55	2,65±0,59	2,60±0,41	0,09±0,02	0,02±0,01	0,20±0,09	0,38±0,00
STPPB	0,46±0,03	1,85±0,56	2,11±0,34	2,82±0,21	0,09±0,02	0,31±0,01	0,35±0,02	0,16±0,01
AO	0,46±0,03	2,19±0,07	2,73±0,01	2,36±0,08	0,09±0,02	0,04±0,01	0,16±0,01	0,41±0,04
AS	0,46±0,03	1,12±0,11	2,01±0,61	2,76±0,40	0,09±0,02	0,28±0,03	0,18±0,03	1,03±0,05
AB	0,46±0,03	2,71±0,42	2,83±0,08	2,76±0,20	0,09±0,02	0,50±0,02	0,13±0,04	0,97±0,04

KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.1. Yağlı balık filetolarının (Palamut) TMA-N değerleri



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.2. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) TMA-N değerleri

4.2. Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) Değerine Ait Bulgular

Farklı kriyoprotektan kullanılmış ve farklı çözündürme metotları kullanılarak çoklu dondurma ve çözündürme işlemine tabi tutulan balık filetolarının toplam uçucu bazik azot (TVB-N) analiz sonuçları istatistiksel analize tabi tutulmuştur.

Yağ oranı farklı balık türü kullanımı, kriyoprotektan çeşidi ve dondurma çözündürme işleminin sayısı TVB-N oluşumunda önemli etkisi bulunurken ($p<0,01$), çözündürme metodundaki farklılık ile değişime uğramadığı belirlenmiştir. Ortalamalar arasındaki farklılık ise Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile Çizelge 4.5’de sunulmuştur. Buna göre varyans analiz tablosunda kriyoprotektan maddelerin TVB-N değerini önemli düzeyde ($p<0,01$) etkilediği belirlenmişken Duncan tablosu incelendiğinde ise kontrol grubu ve kriyoprotektan uygulanmış balıklar arasında farklılık bulunmuş fakat kriyoprotektan çeşitleri arasında bir farklılık tespit edilmemiştir.

Çizelge 4.4. Balık filetolarının TVB-N değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Balık türü	1	127,449713	71,50**
Dondurma çözündürme döngüsü	3	404,044224	226,67**
Balık türü x Dondurma çözündürme döngüsü	3	4,480852	2,51
Kriyoprotektan çeşidi	3	8,389395	4,71**
Balık türü x Kriyoprotektan çeşidi	3	9,004801	5,05**
Dondurma çözündürme döngüsü x Kriyoprotektan çeşidi	9	2,632855	1,48
Çözündürme metodu	2	2,892866	1,62
Balık türü x Çözündürme metodu	2	3,512710	1,97
Dondurma çözündürme döngüsü x Çözündürme metodu	6	3,391602	1,90
Kriyoprotektan çeşidi x Çözündürme şekli	6	5,235540	2,94**
Hata	153		

(**) $p<0,01$ düzeyinde önemli (*) $p<0,05$ düzeyinde önemli

Koyu renk kasa sahip balıklar daha yüksek miktarda protein olmayan azotlu bileşiklere sahiptirler. Palamut balığının koyu renk kasa sahip bir balık türü olması kaynaklı TMA-N değerinde olduğu gibi TVB-N değerinde de mezgit balığına göre daha yüksek değerler almıştır. Her iki balık filetolarının kriyoprotektan çözümlerine daldırılması daha başarılı sonuçlar vermiş, çözündürme işlemleri sonunda kontrol grubu en yüksek değerleri almıştır. Çözündürme yöntemi ile TVB-N değeri değişime uğramamıştır.

Balıklarda TVB-N değeri esas olarak bakteriyel bozulma ürünü olmakla birlikte amonyum, birincil, ikincil ve üçüncül aminlerden oluşmaktadır (Manju vd. 2007). Su ürünlerinin kalite kontrolünde duyu, kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik yöntemler kullanılmaktadır. Kimyasal yöntemlerden toplam uçucu bazik azot (TVB-N) en çok kullanılan analizlerden biridir. Su ürünlerinin depolanması sırasında depolama süresinin artması ile paralel olarak TVB-N değerinin yükselme göstermektedir.

Çizelge 4.5. Balık filetolarının TVB-N değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	TVB-N Değeri (mg/100 g)
Balık türü	
Palamut	16,55 ^a
Mezgit	14,92 ^b
Dondurma çözündürme döngüsü	
0. Gün	11,64 ^d
1. Çözündürme	15,89 ^c
2. Çözündürme	17,11 ^b
3. Çözündürme	18,30 ^a
Kriyoprotektan çeşidi	
Kontrol	16,32 ^a
Sakkaroz-Sorbitol	15,62 ^b
Sodyum tripolifosfat	15,32 ^b
Sodyum aljinat	15,68 ^b
Çözündürme metodu	
Ortam şartlarında çözündürme	15,90 ^a
Akan suda çözündürme	15,50 ^a
Buzdolabında çözündürme	15,82 ^a

Su ürünlerinin TVB-N değerlerine göre kalite sınıflandırması aşağıdaki gibidir;

25 mg/100 g'a kadar 'çok iyi'

30 mg/100 g'a kadar 'iyi'

35 mg/100 g'a kadar 'pazarlanabilir'

35 mg/100 g'dan fazlası 'kabul edilemez' (Varlık vd. 1993).

Buna göre çalışmamızda bütün uygulama grupları 'çok iyi' kalite göstergesi olan 25 mg/100 g değerinin altında kalmıştır.

Baygar vd. (2013) başlangıç TVB-N değeri $18,85 \pm 0,1$ mg/100 g olan levrek balığı filetolarının buzdolabı koşullarında $4 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de çözündürme yöntemi kullanılarak 6 kez tekrarlanan dondurma çözündürme işlemi sonunda bu değer $22,17 \pm 0,20$ mg/100 g'a ulaşmıştır. Yine başka bir çalışmada çözündürme işleminde ortam şartlarında ($23 \pm 4^\circ\text{C}$) çözündürme yöntemi kullanılmıştır. Çözündürme işleminden sonra levrek filetolarının TVB-N değeri $24,83 \pm 0,26$ mg/100 g olarak belirlenmiştir (Alparslan vd. 2013).

Diğer bir çalışmada hamsi ve çinekop balıkları, 15 günlük periyotlarla buzdolabı ($+4 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de 16 saat), mikrodalga fırın (180 W'da, 15 dakika) ve suda ($21 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de akan musluk suyu altında, 2 saat) çözündürme yöntemleri kullanılarak çoklu dondurma ve çözündürme işlemine tabi tutulmuştur. Hamsi ve çinekop balıklarının başlangıç TVB-N değerleri sırasıyla $21,88 \pm 0,24$, $17,70 \pm 0,82$ mg/100 g belirlenmiştir. Üçüncü çözündürme işlemi sonunda buzdolabı, mikrodalga ve suda çözündürülen hamsi ve çinekop balıklarının TVB-N değeri $26,96 \pm 0,5$, $15,18 \pm 1,51$ mg/100g; $27,05 \pm 0,22$, $28,36 \pm 0,99$ mg/100g; $24,37 \pm 0,52$, $15,00 \pm 0,97$ mg/100g olarak belirlenmiştir (Baygar vd. 2004). Fuentes vd. (2013) taze çipura balığı (*Sparus aurata*) üzerine yaptığı bir çalışmada

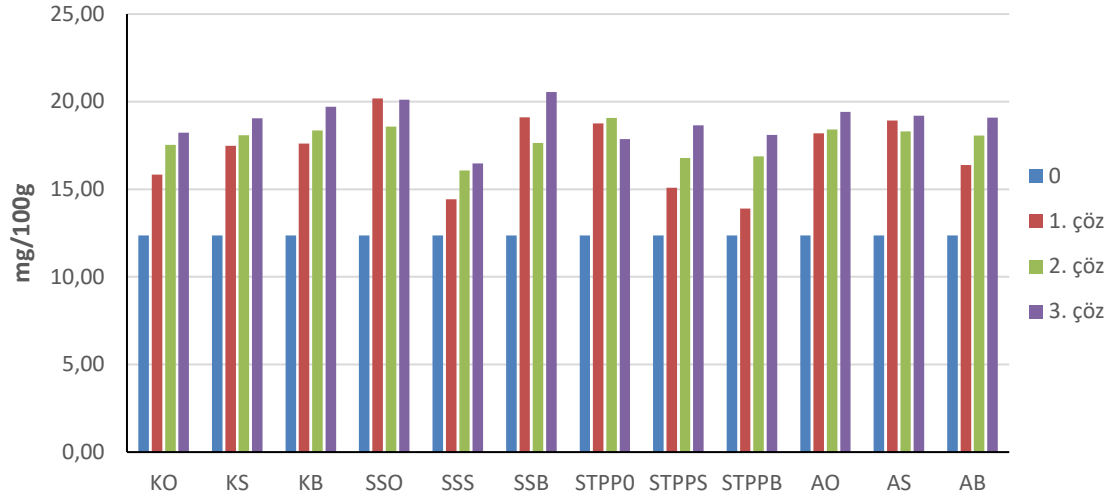
balıklar -18 °C’de dondurulmuş, 60 gün boyunca depolanmış ve her 15 günde bir olmak üzere analizler gerçekleştirilmiştir. İlk 15 günün sonunda dondurulmuş çözündürülmüş balık ve dondurarak depolanan balıklar arasındaki kalite farkının araştırılması amacıyla bir grup çözündürülüp tekrar dondurulmuş ve 60. gün sonunda analiz sonuçlarına göre dondurma işleminin TVB-N değerini etkilemediği belirlenmiştir.

Farklı ön işlemler uygulanarak dondurulan palamut balığında gerçekleştirilen başka bir çalışmada balıklar dondurma öncesinde 24 saat buzda bekletme, iç organ ve solungaçları çıkarma, sodyum polifosfat daldırma ve askorbik asit çözeltisi ile glazeleme işlemi uygulanmıştır. Başlangıçta 7,004±mg/100 g olan TVB-N miktarı 6 aylık dondurarak depolama sonunda bile ‘çok iyi kalite’ sınırı olan 25 mg/100 g’ ı aşmadığı belirlenmiştir (Turan ve Erkoyuncu 2004). Başka bir çalışmada farklı çözündürme metotları uygulanan alabalık ve sardalya balıklarının kalite değişimleri araştırılmıştır. Mikrodalga, akan su ve oda sıcaklığında çözündürme uygulanan balıklarda oda sıcaklığınca çözündürülmüş alabalık ve sardalyaların TVB-N düzeylerinin akan su ve mikrodalga ile çözündürülenlerden daha yüksek olduğu bildirilmektedir (p<0,05) (Tokur ve Kandemir 2008). Etemadian vd. (2005)’in tetrasodyum pirofosfat (TSPP), sodyum tripolifosfat (STPP) üzerine yapmış olduğu bir çalışmada ise %2 oranında hazırlanan çözelti ve her iki çözeltinin karışımına (1:1) daldırılan levkit (*Rutilus frisii kutum*) filetoları 4°C’de 15 gün depolanmıştır. Başlangıçta 3,91±0,89 mgN/g olan toplam uçucu bazik azot değeri 15. günün sonunda kontrol grubu 37,37±2,15 mgN/g değerine, TSPP grubu 34,61±4,04 mgN/g, STPP grubu 31,93±0,78 mgN/g değerine ve TSPP+STPP grubu 34,91±3,56 mgN/g değerine yükselmiştir. Eklenen katkıları göz önüne alındığında, fosfatlar ile ön işleme tabi tutulmuş örnekler birbirinden farklı sonuç vermemektedir. Çalışmamızda kontrol grubuna göre bütün uygulama gruplarında TVB-N daha düşük değer almıştır. TVB-N değeri balık türüne göre değişmekle birlikte literatürde de yine farklı başlangıç değerleri görülmektedir. Bütün dondurma çözündürme işlemleri sonunda kriyoprotektan çözeltileri uygulamasının TVB-N oluşumunun baskılanmasında etkili olduğu belirlenmiştir. Farklı kriyoprotektan muamelesinin ise balık filetoları arasında bir farklılık oluşturmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.6. Balık filetolarının TVB-N değerleri

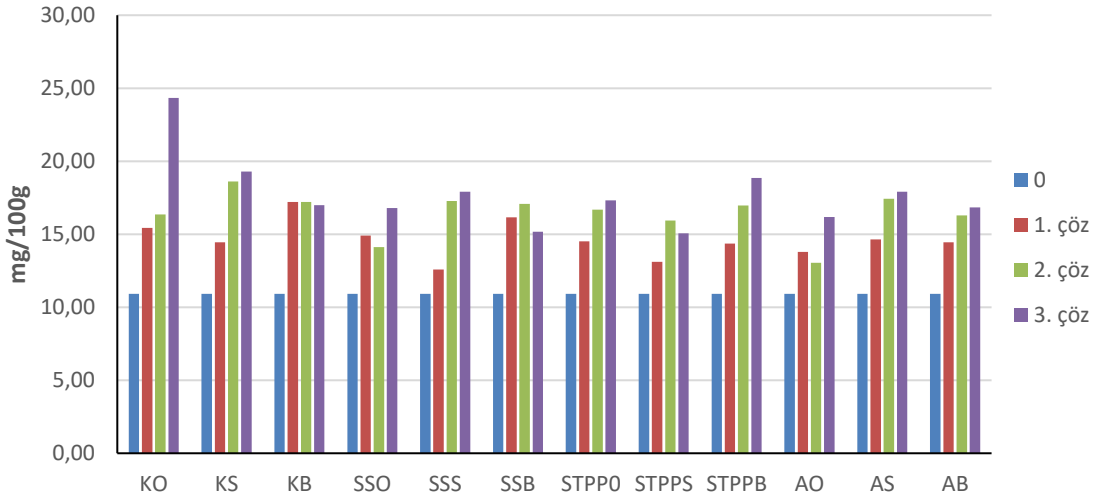
TVB-N mg/100 g	Palamut				Mezgit			
	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz
KO	12,37±0,48	15,83±0,53	17,53±0,14	18,22±0,85	10,92±0,11	15,44±0,63	16,36±0,14	24,33±0,88
KS	12,37±0,48	17,48±0,40	18,08±0,44	19,05±0,76	10,92±0,11	14,44±0,08	18,62±0,71	19,30±0,53
KB	12,37±0,48	17,61±0,20	18,36±0,69	19,70±0,62	10,92±0,11	17,22±0,90	17,21±0,48	17,00±0,86
SSO	12,37±0,48	20,18±0,78	18,57±0,29	20,11±0,77	10,92±0,11	14,90±0,41	14,11±0,31	16,79±0,53
SSS	12,37±0,48	14,42±0,80	16,07±0,87	16,48±0,65	10,92±0,11	12,58±0,54	17,27±0,74	17,92±0,73
SSB	12,37±0,48	19,11±0,43	17,64±1,09	20,54±1,15	10,92±0,11	16,16±0,81	17,08±0,72	15,18±0,17
STPPO	12,37±0,48	18,76±0,35	19,07±0,44	17,86±0,71	10,92±0,11	14,51±0,85	16,68±0,22	17,33±0,51
STPPS	12,37±0,48	15,10±0,43	16,78±0,14	18,66±0,42	10,92±0,11	13,11±0,57	15,94±0,94	15,05±0,02
STPPB	12,37±0,48	13,91±0,79	16,88±0,27	18,10±1,61	10,92±0,11	14,36±0,48	16,97±0,55	18,87±0,38
AO	12,37±0,48	18,19±0,65	18,41±0,30	19,42±0,17	10,92±0,11	13,79±0,03	13,05±0,74	16,17±0,85
AS	12,37±0,48	18,92±0,59	18,31±0,72	19,20±0,12	10,92±0,11	14,65±0,67	17,43±0,81	17,92±0,38
AB	12,37±0,48	16,39±1,11	18,07±0,49	19,09±0,02	10,92±0,11	14,45±0,94	16,28±0,07	16,83±0,44

KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.3. Yağlı balık filetolarının (Palamut) TVB-N değerleri



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.4. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) TVB-N değerleri

4.3. pH Değerinde Ait Bulgular

Farklı kriyoprotektan kullanılmış ve farklı çözündürme metotları kullanılarak çoklu dondurma ve çözündürme işlemine tabi tutulan balık filetolarının pH ölçüm sonuçları istatistiksel analize tabi tutulmuştur.

Balık türü, kriyoprotektan çeşidi, dondurma çözündürme döngüsünün ($p<0,01$) ve çözündürme metodunun ($p<0,05$) pH değerine etkileri önemli bulunmuştur. Ortalamalar arasındaki farklılık ise Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile Çizelge 4.8’de sunulmuştur.

Çizelge 4.7. Balık filetolarının pH değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Balık türü	1	37,93185208	5029,57**
Dondurma çözündürme döngüsü	3	0,95055972	126,04**
Balık türü x Dondurma çözündürme döngüsü	3	0,17269792	22,90**
Kriyoprotektan çeşidi	3	0,06649583	8,82**
Balık türü x Kriyoprotektan çeşidi	3	0,00640625	0,85
Dondurma çözündürme döngüsü x Kriyoprotektan çeşidi	9	0,01375185	1,82
Çözündürme metodu	2	0,03545156	4,70*
Balık türü x Çözündürme metodu	2	0,03204740	4,25*
Dondurma çözündürme döngüsü x Çözündürme metodu	6	0,03062795	4,06**
Kriyoprotektan çeşidi x Çözündürme metodu	6	0,0143911	1,91
Hata	153		

(**) $p<0,01$ düzeyinde önemli (*) $p<0,05$ düzeyinde önemli

İlk çözündürmeyle sabit kalan pH değeri özellikle ikinci ve üçüncü çözündürme ile artış göstermiştir. Mezgıt balığının pH değerleri palamut balığına göre yüksek bulunmuştur. Kriyoprotektan çeşitleri karşılaştırdığında ise sodyum tripolifosfat çözeltisine daldırılmış balık filetoları diğer gruplara göre daha yüksek pH değerlerine ulaşmıştır. Üçüncü çözündürme işleminin sonunda en yüksek pH değerlerine palamut balığında sodyum tripolifosfat çözeltisine daldırılmış ve suda çözündürme işlemine tabi tutulmuş örnekler ($6,48\pm0,01$), mezgıt balığında ise yine sodyum tripolifosfat çözeltisine daldırılmış ve ortam şartlarında çözündürülmüş örnekler ($7,19\pm0,02$) ulaşmıştır.

Alparslan vd. (2013) fileto levrek balığının ortam şartlarında ($23\pm4^{\circ}\text{C}$) 6 çözündürme işlemi sonunda başlangıç değeri olan $6,48\pm0,002$ olan pH değerinin $6,61\pm0,004$ değerine ulaştığını belirlemiştir. Yine başlangıç pH değeri $6,39\pm0,00$ olan levrek filetolarının son pH değeri mikrodalga yöntemi kullanılarak, altı kez çoklu dondurma çözündürme işlemi sonunda $6,58\pm0,00$ değerine ulaşmıştır. (Alparslan ve Baygar 2015). Benzer bir çalışmada buzdolabında çözündürme yöntemi kullanılmış ve altıncı çözündürme işleminden sonra pH değeri $6,59\pm0,003$ değerine yükselmiştir (Baygar vd. 2013).

Çizelge 4.8. Balık filetolarının pH değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	pH Değeri
Balık türü	
Palamut	6,13 ^b
Mezgit	7,02 ^a
Dondurma çözündürme döngüsü	
0. Gün	6,46 ^c
1. Çözündürme	6,46 ^c
2. Çözündürme	6,74 ^a
3. Çözündürme	6,65 ^b
Kriyoprotektan çeşidi	
Kontrol	6,56 ^b
Sakkaroz-Sorbitol	6,56 ^b
Sodyum tripolifosfat	6,63 ^a
Sodyum aljinat	6,55 ^b
Çözündürme metodu	
Ortam şartlarında çözündürme	6,60 ^a
Akan suda çözündürme	6,58 ^a
Buzdolabında çözündürme	6,55 ^b

Baygar vd. (2004)'ün hamsi ve çinekop balığında yaptığı bir çalışmada 15 günlük periyotlarla buzdolabı ($+4 \pm 1^\circ \text{C}$ 'de 16 saat), mikrodalga fırın (180 W 'da, 15 dakika) ve suda ($21 \pm 1^\circ \text{C}$ 'de akan musluk suyu altında, 2 saat) çözündürme yöntemleri kullanılarak çoklu dondurma ve çözündürme işlemi uygulanmıştır. Hamsi ve çinekop için sırasıyla $6,21 \pm 0,01$ ve $6,01 \pm 0,02$ olan pH değerleri üçüncü çözündürme işlemi sonunda buzdolabı koşullarında, mikrodalga fırında ve akan su yöntemi ile çözündürülen hamsi balığı için $6,20 \pm 0,01$, $6,24 \pm 0,01$, $6,16 \pm 0,02$ olmuş, bu değerler çinekop için $6,28 \pm 0,01$, $6,22 \pm 0,04$, $6,20 \pm 0,02$ şeklinde belirlenmiştir.

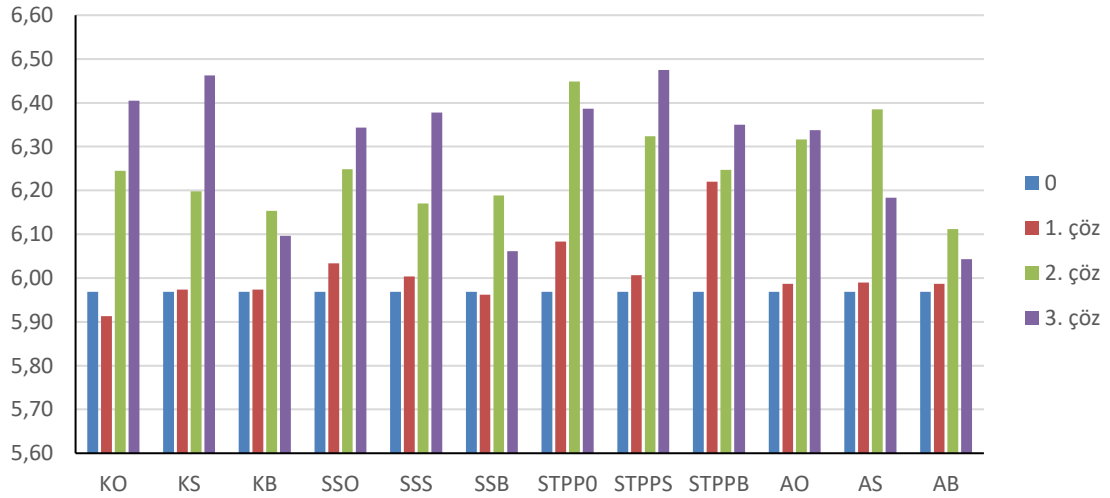
Fan vd. (2009)'un yaptığı bir çalışmada aynalı sazan filetoları %2'lik kitosan ve %1'lik asetik asit çözeltilerine daldırılmış ve -3°C 'de depolanmıştır. Başlangıçta 6,0 olan pH değeri ilk 5 günlük depolamada azalmış fakat 10 günlük depolamadan sonra 30. güne kadar artış göstermiştir. İlk aşamadaki pH azalmasının balık kasındaki CO_2 moleküllerinin çözünmüş halde bulunması ile alakalı olabileceği yine depolamanın daha sonraki günlerindeki pH değerindeki artışa endojen ya da mikrobiyal enzimler ile oluşan uçucu bazların (amonyum, trimetilamin vb.) artışının sebep olduğu bildirilmiştir.

Çalışmamızdaki gibi dondurma çözündürme işlemi arttıkça ve yine uygulanan çözündürme yöntemi farklı olsa bile pH değerindeki artış birçok araştırmacı tarafından desteklenmektedir.

Çizelge 4.9. Balık filetolarının pH değerleri

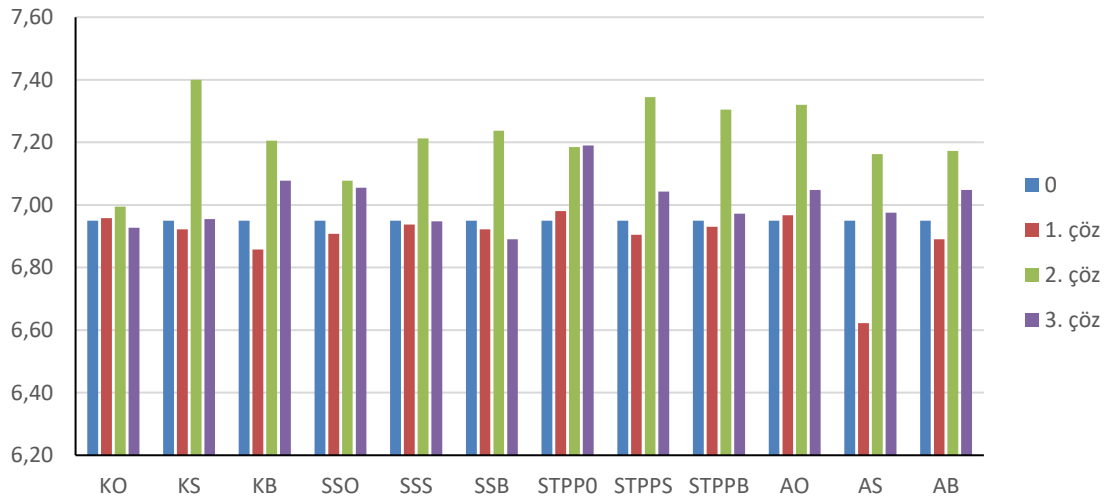
pH	Palamut				Mezgit			
	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz
KO	5,97±0,03	5,91±0,05	6,25±0,16	6,41±0,04	6,95±0,01	6,96±0,00	7,00±0,00	6,93±0,02
KS	5,97±0,03	5,97±0,00	6,20±0,12	6,46±0,02	6,95±0,01	6,92±0,01	7,4±0,01	6,96±0,02
KB	5,97±0,03	5,97±0,00	6,15±0,01	6,10±0,00	6,95±0,01	6,86±0,01	7,21±0,02	7,08±0,01
SSO	5,97±0,03	6,03±0,05	6,25±0,02	6,34±0,02	6,95±0,01	6,91±0,00	7,08±0,01	7,06±0,04
SSS	5,97±0,03	6,00±0,02	6,17±0,11	6,38±0,01	6,95±0,01	6,94±0,00	7,21±0,00	6,95±0,02
SSB	5,97±0,03	5,96±0,07	6,19±0,03	6,06±0,02	6,95±0,01	6,92±0,01	7,24±0,01	6,89±0,01
STPPO	5,97±0,03	6,08±0,07	6,45±0,02	6,39±0,02	6,95±0,01	6,98±0,00	7,19±0,01	7,19±0,02
STPPS	5,97±0,03	6,01±0,08	6,32±0,19	6,48±0,01	6,95±0,01	6,91±0,02	7,35±0,01	7,04±0,00
STPPB	5,97±0,03	6,22±0,04	6,25±0,08	6,35±0,01	6,95±0,01	6,93±0,04	7,31±0,00	6,97±0,01
AO	5,97±0,03	5,99±0,11	6,32±0,06	6,34±0,08	6,95±0,01	6,97±0,01	7,32±0,00	7,05±0,03
AS	5,97±0,03	5,99±0,09	6,39±0,05	6,18±0,10	6,95±0,01	6,62±0,02	7,16±0,01	6,98±0,01
AB	5,97±0,03	5,99±0,07	6,11±0,04	6,04±0,04	6,95±0,01	6,89±0,00	7,17±0,00	7,05±0,01

KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.5. Yağlı balık filetolarının (Palamut) pH değerleri



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STTPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STTPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STTPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.6. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) pH değerleri

4.4. Toplam Çözünür Protein Analizine Ait Bulgular

Yağ oranları farklı iki balık türünün farklı kriyoprotektan ve çözündürme metotları kullanılarak çoklu dondurma ve çözündürme işlemi sonucunda çözünür protein miktarında meydana gelen değişimler analiz edilmiş ve analiz sonuçlarının istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 4.10'da sunulmuştur.

Çizelge 4.10. Balık filetolarının toplam çözünür protein miktarlarının varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Balık türü	1	833517,7253	1697,44**
Dondurma çözündürme döngüsü	3	138695,2912	282,45**
Balık türü x Dondurma çözündürme döngüsü	3	16654,8424	33,92**
Kriyoprotektan çeşidi	3	702,6706	1,43
Balık türü x Kriyoprotektan çeşidi	3	2743,4020	5,59**
Dondurma çözündürme döngüsü x Kriyoprotektan çeşidi	9	1565,5578	3,19**
Çözündürme metodu	2	5780,6918	11,77**
Balık türü x Çözündürme metodu	2	428,0844	0,87
Dondurma çözündürme döngüsü x Çözündürme metodu	6	1953,3498	3,98**
Kriyoprotektan çeşidi x Çözündürme metodu	6	2644,9225	5,39**
Hata	153		

(**) $p < 0,01$ düzeyinde önemli (*) $p < 0,05$ düzeyinde önemli

Balık türündeki farklılık ve dondurma çözündürme döngüsünün çözünür protein miktarına etkisi önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Yine çözündürme yöntemindeki farklılığın çözünür protein miktarına etkisi önemli ($p<0,01$) bulunmuşken, kriyoprotektan kullanımının etkisi önemsiz bulunmuştur. Ortalamalar arasındaki farklılık ise Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile Çizelge 4.11’de sunulmuştur.

Balıklar yağ oranına göre sınıflandırıldığında genellikle %10’un üzerinde yağ içeriğine sahip balıklar ‘yağlı’, %5-10 arasında yağ içeriğindeki ‘orta yağlı’ ve %5’ten daha az yağ içeriğine sahip balıklar ise yağsız olarak belirtilmektedir (Silva ve Chamul 2000).

Başlangıç değeri olarak taze palamut ve mezgitte sırasıyla $370,89\pm1,71$ µg/ml ve $192,51\pm1,62$ µg/ml olduğu tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak dondurma ve çözündürme işlemleri boyunca palamut balığındaki çözünür protein oranı mezgit balığına oranla daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.11. Balık filetolarının toplam çözünür protein miktarlarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	Toplam Çözünür Protein Miktarı (mg/L)
Balık türü	
Palamut	275,08 ^a
Mezgit	143,30 ^b
Dondurma çözündürme döngüsü	
0. Gün	281,70 ^a
1. Çözündürme	213,84 ^b
2. Çözündürme	184,99 ^c
3. Çözündürme	156,24 ^d
Kriyoprotektan çeşidi	
Kontrol	211,71 ^a
Sakkaroz-Sorbitol	205,11 ^a
Sodyum tripolifosfat	206,83 ^a
Sodyum aljinat	213,11 ^a
Çözündürme metodu	
Ortam şartlarında çözündürme	198,83 ^b
Akan suda çözündürme	217,50 ^a
Buzdolabında çözündürme	211,24 ^a

Dondurma ve çözündürme işlemi artması ile toplam çözünür protein miktarı azalma göstermiştir. Kullanılan kriyoprotektan çeşidi bu azalmada herhangi bir etki göstermemiştir. Çözündürme metotları incelendiğinde ise ortam şartlarında çözündürmenin diğer çözündürme metotlarına göre toplam çözünür protein miktarında daha çok azalmaya sebep olduğu tespit edilmiştir.

Proteinlerin çözünürlüğü proteinlerin fonksiyonel özellikleri (örn: jel, köpük emülsiyon oluşturma kabiliyeti ve su bağlama özelliği) ile direkt olarak bağlantılıdır. Bu sebeple proteinlerin ekstrakte edilebilirliği çoklu dondurma ve çözündürme işlemine tabi

tutulmuş balıklarda protein denatürasyonu ve agregasyonu tespit etmek için iyi bir parametredir (Liceaga 2006). Badii ve Howell (2002) dondurulmuş depolama ile hem suda hemde tuzlu suda çözünen proteinlerde azalma meydana geldiğini bildirmektedir. Dondurarak depolanmış mürekkep balığında depolama sürecinde protein çözünürlüğü azalmıştır (Thanonkaew vd. 2008). Benzer şekilde aynalı sazanda üretilmiş balık kroketlerinin 5 ay depolanması sonucunda aylık analizler protein çözünürlüğünün dondurulmuş depolama boyunca azaldığını göstermiştir (Tokur vd. 2006). Dondurma işlemi ve depolama süresince çözünür protein miktarının azalmasının sebebi olarak miyofibrilar proteinlerin denatürasyonu ve agregasyonu gösterilebilmektedir. Literatürde dondurma ve çözündürme sonucu çözünür protein miktarındaki değişimler için farklı bilgiler mevcuttur. Yayın balığında (*Silurus glanis* Linne) yapılan bir çalışmaya göre dondurma çözündürme işlemi arttıkça çözünür protein oranının arttığı tespit edilmiş başlangıçta $12,31 \pm 1,81$ mg/g olan çözünür protein miktarı üçüncü dondurma ve çözündürme işlemi sonunda $14,6 \pm 2,08$ mg/g, beşinci dondurma çözündürme işlemi sonunda ise $15,3 \pm 2,34$ mg/g değerine ulaşmıştır. Buradaki artışın dondurma ile parçalanmış hücre içerisinden serbest kalan çözünür proteinlerin sebep olduğu bildirilmektedir (Benjakul ve Bauer 2001).

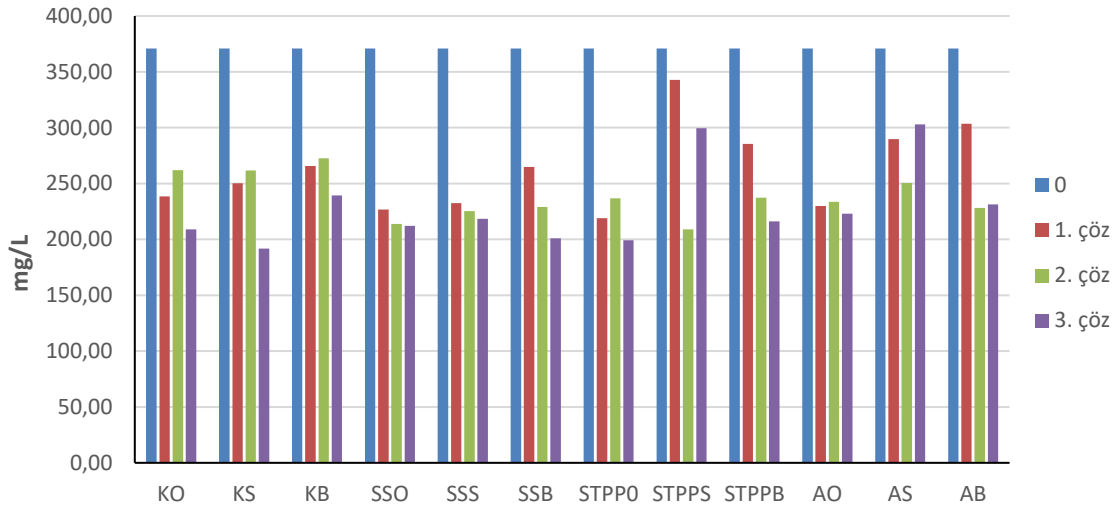
Başka bir çalışmada ise kaplan karidesi (*Penaeus monodon*) hava aklımlı sistemde ve kriyojenik dondurma ve farklı metotlarla (mikrodalg ve buzdolabında) çoklu dondurma ve çözündürme işlemi uygulanmıştır. Çoklu dondurma ve çözündürme ile tuzlu suda çözünen protein miktarının azaltıldığı tespit edilmiştir. Çoklu dondurma ve çözündürme işlemi ile kas proteinleri denatürasyonu ve oluşan serbest yağ asitlerinin kas proteinleri ile etkileşime girmesi sonucu proteinlerin çözünürlüğünün azaldığı bildirilmiştir (Boonsumrej vd. 2007). Mikrodalg ve buzdolabında çözündürülen dondurulmuş sardalya filetoları ile ilgili yapılan bir çalışmada buzdolabında çözündürmenin protein çözünürlüğünü azalttığı bildirilmiştir (Garcia-Arias vd. 2003). Sriket vd. (2007)'nin yaptığı çalışmada farklı tür karideslerde (siyah kaplan karides (*Penaeus monodon*) ve beyaz karides (*Penaeus vannamei*)) çoklu dondurma ve çözündürme işlemi gerçekleştirilmiştir. Çoklu dondurma çözündürme işleminin protein denatürasyonu ve hücre parçalanmasının yanı sıra her iki karideste de kasların yapısal olarak zarar görmesine sebep olduğu tespit edilmiştir. Her iki karides türünde de çoklu dondurma ve çözündürme ile protein çözünürlüğünde azalma tespit edilmiş ve beyaz karidesteki azalmanın siyah kaplan karidese göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Protein çözünürlüğündeki azalmanın, disülfid bağı oluşumu ile alakalı olduğu ve yine kas proteinlerinde oksidatif bozulmanın göstergesi olduğu bildirilmiştir. Yine proteinlerdeki üçüncül yapının bozulması sonucu proteinlerin çapraz bağı formlarının oluşması proteinlerin çözünürlüğünün kaybı göstermektedir. Kingwascharapong ve Benjakul (2016) farklı çözeltilerle muamele ettiği Pasifik beyaz karideslerde çoklu dondurma çözündürme işlemi arttıkça protein çözünürlüğünün azaldığını bildirmiş ve en yüksek protein çözünürlüğü miktarını NaCl-NaOH (%2,5-%0,75) içeren %3 monosodyumglutamat uygulanmış karides grubunda olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışmamız literatür ile benzerlik göstermiş olup dondurma çözündürme döngüsünün artışının çözünür protein miktarını azaltmasını destekler niteliktedir. Farklı çözündürme yöntemleri çözünür protein miktarının azalmasında etkili olmuş buzdolabında ve akan suda çözündürme metotları uygulanmış balık filetoları daha yüksek çözünür protein miktarına sahip olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.12. Balık filetolarının toplam çözünür protein değerleri

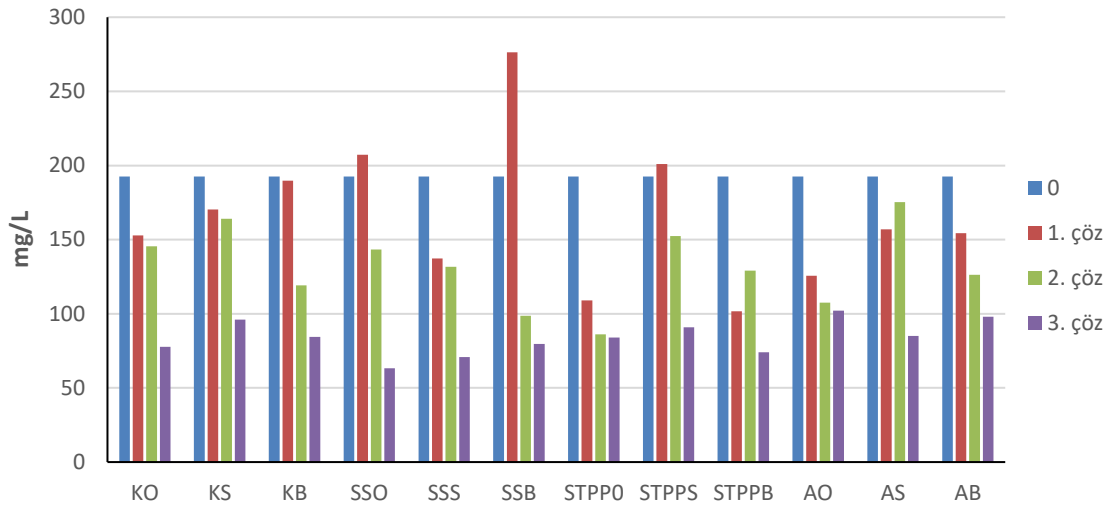
TÇP mg/L	Palamut				Mezgit			
	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz
KO	370,89±1,71	238,43±1,85	262,10±1,73	208,94±1,65	192,51±1,62	152,93±1,42	145,55±1,46	77,72±5,90
KS	370,89±1,71	250,27±0,35	261,70±0,24	191,75±1,18	192,51±1,62	170,24±2,75	164,16±4,23	96,03±0,63
KB	370,89±1,71	265,86±2,78	272,57±3,99	239,22±0,18	192,51±1,62	189,79±1,80	119,18±1,82	84,51±0,81
SSO	370,89±1,71	226,89±3,67	213,84±2,84	212,18±0,58	192,51±1,62	207,23±3,65	143,44±0,29	63,20±0,70
SSS	370,89±1,71	232,61±0,55	225,32±2,59	218,52±1,89	192,51±1,62	137,41±0,29	131,67±1,08	70,72±1,69
SSB	370,89±1,71	264,80±0,20	228,98±1,58	200,84±2,12	192,51±1,62	276,44±6,62	98,64±2,61	79,77±2,96
STPPO	370,89±1,71	219,04±1,15	236,90±1,99	199,17±0,18	192,51±1,62	109,13±2,39	86,16±1,59	84,04±6,59
STPPS	370,89±1,71	342,83±1,85	208,89±1,58	299,52±0,68	192,51±1,62	200,95±5,33	152,37±4,14	90,90±2,43
STPPB	370,89±1,71	285,55±3,29	237,29±2,51	216,09±0,09	192,51±1,62	101,66±2,92	129,15±1,44	74,14±5,83
AO	370,89±1,71	229,84±2,41	233,71±2,25	223,11±1,38	192,51±1,62	125,69±1,13	107,53±2,54	102,22±2,41
AS	370,89±1,71	289,71±0,83	250,65±5,66	302,99±2,30	192,51±1,62	157,03±2,32	175,32±4,41	84,98±2,36
AB	370,89±1,71	303,48±0,33	228,22±1,89	231,35±1,94	192,51±1,62	154,28±0,07	126,38±1,15	97,92±0,18

KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.7. Yağlı balık filetolarının (Palamut) toplam çözünür protein değerleri



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.8. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) toplam çözünür protein değerleri

4.5. Toplam Serbest Amino Asit Analizine Ait Bulgular

Yağlı ve yağsız balık filetolarına ait uygulama grupları ve çoklu dondurma ve çözündürme işlemlerinin toplam serbest amino asit içerikleri üzerine etkisi istatistiksel olarak incelenmiş ve yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.13'te verilmiştir.

Çizelge 4.13. Balık filetolarının toplam serbest amino asit içeriklerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Balık türü	1	78296919,63	25822,5**
Dondurma çözündürme döngüsü	3	43194,39	14,25**
Balık türü x Dondurma çözündürme döngüsü	3	55320,42	18,24**
Kriyoprotektan çeşidi	3	39694,95	13,09**
Balık türü x Kriyoprotektan çeşidi	3	21678,59	7,15**
Dondurma çözündürme döngüsü x Kriyoprotektan çeşidi	9	5914,59	1,95*
Çözündürme metodu	2	2443,21	0,81
Balık türü x Çözündürme metodu	2	4691,23	1,55
Dondurma çözündürme döngüsü x Çözündürme metodu	6	3122,94	1,03
Kriyoprotektan çeşidi x Çözündürme metodu	6	18642,06	6,15**
Hata	153		

(**) $p < 0,01$ düzeyinde önemli (*) $p < 0,05$ düzeyinde önemli

Yağ oranı farklı olan iki farklı balık türünün toplam serbest amino asit içeriğine etkisi önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Başlangıç toplam serbest amino asit içeriği palamut ve mezgıt için sırasıyla $1527,62\pm5,77$ mg/kg ve $168,66\pm1,29$ mg/kg olarak tespit edilmiştir. Dondurma ve çözündürme döngüsü ve kriyoprotektan çeşidi toplam serbest amino asit değerine etkisi önemli ($p<0,01$) bulunmuşken, çözündürme yönteminin etkisi önemsiz kalmıştır. Toplam serbest aminoasit değerleri için ortalamalar arasındaki farklılık ise Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile Çizelge 4.14’de sunulmuştur.

Dondurma çözünürme işleminin artışı ile toplam serbest amino asit düzeyi artış göstermiştir. Sodyum aljinat uygulanmış balık filetolarında serbest aminoasit içeriği diğer uygulama gruplarına göre daha düşük bulunmuştur. Her iki balık türünde üçüncü çözündürme sonunda farklı uygulama grupları en yüksek değerlere ulaşmıştır. Palamut balığında bu değer sodyum tripolifosfat ve suda çözündürme metodu uygulanmış filetolar için $1742,67\pm4,175$ mg/kg mezgıt balığında ise ortam şartlarında çözündürme metodu uygulanmış kontrol grubu için $458,48\pm0,66$ mg/kg olmuştur.

Balık, dengeli ve sağlıklı beslenme için esansiyel amino asit bakımından çok zengin gıda maddelerinden biridir. Aminosit kompozisyonu gıda ürünlerinde çok fazla değişiklik göstermemesine rağmen serbest aminoasit kompozisyonu işleme ve depolama sürecinde oldukça değişiklik göstermektedir. Aminoasit konsantrasyonu balığın avlanma sezonuna ve avlanma öncesi beslenme şekline göre değişiklik gösterebilmektedir (Mohamed vd. 2009).

Çizelge 4.14. Balık filetolarının toplam serbest amino asit içeriklerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	Toplam Serbest Aminoasit Miktarı (mg/kg)
Balık türü	
Palamut	1527,80 ^a
Mezgıt	250,62 ^b
Dondurma çözündürme döngüsü	
0. Gün	848,14 ^c
1. Çözündürme	885,93 ^b
2. Çözündürme	908,25 ^a
3. Çözündürme	914,51 ^a
Kriyoprotektan çeşidi	
Kontrol	902,11 ^a
Sakkaroz-Sorbitol	901,66 ^a
Sodyum tripolifosfat	906,85 ^a
Sodyum aljinat	846,22 ^b
Çözündürme metodu	
Ortam şartlarında çözündürme	882,09 ^a
Akan suda çözündürme	893,21 ^a
Buzdolabında çözündürme	892,32 ^a

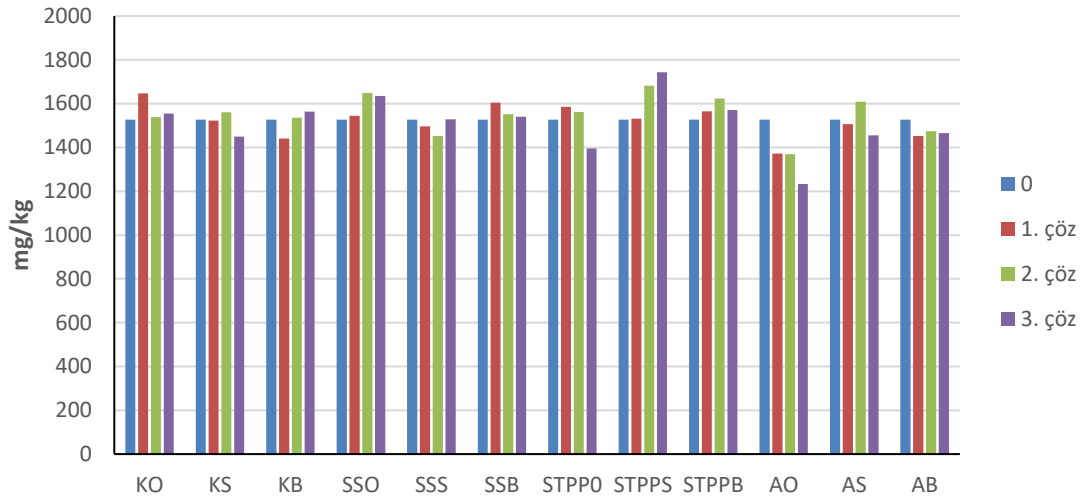
Farklı balık türlerin- 20°C’de dondurarak depolama sırasında serbest amino asit düzeyi ve kompozisyonu ve bunların protein denatürasyonu ile ilişkisinin incelendiği bir çalışmada depolama süresince tuzlu suda çözünen protein miktarında azalma meydana gelmiştir. Serbest amino azot düzeyi orkinos ve sarıkuyruk balıklarında, tekir ve sazana göre daha yüksek bulunmuş 12 haftalık depolama sonunda toplam amino azot miktarı başlangıç değerlerine göre yaklaşık iki katına çıkmıştır. Yüksek oranda tespit edilen serbest amino azot miktarının stabil olmayan kas proteinlerinden ve yine protein denatürasyonundan kaynaklığı tespit edilmiştir (Jiang ve Lee 1985). Sato vd. (2016) palmiye yengecinin hepatopankreasının uzun süreli dondurulmuş depolamanın serbest amino asit miktarını arttırdığını tespit etmişler, bu artışın dondurulmuş depolama boyunca proteinlerin dekompozisyonundan kaynaklandığını bildirmiştir. Mendes vd. (1999) tuzlama işleminin sardalya balıklarında olgunlaşma süresince proteolizis ile birlikte serbest aminoasit düzeyini attırdığını bildirmiştir.

Çalışmamızda çoklu dondurma çözündürme sonucunda balık eti proteinlerinde bozulma meydana gelmiştir. Toplam çözünür protein analiz sonuçlarında da görüldüğü gibi proteinlerin bozulması sebebiyle serbest aminoasit miktarında da artış görülmüştür. Dondurulmuş depolama ya da proteinlerin bozulduğu diğer işleme aşamalarında (tuzlama, marinasyon vb.) serbest amino asit miktarı artış göstermektedir. Çalışma sonuçlarımız literatür ile uyumluluk göstermektedir. Bununla birlikte çözündürme işlemi sonucunda palamut balığında ortam şartlarında çözündürülmüş sodyum aljinat uygulanmış balık filetoları ($1232 \pm 2,75 \text{ mg/kg}$) ve mezgit balığında ise buzdolabında çözündürülmüş kontrol grubu ($238,54 \pm 2,59 \text{ mg/kg}$) ve akan suda çözündürülmüş sakkaroz-sorbitol uygulanmış ($259,93 \pm 8,47 \text{ mg/kg}$) balık filetolarında daha düşük miktarda serbet amino asit içeriği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.15. Balık filetolarının toplam serbest amino asit değerleri

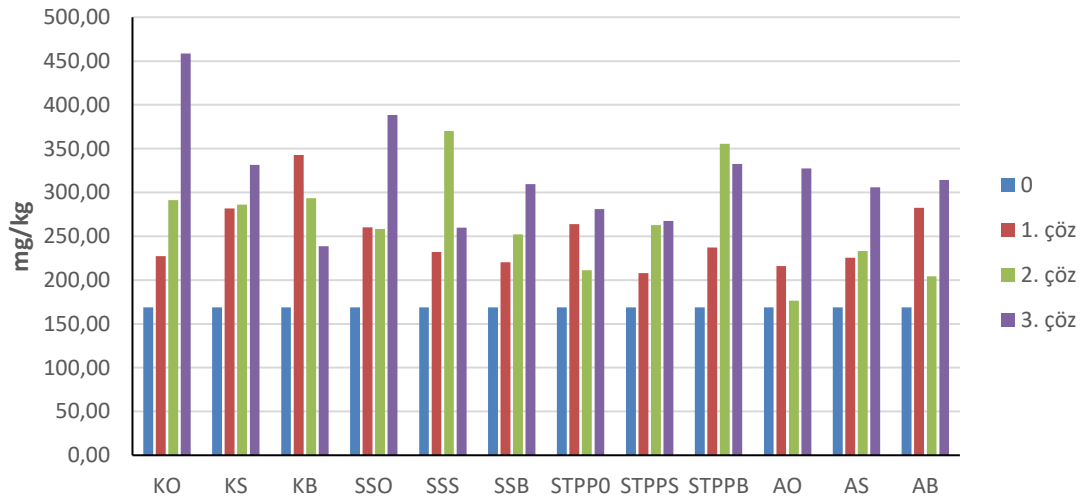
TSA	Palamut				Mezgit			
mg/kg	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz
KO	1527,63±5,77	1646,43±14,68	1538,08±14,63	1554,85±6,65	168,66±1,29	227,15±5,39	291,12±3,47	458,48±0,66
KS	1527,63±5,77	1522,40±17,7	1560,08±4,23	1449,25±4,75	168,66±1,29	281,82±0,88	286,06±0,06	331,54±7,26
KB	1527,63±5,77	1440,45±1,20	1536,15±8,70	1563,38±3,08	168,66±1,29	342,76±4,62	293,26±9,24	238,54±2,59
SSO	1527,63±5,77	1544,95±7,00	1648,08±1,17	1634,6±4,2	168,66±1,29	260,29±9,93	258,28±5,06	388,30±3,08
SSS	1527,63±5,77	1496,00±5,50	1452,00±4,20	1528,45±4,95	168,66±1,29	231,88±4,40	369,99±11,61	259,93±8,47
SSB	1527,63±5,77	1604,35±0,05	1551,28±17,93	1540,55±2,75	168,66±1,29	220,22±1,76	252,18±0,17	309,65±2,97
STPPO	1527,63±5,77	1585,10±18,7	1562,00±16,40	1394,80±1,00	168,66±1,29	263,78±7,48	211,09±6,27	281,05±3,63
STPPS	1527,63±5,77	1531,20±7,40	1681,90±10,40	1742,68±4,17	168,66±1,29	207,85±1,37	262,57±1,21	267,52±1,54
STPPB	1527,63±5,77	1564,48±11,63	1623,05±0,65	1571,08±8,42	168,66±1,29	237,22±2,26	355,47±1,16	332,64±0,66
AO	1527,63±5,77	1371,43±0,27	1369,50±3,80	1232,55±2,75	168,66±1,29	215,93±1,43	176,44±0,66	327,53±4,35
AS	1527,63±5,77	1507,00±1,35	1608,48±11,88	1454,75±6,80	168,66±1,29	225,34±0,28	232,98±0,22	305,91±6,05
AB	1527,63±5,77	1452,00±10,90	1473,73±17,43	1465,75±6,95	168,66±1,29	282,37±2,53	204,27±0,33	314,38±3,08

KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STTPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.9. Yağlı balık filetolarının (Palamut) toplam serbest amino asit değerleri



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STTPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.10. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) toplam serbest amino asit değerleri

4.6. K Değerine Ait Bulgular

Balıklarda depolama süresince oluşan bozulmanın tespitinde kullanılan yöntemlerden biri K değeridir. Balık filetolarında nükleotid yıkım ürünleri tespiti ile belirlenen K değerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.16'da sunulmuştur.

Çizelge 4.16. Balık filetolarının K değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Balık türü	1	141165,5707	7568,61**
Dondurma çözündürme döngüsü	3	1010,9536	54,20**
Balık türü x Dondurma çözündürme döngüsü	3	38,1446	2,05
Kriyoprotektan çeşidi	3	153,9173	8,25**
Balık türü x Kriyoprotektan çeşidi	3	235,2348	12,61**
Dondurma çözündürme döngüsü x Kriyoprotektan çeşidi	9	66,8187	3,58**
Çözündürme metodu	2	52,5067	2,82
Balık türü x Çözündürme metodu	2	2,0963	0,11
Dondurma çözündürme döngüsü x Çözündürme metodu	6	45,1538	2,42*
Kriyoprotektan çeşidi x Çözündürme metodu	6	15,2252	0,82
Hata	153		

(**) $p < 0,01$ düzeyinde önemli (*) $p < 0,05$ düzeyinde önemli

Balık türü, çoklu dondurma ve çözündürme işlemi ve kriyoprotektan kullanımı K değeri üzerinde önemli etkiye sahip olmuştur. Buna karşılık çözündürme metodunun K değeri üzerindeki etkisi önemsiz bulunmuştur. Hesaplanan K değeri ortalamaları arasındaki farklılıklar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile Çizelge 4.17'de sunulmuştur.

Her iki balığın farklı yağ oranına ve boyutlara sahip olması K değerinde farklılığa yol açmış palamut balığı daha yüksek K değerlerine ulaşmıştır. Dondurma ve çözündürme boyunca biyokimyasal olayların devam etmesiyle K değeri artış göstermiş son çözündürme işlemi ile en yüksek K değerlerine ulaşılmıştır. Sodyum tripolifosfat çözeltisine daldırma işlemi balık filetolarında K değeri düşmesine neden olmuştur.

Çizelge 4.17. Balık filetolarının K değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	K Değeri (%)
Balık türü	
Palamut	83,47 ^a
Mezgit	29,24 ^b
Dondurma çözündürme döngüsü	
0. Gün	50,80 ^d
1. Çözündürme	55,01 ^c
2. Çözündürme	58,00 ^b
3. Çözündürme	61,63 ^a
Kriyoprotektan çeşidi	
Kontrol	56,92 ^a
Sakkaroz-Sorbitol	57,84 ^a
Sodyum tripolifosfat	53,75 ^b
Sodyum aljinat	56,92 ^a
Çözündürme metodu	
Ortam şartlarında çözündürme	55,68 ^b
Akan suda çözündürme	56,01 ^{ab}
Buzdolabında çözündürme	57,39 ^a

ATP ve yıkım ürünlerinin tespiti balıklarda depolamada meydana gelen biyokimyasal değişiklikleri ve balıklarda tazelik ile ilgili değerlendirme yapılabilmesini sağlamaktadır. Hipoksantin, ATP yıkımında son ürün olmakla birlikte konsantrasyonu tazelik konusunda önemli bir indikatördür. ATP katabolizması endojenik enzimler ile gerçekleşmektedir, buna rağmen inozinin hidrolizi ve hipoksantin oluşumu bakteriyel enzimler ile meydana gelmektedir (Dalgaard 2000). Bunların dışında duysal özelliklerin kaybının depolama süresince hipoksantin düzeyindeki azalmayla korrelasyon gösterdiği tespit edilmiştir (Greene ve Bematt-Byrne 1990). IMP oluşum oranı türden türe farklılık göstermektedir (Kassemsarn vd. 1963).

Ölümden sonra ATP hızlı bir şekilde IMP'ye indirgenmektedir. Bu durumda hesaplamada ATP, ADP ve AMP değerlerinin olmadığı K_i değeri hesaplanabilmektedir. Fakat bazı balık türlerinde ölümden iki hafta geçmesine rağmen ATP, ADP ve AMP'nin tespit edildiği bildirilmektedir (Karube vd. 1984). Bu gibi durumlarda ise K değerinin hesaplanması daha doğru olmaktadır (Burns vd. 1985).

Nükleotid bileşenleri kullanılarak hesaplanan K değeri tazeliği belirlemede kullanılan önemli parametrelerden biridir.

Bunun dışında K değerinin %20 olması tazelik limiti olmakla birlikte K değerinin %60'ın üzerine çıkması bozulmuşluğu göstermekte ve 'kabul edilemez' limit olarak belirlenmiştir. Taze balıkta K değeri %10'u aşmamakla birlikte depolama sürecindeki artış hızının su ürünlerinde türe göre değişim gösterdiği bildirilmektedir. Ayrıca koyu renkli kaslarda beyaz kasların beş katı kadar hızlı olduğu saptanmıştır (Gökoğlu 2002; Okuma ve Watanabe 2002; Ozoğul vd. 2006). K değerindeki değişim balık türünden, kas

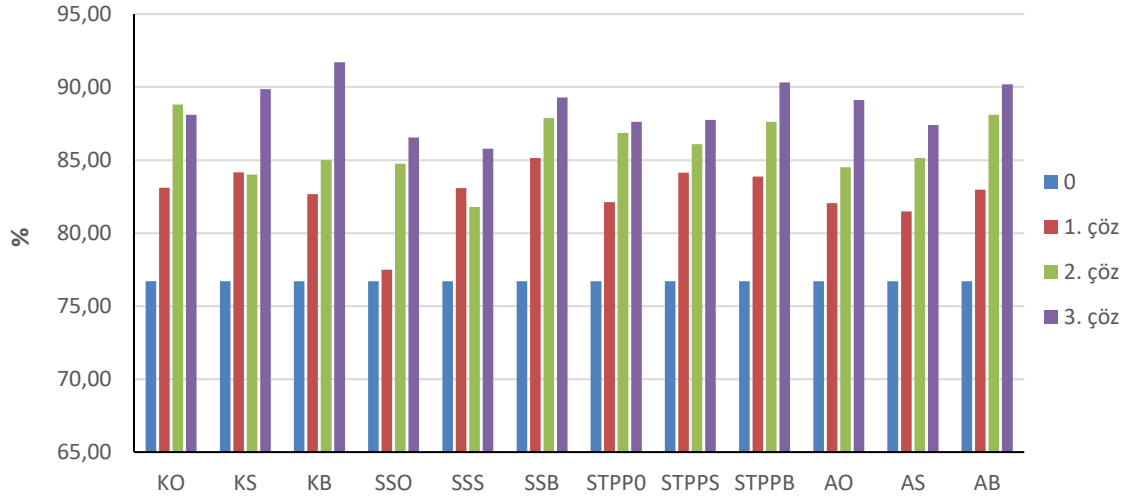
çeşidinden ve depolama koşullarından etkilenmektedir. Buna göre mezgit balığında limit değerler içerisinde olan K değeri palamutta kabul edilemez sınırlara ulaşmıştır. Buna rağmen TMA-N, TVB-N, pH ve biyogen amin değerleri ile birlikte değerlendirildiğinde balıklarda bozulma belirlenmemiştir. Çalışmamızda balık türünün farklı olması K değerinde farklı sonuçların olmasını açıklamaktadır.

Bir çalışmada taze palamutta %48,1 olan K değeri gravata işlemi uygulandıktan sonra %69,6 değerine ulaştığı tespit edilmiştir. Nükleotid yıkım ürünleri ile belirlenen tazelik indikatör indekslerinden olan H değerinin duyusal değerlendirmelerle en iyi korelasyon sağlayan değer olduğu belirlenmiştir (Rzepka vd. 2013). Mørkøre vd. (2010) K değerinin hesaplamasında kullanılan bileşenlerin tespit edilmesinde kullanılan analitik yöntemle K değerinin değişiklik gösterdiğini bildirmiştir. Randell vd. (1999) kâğıt şeritleri kullanılarak yapılan hızlı yöntem ile kıyaslandığında HPLC yönteminin somon filetolarının K değerlerinde 2-3 kat daha fazla sonuç verdiğini bildirmiştir. Dolayısıyla çiğ tüketim için balıkta maksimum K değerinin yanıltıcı olabileceği bu yüzden kullanılan analitik yöntemin belirlenmesi gerektiği bildirilmiştir. Başka bir çalışmada ise bazen K değeri ile duyusal bozulma arasında hiçbir ilişki görülmediği bildirilmiştir (Hattula ve Kiesvaara 1996). Fernandez-Segovia vd. (2012) yaptığı bir çalışmada taze somonun (*Solmo salar*) K değerini $63,36 \pm 2,75$ olarak belirlemişken 60 günlük depolamadan sonra bu değer $71,89 \pm 6,15$ değerine ulaşmıştır. Farklı bir grup olarak 2 kez tabi tutulan dondurma işleminden sonra 60 günlük depolanan somon balığının K değeri $73,16 \pm 3,68$ değerine ulaşmıştır.

Çizelge 4.18. Balık filetolarının K değerleri

K	Palamut				Mezgit			
	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz
KO	76,69±0,26	83,10±0,26	88,80±0,30	88,10±0,53	24,90±0,30	28,87±0,73	33,18±0,56	38,21±0,17
KS	76,69±0,26	84,15±0,06	84,01±0,32	89,86±0,15	24,90±0,30	32,29±0,15	29,48±0,08	27,46±0,08
KB	76,69±0,26	82,67±0,20	84,99±0,05	91,70±0,56	24,90±0,30	25,93±0,05	25,08±0,34	43,51±0,24
SSO	76,69±0,26	77,49±0,19	84,74±0,69	86,55±0,20	24,90±0,30	28,76±0,50	17,20±0,07	56,10±0,44
SSS	76,69±0,26	83,08±0,01	81,78±0,29	85,77±0,59	24,90±0,30	36,17±0,04	30,41±0,74	40,79±0,40
SSB	76,69±0,26	85,15±0,20	87,89±0,14	89,28±0,61	24,90±0,30	26,02±0,21	43,14±0,05	43,01±0,26
STPPO	76,69±0,26	82,13±0,09	86,85±0,20	87,62±0,36	24,90±0,30	12,81±0,22	28,50±1,17	22,80±0,07
STPPS	76,69±0,26	84,12±0,28	86,09±0,00	87,75±0,10	24,90±0,30	18,39±0,04	25,88±0,47	28,36±0,53
STPPB	76,69±0,26	83,87±0,29	87,62±0,45	90,33±0,18	24,90±0,30	25,38±0,18	21,86±0,97	24,95±0,50
AO	76,69±0,26	82,06±0,34	84,50±0,07	89,11±0,14	24,90±0,30	23,99±0,28	38,44±0,22	25,42±0,21
AS	76,69±0,26	81,49±0,10	85,15±0,17	87,40±0,02	24,90±0,30	35,43±0,27	24,01±0,20	36,71±0,23
AB	76,69±0,26	82,97±0,24	88,11±0,07	90,18±0,06	24,90±0,30	33,95±0,05	44,41±0,33	28,05±0,48

KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS, Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STTPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STTPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STTPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.11. Yağlı balık filetolarının (Palamut) K değerleri



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STTPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STTPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STTPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.12. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) K değerleri

4.7. Biyojen Amin Değerlerine Ait Bulgular

Biyojen aminler bitki ve hayvanlarda doğal olarak bulunabilen düşük molekül ağırlıklı organik bazlardır (Mohamed vd. 2009). Biyojen aminler serbest aminoasitlerin dekarboksilasyonu sonucu oluşmaktadır. Depolama sonucu oluşan biyojen amin çeşidi ve miktarı balıktaki serbest amino asit bileşimine, mikrobiyal flora, sıcaklık, paketlenme ve kullanılan antimikrobiyal ajana göre değişiklik göstermektedir (Park vd. 2010).

4.7.1. Agmatin içeriğine ait bulgular

Balık filetolarının agmatin değerlerine ait varyans analiz tablosu ve analiz sonuçları Çizelge 4.19 ve Çizelge 4.21’de sunulmuştur.

Çizelge 4.19. Balık filetolarının agmatin düzeylerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Balık türü	1	51321,99608	3429,12**
Dondurma çözündürme döngüsü	3	2687,20813	179,55**
Balık türü x Dondurma çözündürme döngüsü	3	1956,75432	130,74**
Kriyoprotektan çeşidi	3	238,84005	15,96**
Balık türü x Kriyoprotektan çeşidi	3	256,75454	17,16**
Dondurma çözündürme döngüsü x Kriyoprotektan çeşidi	9	103,42387	6,91**
Çözündürme metodu	2	0,71524	0,05
Balık türü x Çözündürme metodu	2	25,07718	1,68
Dondurma çözündürme döngüsü x Çözündürme metodu	6	15,43592	1,03
Kriyoprotektan çeşidi x Çözündürme metodu	6	20,96138	1,40
Hata	153		

(**) $p < 0,01$ düzeyinde önemli (*) $p < 0,05$ düzeyinde önemli

Varyans analiz tablosu incelendiğinde balık türü dondurma çözündürme döngüsü, kriyoprotektan çeşidi ve etkileşimleri agmatin oluşumu üzerinde önemli ($p < 0,01$) düzeyde etki gösterirken çözündürme metodunun agmatin oluşumu üzerindeki etkisi önemsiz olmuştur. Su ürünlerinde biyojen amin oluşumunda ürünün serbest amino asit miktarı ve kompozisyonu büyük önem taşımaktadır. Bunların dışında biyojen amin oluşumunda dekarboksilaz aktivitesi yüksek olan mikroorganizmanın bulunuşu önemli bir etmendir. Nitekim iki balık türü arasında başlangıç agmatin düzeyleri farklılık göstermektedir. Agmatin oluşumunda arjinin serbest amino asit içeriği önem arz etmektedir. Arjinin amino asidinin dekarboksilasyonu ile agmatin oluşmaktadır. Taze palamutta agmatin miktarı $11,00 \pm 0,17$ mg/mg olurken mezgitte bu değer $35,01 \pm 1,18$ mg/kg olmuştur. Tespit edilen agmatin düzeylerinin ortalamaları arasındaki farklılıklar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile değerlendirilmiş ve Çizelge 4.20 ‘de sunulmuştur.

Balık türleri arasında dondurma çözündürme işlemleri süresince mezgit en yüksek agmatin değerleri mezgitte gözlenmiştir. Dondurma çözündürme işlemi süresince agmatin düzeyi artış göstermiş ve üçüncü çözündürme işlemi sonrası en yüksek agmatin düzeyleri kontrol grubunda gözlenmiştir.

Çizelge 4.20. Balık filetolarının agmatin düzeylerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

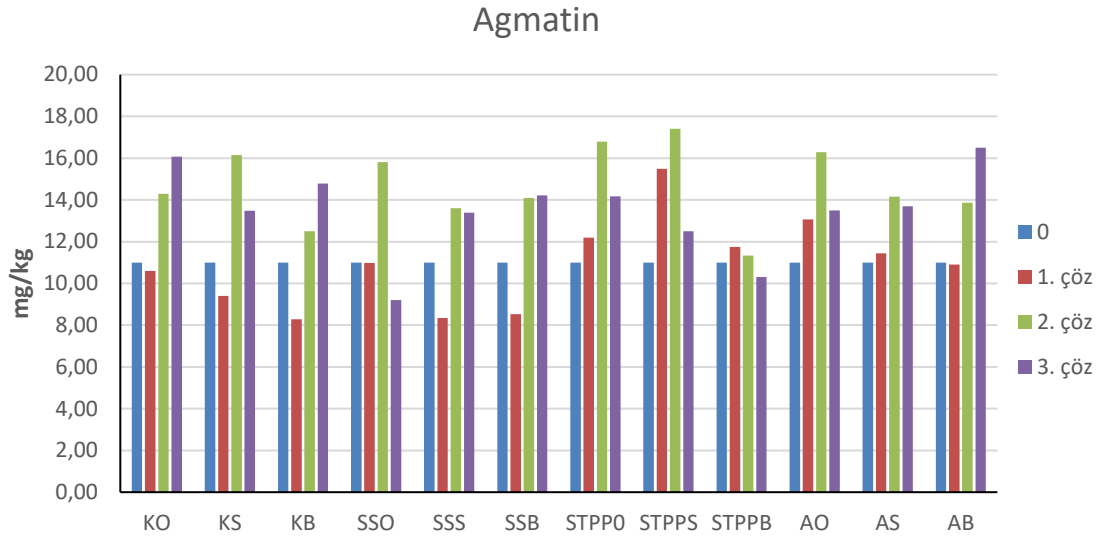
	Agmatin (mg/kg)
Balık türü	
Palamut	12,53 ^b
Mezgit	45,23 ^a
Dondurma çözündürme döngüsü	
0. Gün	23,01 ^c
1. Çözündürme	23,89 ^c
2. Çözündürme	29,32 ^b
3. Çözündürme	39,29 ^a
Kriyoprotektan çeşidi	
Kontrol	32,07 ^a
Sakkaroz-Sorbitol	27,42 ^b
Sodyum tripolifosfat	27,27 ^b
Sodyum aljinat	28,75 ^b
Çözündürme metodu	
Ortam şartlarında çözündürme	28,78 ^a
Akan suda çözündürme	28,86 ^a
Buzdolabında çözündürme	28,99 ^a

Depolama sonunda mezgit filetolarında buzdolabında çözündürülen kontrol grubu örneklerinde agmatin düzeyi 86,81±3,32 mg/kg ulaşırken, palamutta ise sakkaroz-sorbitol çözeltisine daldırılmış ve akan suda çözündürülmüş filetolar 25,89±12,4 mg/kg değerine ulaşmıştır. Özellikle ikinci ve üçüncü çözündürme işlemlerinden sonra palamut balığında agmatin düzeyi artış göstermiştir.

Çizelge 4.21. Balık filetolarının agmatin düzeyleri

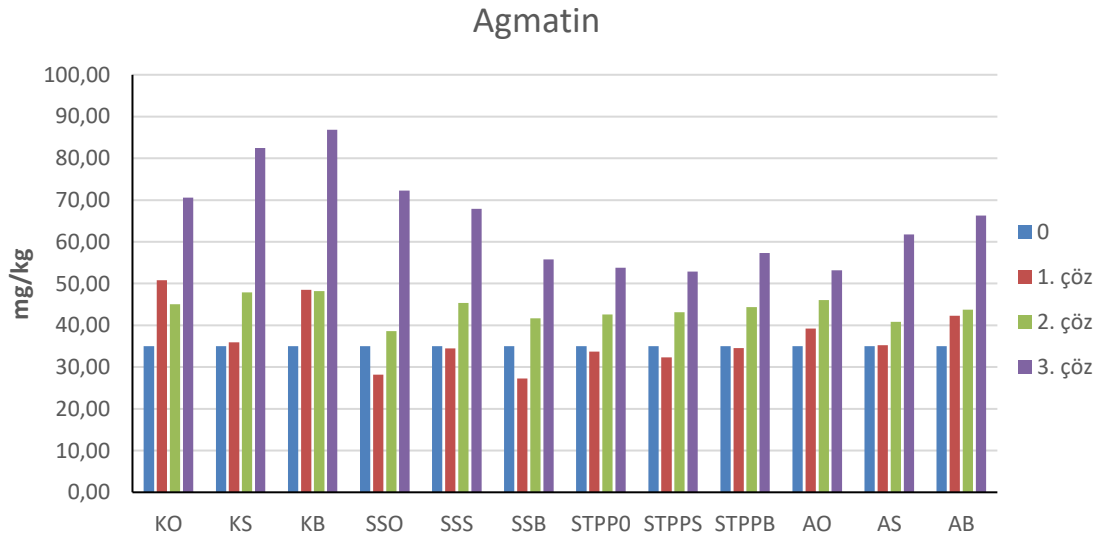
Agmatin (mg/kg)	Palamut				Mezgit			
	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz
KO	11,00±0,17	10,59±0,21	14,29±0,44	16,07±0,81	35,01±1,18	50,78±0,20	45,05±0,24	70,60±0,95
KS	11,00±0,17	9,41±0,36	16,14±0,86	13,48±0,35	35,01±1,18	35,94±1,66	47,86±1,00	82,43±2,98
KB	11,00±0,17	8,28±0,17	12,51±0,01	14,78±0,15	35,01±1,18	48,46±2,26	48,19±0,74	86,81±3,32
SSO	11,00±0,17	10,98±0,06	15,81±0,09	9,20±0,18	35,01±1,18	28,19±1,09	38,64±1,92	72,27±0,97
SSS	11,00±0,17	8,34±0,12	13,61±0,04	25,89±12,4	35,01±1,18	34,50±0,08	45,38±0,39	67,87±6,81
SSB	11,00±0,17	8,53±0,06	14,09±0,86	14,21±0,57	35,01±1,18	27,27±4,74	41,68±1,38	55,79±1,86
STPPO	11,00±0,17	12,20±0,03	16,79±0,45	14,18±0,23	35,01±1,18	33,67±1,64	42,61±1,78	53,78±0,62
STPPS	11,00±0,17	15,49±0,29	17,40±0,42	12,5±0,43	35,01±1,18	32,34±0,31	43,09±2,61	52,86±0,99
STPPB	11,00±0,17	11,75±0,54	11,33±0,31	10,30±0,10	35,01±1,18	34,52±5,10	44,33±2,84	57,28±0,17
AO	11,00±0,17	13,07±0,03	16,29±0,52	13,49±0,06	35,01±1,18	39,25±3,06	46,07±3,62	53,17±4,66
AS	11,00±0,17	11,44±0,37	14,15±0,78	13,7±0,31	35,01±1,18	35,23±2,35	40,80±0,76	61,77±0,69
AB	11,00±0,17	10,91±0,56	13,87±0,08	16,5±0,46	35,01±1,18	42,28±1,11	43,75±3,93	66,30±1,01

KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.13. Yağlı balık filetolarının (Palamut) agmatin düzeyleri



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.14. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) agmatin düzeyleri

4.7.2. 2-feniletilamin içeriğine ait bulgular

Farklı kriyoprotektan ve çözündürme işlemleri uygulanmış yağ oranları farklı iki balık türü filetolarında çoklu dondurma ve çözündürme işlemleri sonrası 2-feniletilamin değerine ait analiz sonuçları istatistiksel olarak incelenmiş ve Çizelge 4.22’de sunulmuştur.

Çizelge 4.22. Balık filetolarının 2-feniletilamin düzeylerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Balık türü	1	275,5447922	925,64**
Dondurma çözündürme döngüsü	3	1,7974477	6,04**
Balık türü x Dondurma çözündürme döngüsü	3	2,0173977	6,78**
Kriyoprotektan çeşidi	3	0,4465866	1,50
Balık türü x Kriyoprotektan çeşidi	3	0,6451450	2,17
Dondurma çözündürme döngüsü x Kriyoprotektan çeşidi	9	0,3234283	1,09
Çözündürme metodu	2	0,5858734	1,97
Balık türü x Çözündürme metodu	2	0,0011547	0,00
Dondurma çözündürme döngüsü x Çözündürme metodu	6	0,2828665	0,95
Kriyoprotektan çeşidi x Çözündürme metodu	6	0,2405804	0,81
Hata	153		

(**) $p < 0,01$ düzeyinde önemli (*) $p < 0,05$ düzeyinde önemli

2-feniletilamin düzeyini balık türü ve çözündürme döngüsü önemli ($p < 0,01$) düzeyde etkilemiştir. Kullanılan kriyoprotektan çeşidi ve çözündürme yönteminin 2-feniletilamin oluşumuna etkisi önemsiz bulunmuştur. Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile ortalamalar arasındaki farklılıklar Çizelge 4.23’te sunulmuştur.

Çizelge 4.23. Balık filetolarının 2-feniletilamin düzeylerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

2-feniletilamin (mg/kg)	
Balık türü	
Palamut	4,32 ^a
Mezgit	1,92 ^b
Dondurma çözündürme döngüsü	
0. Gün	3,02 ^{bc}
1. Çözündürme	3,33 ^a
2. Çözündürme	3,22 ^{ab}
3. Çözündürme	2,91 ^c
Kriyoprotektan çeşidi	
Kontrol	3,22 ^a
Sakkaroz-Sorbitol	3,10 ^a
Sodyum tripolifosfat	3,00 ^a
Sodyum aljinat	3,16 ^a
Çözündürme metodu	
Ortam şartlarında çözündürme	3,22 ^a
Akan suda çözündürme	3,11 ^a
Buzdolabında çözündürme	3,03 ^a

Çizelge 4.24. Balık filetolarının 2-feniletilamin düzeyleri

2-fenil- etilamin (mg/kg)	Palamut				Mezgit			
	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz
KO	4,41±0,11	5,05±0,36	4,77±0,26	3,17±0,3	1,63±0,18	2,71±0,30	2,53±0,08	2,53±0,11
KS	4,41±0,11	5,29±0,97	4,67±0,78	4,02±0,06	1,63±0,18	2,00±0,08	2,13±0,01	1,60±0,06
KB	4,41±0,11	4,58±0,27	4,98±1,23	3,40±1,02	1,63±0,18	1,95±0,27	1,94±0,00	1,91±0,09
SSO	4,41±0,11	4,40±0,14	4,77±0,69	4,14±0,09	1,63±0,18	1,79±0,11	1,41±0,04	3,57±0,28
SSS	4,41±0,11	4,82±0,10	4,21±0,20	3,16±0,03	1,63±0,18	2,66±0,06	1,52±0,02	2,14±0,04
SSB	4,41±0,11	4,34±0,84	3,83±0,61	3,63±0,17	1,63±0,18	1,69±0,14	2,46±0,25	1,69±0,06
STPPO	4,41±0,11	4,93±0,15	4,84±0,02	4,31±0,43	1,63±0,18	1,34±0,07	2,06±0,41	1,65±0,11
STPPS	4,41±0,11	3,80±0,38	4,57±0,19	4,55±0,59	1,63±0,18	2,03±0,10	1,74±0,01	1,76±0,11
STPPB	4,41±0,11	4,79±0,58	3,64±0,40	3,62±0,26	1,63±0,18	1,51±0,14	1,27±0,07	1,43±0,11
AO	4,41±0,11	4,55±0,11	4,18±0,69	4,00±0,24	1,63±0,18	2,03±0,13	2,56±0,05	1,54±0,16
AS	4,41±0,11	4,32±0,71	4,20±0,55	3,68±0,7	1,63±0,18	2,66±0,03	1,46±0,14	2,49±0,06
AB	4,41±0,11	4,27±0,56	4,80±1,09	4,06±0,88	1,63±0,18	2,51±0,09	2,70±0,07	1,70±0,06

KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS, Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

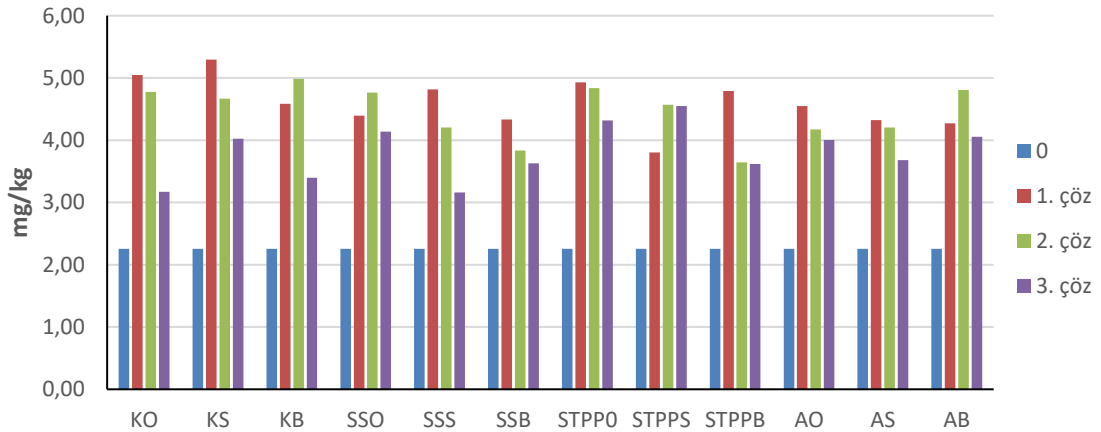
Dondurma çözündürme işlemi süresince 2-feniletilamin düzeyi dalgalanma göstermiştir. Balık kompozisyonu 2-feniletilamin düzeyini önemli derecede etkilemiş olup, yağ içeriği yüksek olan palamutta daha yüksek değerlere ulaşmıştır. Başlangıçta palamut ve mezgitte 4,4±0,11 mg/kg ve 1,63±0,18 mg/kg olan 2-feniletilamin düzeyleri ilk çözündürme sonrası yüksek bulunmuş daha sonraki çözündürmelerde ise düşüş

göstermiştir. Depolama sonunda palamut grubunda en yüksek 2-feniletilamin düzeyi suda çözündürülmüş sodyum tripolifosfat uygulanmış balık filetolarında ($4,55 \pm 0,59$ mg/kg) en düşük düzey ise suda çözündürülmüş sakkaroz-sorbitol ($3,16 \pm 0,03$ mg/kg) uygulanmış balık filetolarında tespit edilmiştir. Mezgit filetolarında ise ortam şartlarında çözündürülmüş sakkaroz-sorbitol çözeltilerine daldırılmış balık filetolarında en yüksek ($3,57 \pm 0,28$ mg/kg), buzdolabında çözündürülmüş sodyum tripolifosfat uygulanmış balık filetolarında ise en düşük düzeyde ($1,43 \pm 0,11$ mg/kg) 2-feniletilamin içeriği tespit edilmiştir.

2-feniletil amin aromatik yapıdaki biyojen aminlerden biri olmakla birlikte fenilalanin amino asidinin dekarboksilasyonu sonucu oluşmaktadır (Özoğul vd. 2004; Silla-Santos 1996).

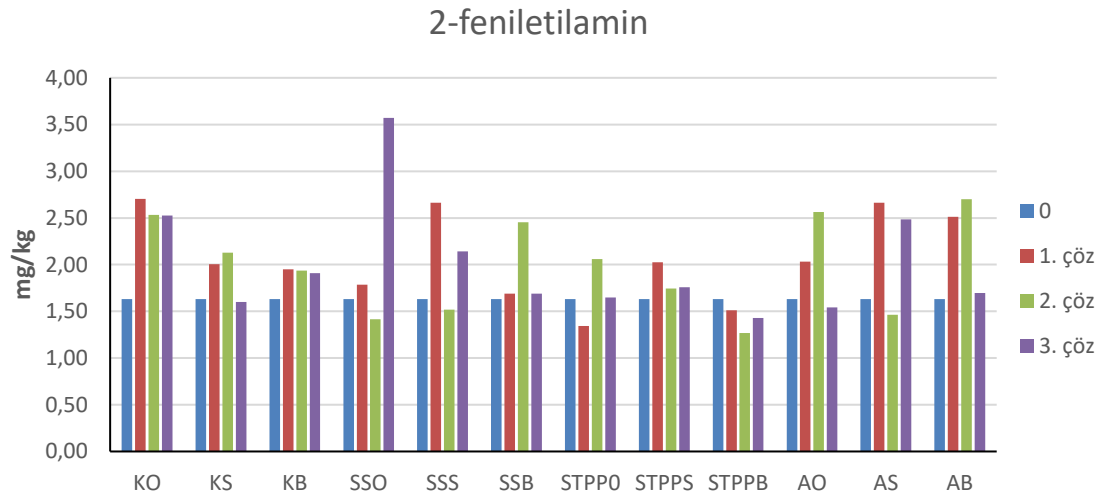
Hong vd. (2013) farklı şekillerde dondurma yöntemleri kullandıkları sazan balıklarının (*Aristichthys nobilis*) baş kısımlarının 3 ay depoladıktan sonra buzda depolamaya devam etmişler ve biyojen amin değişimlerini incelemişlerdir. Depolama başında sadece -40°C 'de 12 saat dondurulmuş ardından -18°C 'de 3 ay depolanmış örneklerde $0,65 \pm 0,17$ mg/kg 2-feniletilamin düzeyi tespit edilirken, depolamanın sonunda en yüksek düzey ($3,4 \pm 0,010$ mg/kg) kontrol grubunda tespit edilmiştir.

2-feniletilamin



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPP0: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.15. Yağlı balık filetolarının (Palamut) 2-feniletilamin düzeyleri



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STTPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.16. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) 2-feniletilamin düzeyleri

4.7.3. Putresin içeriğine ait bulgular

Putresin, kadaverin, spermin ve spermidin amino asitleri alifatik yapıdaki biyojen aminlerdir. Balıkta yapısal olarak bulunmakla birlikte nükleik asit ve protein sentezinin düzenlenmesinde ve membranların stabilizasyonunda önem arz etmektedirler (Silla Santos 1996). Putresin oluşumunda ornitin amino asidinin bakteriyel dekarboksilasyonu rol oynamaktadır. Bunun dışında agmatin oluşumuna sebep olan arjiinin amino asidi de putresin oluşturan ornitini oluşturmaktadır.

Farklı kriyoprotektan ve çözündürme işlemleri uygulanmış farklı vücut kompozisyonuna sahip iki balık türünde çoklu dondurma ve çözündürme işlemleri sonucunda Putresin düzeyine ait analiz sonuçları istatistiksel olarak incelenmiş ve Çizelge 4.25'te sunulmuştur.

Çizelge 4.25. Balık filetolarının putresin düzeylerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Balık türü	1	71,05333333	368,73**
Dondurma çözündürme döngüsü	3	6,52596111	33,87**
Balık türü x Dondurma çözündürme döngüsü	3	1,65790556	8,60**
Kriyoprotektan çeşidi	3	1,79124861	9,30**
Balık türü x Kriyoprotektan çeşidi	3	0,20137917	1,05
Dondurma çözündürme döngüsü x Kriyoprotektan çeşidi	9	0,55630231	2,89**
Çözündürme metodu	2	0,08757240	0,45
Balık türü x Çözündürme metodu	2	0,66178490	3,43*
Dondurma çözündürme döngüsü x Çözündürme metodu	6	0,27679392	1,44
Kriyoprotektan çeşidi x Çözündürme metodu	6	0,70341684	3,65**
Hata	153		

(**) $p < 0,01$ düzeyinde önemli (*) $p < 0,05$ düzeyinde önemli

Balık türü, dondurma çözündürme işlemleri ve kriyoprotektan çeşidi putresin değerini önemli ($p < 0,01$) düzeyde etkilerken çözündürme metodunun putresin değeri üzerinde etkisi önemli bulunmuştur. Çizelge 4.26’da sunulan ortalamalara ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre palamut filetolarında mezgit filetolarına göre daha yüksek putresin içeriği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.26. Balık filetolarının putresin düzeylerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	Putresin (mg/kg)
Balık türü	
Palamut	2,62 ^a
Mezgit	1,41 ^b
Dondurma çözündürme döngüsü	
0. Gün	2,54 ^a
1. Çözündürme	1,98 ^b
2. Çözündürme	1,86 ^b
3. Çözündürme	1,68 ^c
Kriyoprotektan çeşidi	
Kontrol	1,97 ^b
Sakkaroz-Sorbitol	2,25 ^a
Sodyum tripolifosfat	1,79 ^c
Sodyum aljinat	2,04 ^b
Çözündürme metodu	
Ortam şartlarında çözündürme	1,97 ^a
Akan suda çözündürme	2,03 ^a
Buzdolabında çözündürme	2,04 ^a

Çözündürme işleminin artmasıyla putresin içeriğinde azalma meydana gelmiştir. Çözündürme işlemleri boyunca en yüksek putresin içeriği sakkaroz-sorbitol uygulanmış balık filetolarında tespit edilirken en düşük putresin içeriği sodyum tripolifosfat çözeltisine daldırılmış balık filetolarında tespit edilmiştir.

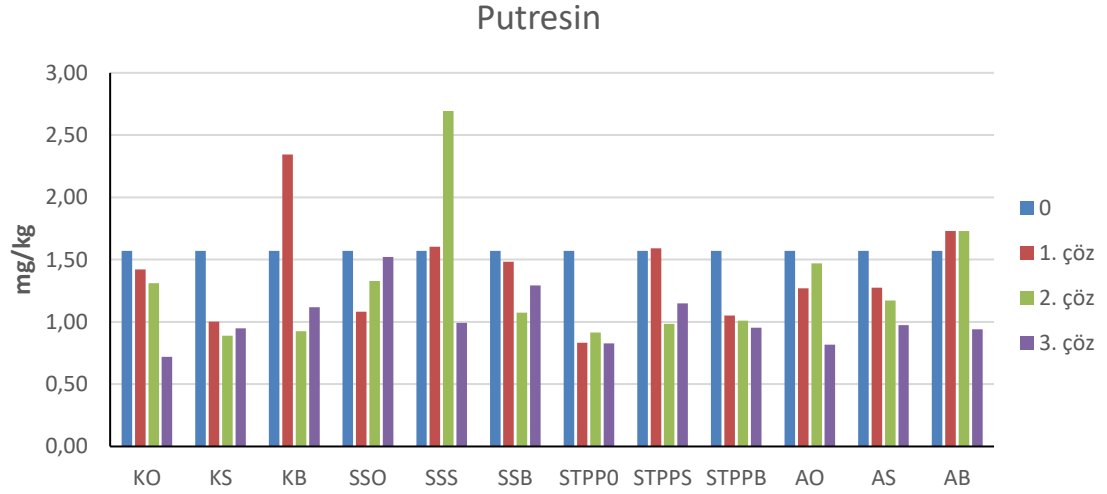
Yapılan bir çalışmada farklı dondurma yöntemleri ile dondurulmuş sazan balıklarının (*Aristichthys nobilis*) baş kısımlarının putresin içerikleri 18 günlük depolama süresince 0-8 mg/kg değerleri arasında kalmış olup, uygulama grupları arasında istatistiksel olarak bir fark tespit edilmemiştir ($p < 0,05$) (Hong vd. 2013).

Cai vd. (2014) soğukta depolanan Japon levrek filetolarının kadaverin miktarının artış gösterdiğini tespit etmiş ve en yüksek kadaverin içeriğine kontrol grubunun ($23,75 \pm 1,39$ mg/kg) ulaştığını bildirmiştir. Ben-Gigirey vd. (1998)'in gerçekleştirdiği bir araştırmada farklı sıcaklıklarda (-25°C ve -18°C) depolanan beyaz ton balığı (*Thunnus alalunga*) örneklerinin putresin düzeyinde depolamanın altıncı ayının sonuna kadar düşüş olduğu ve -25°C ve -18°C de depolanan örneklerin sırasıyla 1,98 ve 3,28 mg/kg putresin içeriğine düştüğü, depolamanın dokuzuncu ayında ise bu değerlerin sırasıyla 59,04 ve 68,26 mg/kg değerine ulaştığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.27. Balık filetolarının putresin düzeyleri

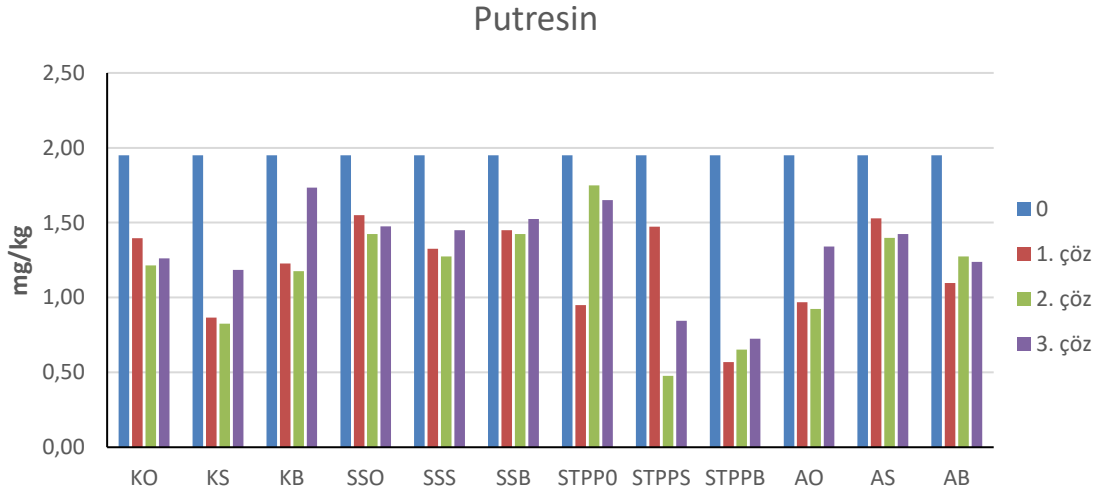
Putresin (mg/kg)	Palamut				Mezgit			
	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz
KO	3,12±0,02	2,83±0,01	2,62±0,00	1,45±0,00	1,95±0,05	1,40±0,04	1,22±0,02	1,26±0,02
KS	3,12±0,02	2,05±0,05	1,77±0,01	1,88±0,01	1,95±0,05	0,87±0,02	0,83±0,03	1,19±0,10
KB	3,12±0,02	4,59±0,09	1,85±0,01	2,23±0,00	1,95±0,05	1,23±0,12	1,18±0,03	1,73±0,05
SSO	3,12±0,02	2,16±0,01	2,68±0,02	3,02±0,02	1,95±0,05	1,55±0,05	1,43±0,03	1,48±0,03
SSS	3,12±0,02	3,18±0,03	5,37±0,02	1,98±0,00	1,95±0,05	1,33±0,03	1,28±0,03	1,45±0,05
SSB	3,12±0,02	2,88±0,08	2,12±0,02	2,58±0,01	1,95±0,05	1,45±0,05	1,43±0,03	1,53±0,03
STPPO	3,12±0,02	1,66±0,01	1,81±0,01	1,65±0,01	1,95±0,05	0,95±0,07	1,75±0,05	1,65±0,05
STPPS	3,12±0,02	3,14±0,04	1,96±0,01	2,29±0,01	1,95±0,05	1,47±0,06	0,48±0,04	0,85±0,06
STPPB	3,12±0,02	2,13±0,02	2,01±0,01	1,90±0,01	1,95±0,05	0,57±0,05	0,65±0,03	0,73±0,03
AO	3,12±0,02	2,53±0,01	2,92±0,02	1,63±0,00	1,95±0,05	0,97±0,04	0,92±0,05	1,34±0,04
AS	3,12±0,02	2,53±0,03	2,35±0,00	1,94±0,01	1,95±0,05	1,53±0,06	1,40±0,07	1,43±0,03
AB	3,12±0,02	3,43±0,03	3,45±0,01	1,87±0,01	1,95±0,05	1,10±0,03	1,28±0,03	1,24±0,02

KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STTPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.17. Yağlı balık filetolarının (Palamut) putresin düzeyleri



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STTPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.18. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) putresin düzeyleri

4.7.4. Kadaverin içeriğine ait bulgular

Kadaverin lizin aminoasidinin dekarboksilasyonu ile oluşan biyojen amindir (Silla Santos 1996). Putresin ve kadaverinin bir diğer biyojen amin olan histamin toksisitesini arttırdığı bilinmektedir (Özoğul vd. 2004)

Çalışmamızda farklı yağ içeriğine sahip iki balık türünün farklı kriyoprotektan kullanılarak çoklu dondurma ve çözündürme işlemine tabi tutulup farklı yöntemlerle çözündürülmesi sonucunda balık filetolarında kadaverin düzeyinde meydana gelen değişimler incelenmiş olup, istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 4.28’de sunulmuştur.

Çizelge 4.28. Balık filetolarının kadaverin düzeylerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Balık türü	1	29,79900833	521,44**
Dondurma çözündürme döngüsü	3	10,84161250	189,71**
Balık türü x Dondurma çözündürme döngüsü	3	19,02789306	332,96**
Kriyoprotektan çeşidi	3	0,09974722	1,75
Balık türü x Kriyoprotektan çeşidi	3	1,24204722	21,73**
Dondurma çözündürme döngüsü x Kriyoprotektan çeşidi	9	0,22059028	3,86**
Çözündürme metodu	2	0,04650469	0,81
Balık türü x Çözündürme metodu	2	0,38842552	6,80**
Dondurma çözündürme döngüsü x Çözündürme metodu	6	0,06264635	1,10
Kriyoprotektan çeşidi x Çözündürme metodu	6	0,12002066	2,10
Hata	153		

(**) $p < 0,01$ düzeyinde önemli (*) $p < 0,05$ düzeyinde önemli

Gerçekleştirilen varyans analizine göre kadaverin içeriğini balık türü ve dondurma çözündürme döngüsü önemli ($p < 0,01$) düzeyde etkilemiştir. Buna karşılık kriyoprotektan kullanımı ve çözündürme yönteminin kadaverin düzeyi üzerindeki etkisi önemsiz bulunmuştur. Elde edilen ortalamalar arasındaki farklılık Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile belirlenmiş olup, sonuçlar Çizelge 4.29’da sunulmuştur.

Çizelge 4.29. Balık filetolarının kadaverin düzeylerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	Kadaverin (mg/kg)
Balık türü	
Palamut	0,21 ^b
Mezgit	1,00 ^a
Dondurma çözündürme döngüsü	
0. Gün	1,29 ^a
1. Çözündürme	0,59 ^b
2. Çözündürme	0,27 ^c
3. Çözündürme	0,29 ^c
Kriyoprotektan çeşidi	
Kontrol	0,64 ^a
Sakkaroz-Sorbitol	0,55 ^a
Sodyum tripolifosfat	0,59 ^a
Sodyum aljinat	0,65 ^a
Çözündürme metodu	
Ortam şartlarında çözündürme	0,63 ^a
Akan suda çözündürme	0,61 ^a
Buzdolabında çözündürme	0,58 ^a

Çalışmamızda kullanılan balıklardan mezgit balığı palamuta göre daha yüksek Kadaverin içeriğine sahip olmuştur. Başlangıçta palamutta kadaverin tespit edilmezken çözündürme işlemleri sonrası kadaverin oluşumu tespit edilmiştir. Buna karşılık üçüncü çözündürme işlemleri sonunda en yüksek kadaverin içeriği kontrol grubu örneklerinde tespit edilmiştir. Kriyoprotektan uygulanmış balık filetolarında kontrol grubuna göre daha düşük kadaverin içeriği tespit edilmiş fakat çözündürme işlemleri süresince kadaverin içeriği dalgalanma göstermiştir. Palamut balığının aksine mezgitte ise başlangıçta $2,57 \pm 0,05 \text{ mg/kg}$ tespit edilen kadaverin miktarı çözündürme işlemleri ile azalma göstermiştir. Üçüncü çözündürme sonunda kontrol ve sakkaroz-sorbitol çözeltilerine daldırılmış balık filetolarında kadaverin tespit edilememiştir.

Farklı dondurma yöntemleri kullanılarak 3 ay depolanan büyükbaş sazan balıklarının (*Aristichthys nobilis*) kafa kısımlarının 18 günlük buzda depolanması sonucu kadaverin düzeyi söz konusu uygulama gruplarında (kontrol grubu, -40°C 'de dondurulan ve 3 ay depolanan, -40°C 'de 12 saat dondurulmuş daha sonra -18°C 'de 3 ay depolanmış ve -18°C 'de dondurulup 3 ay depolanan) sırasıyla 8,6, 6,1, 16,7 ve 21,9 mg/kg olarak tespit edilmiştir (Hong vd. 2013).

Benzer bir çalışmada farklı sıcaklıklarda dondurulan ve depolanan Japon levrek filetolarında depolama süresince kadaverin miktarı artış göstermiştir. Başlangıçta $1,30 \pm 0,15 \text{ mg/kg}$ olan kadaverin düzeyi -18°C 'de 3 ay depolama sonunda en yüksek değere ulaşmıştır ($20,41 \pm 1,00 \text{ mg/kg}$) (Cai vd. 2014).

Ben-Gigirey vd. (1998)'in gerçekleştirdiği çalışmada farklı sıcaklıklarda (-25°C ve -18°C) depolanan ton balığı (*Thunnus alalunga*) örneklerinde depolama süresince

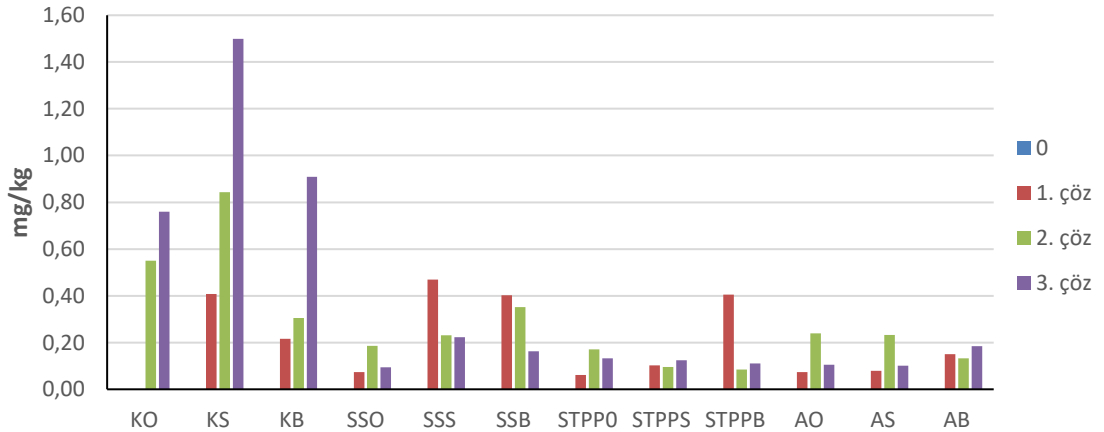
kadaverin düzeyi 3. aya kadar artış göstermiş daha sonra düşüş göstermiştir. 9 aylık depolama sonunda kadaverin düzeyi -25°C ve -18°C 'de depolanan balık örneklerinde sırasıyla 2,64 mg/kg (başlangıç değerinin %86,5'i) ve 1,72 mg/kg (başlangıç değerinin %56,4'ü) değerlerine düşmüştür.

Çizelge 4.30. Balık filetolarının kadaverin düzeyleri

Kadaverin (mg/kg)	Palamut				Mezgit			
	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz
KO	0,00±0,00	0,00±0,00	0,55±0,05	0,76±0,00	2,57±0,05	1,20±0,10	0,00±0,00	0,00±0,00
KS	0,00±0,00	0,41±0,01	0,84±0,00	1,50±0,00	2,57±0,05	0,37±0,01	0,00±0,00	0,00±0,00
KB	0,00±0,00	0,22±0,02	0,31±0,01	0,91±0,01	2,57±0,05	0,48±0,12	0,00±0,00	0,00±0,00
SSO	0,00±0,00	0,07±0,00	0,19±0,01	0,09±0,00	2,57±0,05	1,61±0,01	0,00±0,00	0,00±0,00
SSS	0,00±0,00	0,47±0,02	0,23±0,00	0,22±0,00	2,57±0,05	1,00±0,08	0,00±0,00	0,00±0,00
SSB	0,00±0,00	0,40±0,00	0,35±0,00	0,16±0,00	2,57±0,05	0,75±0,05	0,00±0,00	0,00±0,00
STPPO	0,00±0,00	0,06±0,00	0,17±0,00	0,13±0,00	2,57±0,05	1,96±0,01	0,52±0,01	0,36±0,07
STPPS	0,00±0,00	0,10±0,00	0,10±0,01	0,12±0,00	2,57±0,05	0,85±0,06	0,34±0,03	0,32±0,04
STPPB	0,00±0,00	0,41±0,01	0,09±0,01	0,11±0,00	2,57±0,05	0,12±0,04	0,28±0,00	0,40±0,04
AO	0,00±0,00	0,07±0,00	0,24±0,00	0,11±0,01	2,57±0,05	0,74±0,03	0,41±0,02	0,78±0,06
AS	0,00±0,00	0,08±0,00	0,23±0,00	0,10±0,00	2,57±0,05	0,86±0,07	0,83±0,09	0,20±0,01
AB	0,00±0,00	0,15±0,00	0,13±0,00	0,18±0,00	2,57±0,05	1,67±0,12	0,80±0,04	0,39±0,01

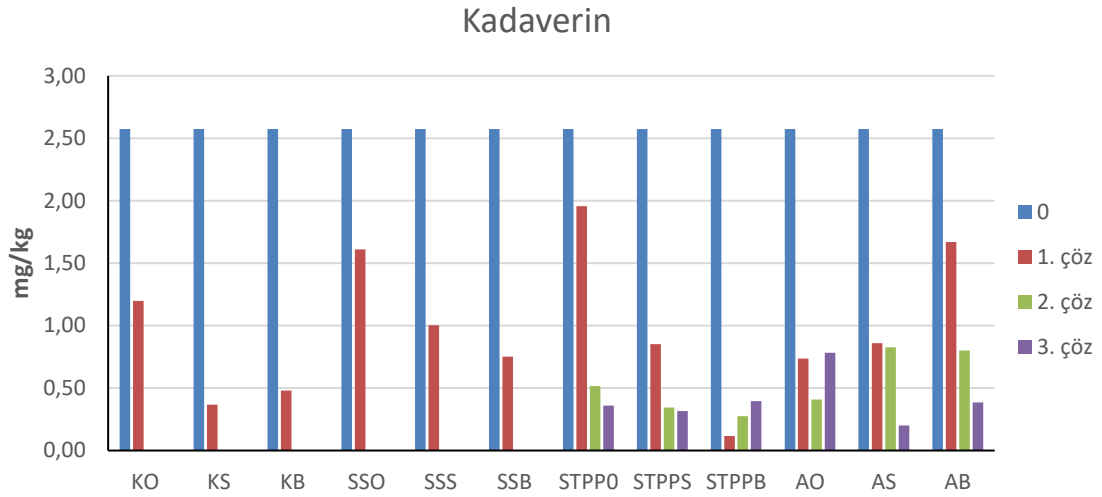
KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Kadaverin



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.19. Yağlı balık filetolarının (Palamut) kadaverin düzeyleri



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STTPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.20. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) kadaverin düzeyleri

4.7.5. Spermidin içeriğine ait bulgular

Spermin ve spermidin gıdalarda yapısal olarak bulunan biyogen aminlerdir. Çalışmamızda kullanılan farklı kriyoprotektanlarla muamele edilmiş ve farklı metotlarla çözündürülmüş mezgit ve palamut balıklarının spermidin içeriğine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.31’de sunulmuştur.

Çizelge 4.31. Balık filetolarının spermidin düzeylerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Balık türü	1	1644,786675	774,41**
Dondurma çözündürme döngüsü	3	36,728562	17,29**
Balık türü x Dondurma çözündürme döngüsü	3	28,233526	13,29**
Kriyoprotektan çeşidi	3	4,934487	2,32
Balık türü x Kriyoprotektan çeşidi	3	1,712490	0,81
Dondurma çözündürme döngüsü x Kriyoprotektan çeşidi	9	1,208397	0,57
Çözündürme metodu	2	2,411407	1,14
Balık türü x Çözündürme metodu	2	3,991083	1,88
Dondurma çözündürme döngüsü x Çözündürme metodu	6	1,485050	0,70
Kriyoprotektan çeşidi x Çözündürme metodu	6	0,856477	0,40
Hata	153		

(**) $p < 0,01$ düzeyinde önemli (*) $p < 0,05$ düzeyinde önemli

Spermidin içeriğini balık türü ve çözündürme döngüsü önemli düzeyde ($p<0,01$) etkilerken kriyoprotektan çeşidi ve çözündürme yönteminin etkisi önemsiz bulunmuştur. Çizelge. 4.33'te spermidin düzeyleri ve Çizelge 4.32'de ise bu değerlere ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları sunulmuştur.

Çalışmamızda palamut balığının spermidin içeriği mezgitte göre daha yüksek bulunmuş olup, başlangıçta palamutta $11,71\pm2,81$ mg/kg mezgitte ise $4,96\pm0,06$ mg/kg olarak tespit edilmiştir. Spermidin içeriği palamutta çözündürme işlemleri ile azalmıştır. Mezgitte ise spermidin içeriği dalgalanma göstermiş olup üçüncü çözündürme işleminden sonra başlangıça göre daha düşük spermidin içeriği tespit edilmiştir. Kriyoprotektan kullanımı ve farklı çözündürme yöntemleri uygulama grupları arasında farklılık oluşturmamıştır.

Hong vd. (2013) yaptığı bir çalışmada spermidin içeriği depolamanın 0-3. günleri arasında değişim göstermemiş daha sonra elde edilen değerler kontrol grubundan daha düşük bulunmuştur. Cai vd. (2014) farklı sıcaklıklarda dondurup depoladıkları Japon levrek balıklarında soğukta depolama süresince spermidin miktarında dalgalanma olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 4.32. Balık filetolarının spermidin düzeylerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

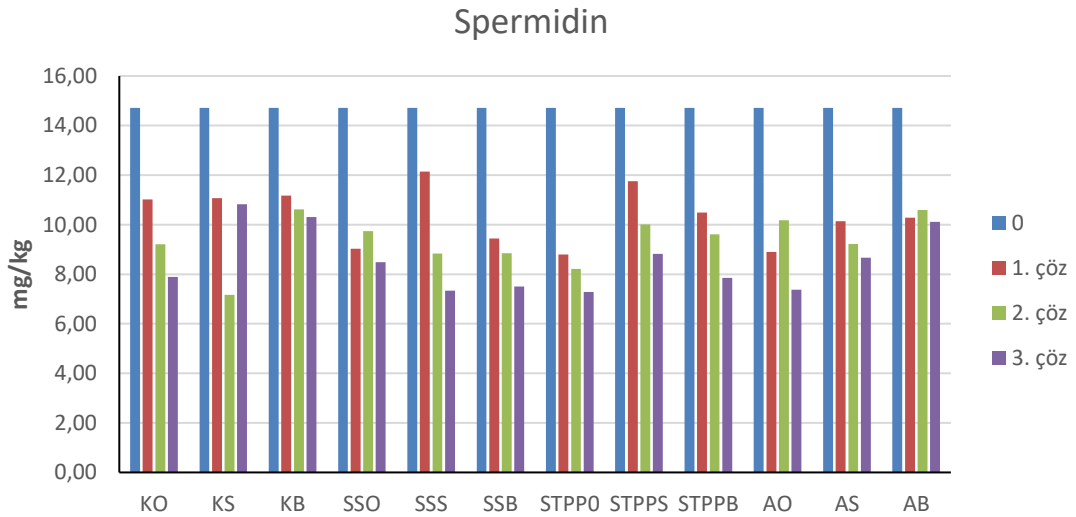
	Spermidin (mg/kg)
Balık türü	
Palamut	9,99 ^a
Mezgit	4,13 ^b
Dondurma çözündürme döngüsü	
0. Gün	8,34 ^a
1. Çözündürme	6,59 ^b
2. Çözündürme	6,90 ^b
3. Çözündürme	6,41 ^b
Kriyoprotektan çeşidi	
Kontrol	7,46 ^a
Sakkaroz-Sorbitol	7,02 ^{ab}
Sodyum tripolifosfat	6,68 ^b
Sodyum aljinat	7,10 ^{ab}
Çözündürme metodu	
Ortam şartlarında çözündürme	6,89 ^a
Akan suda çözündürme	7,01 ^a
Buzdolabında çözündürme	7,27 ^a

Ben-Gigirey vd. (1998)'in gerçekleştirdiği bir çalışmada farklı sıcaklıklarda (-25°C ve -18°C) depolanan ton balığı (*Thunnus alalunga*) örneklerinde 9 aylık depolama süresince spermidin düzeyindeki değişim araştırılmıştır. Başlangıçta 119,3 mg/kg olan spermidin düzeyi, depolamanın 6 aylık sürecinde 110 ve 128 mg/kg arasında değişim göstermiştir. Depolama sonunda Spermidin miktarı -25°C ve -18°C depolama sıcaklıklarında depolanan balıklarda sırasıyla 93,71 ve 81,89 mg/kg olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.33. Balık filetolarının spermidin düzeyleri

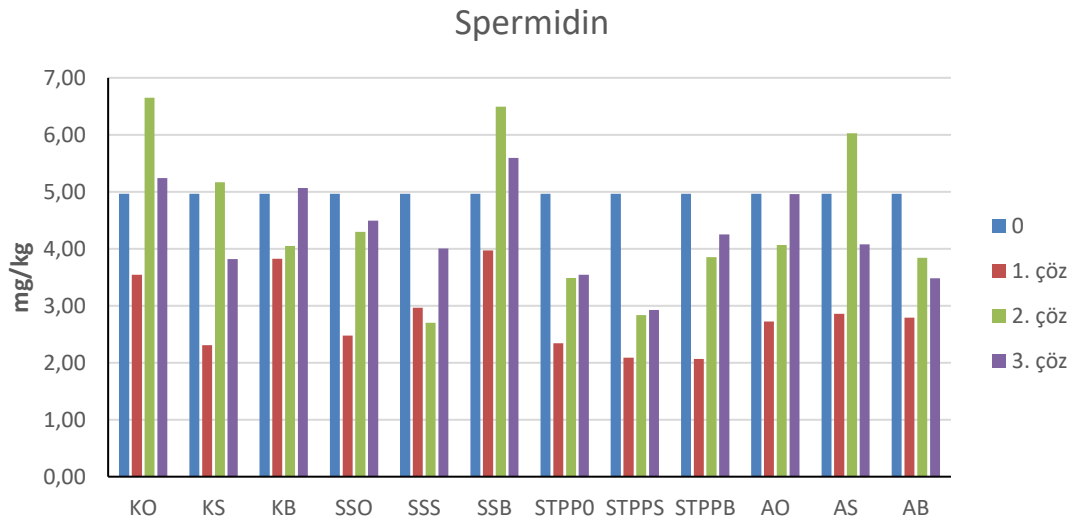
Spermidin (mg/kg)	Palamut				Mezgit			
	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz
KO	11,71±2,81	11,02±0,81	9,21±0,74	7,89±0,87	4,96±0,06	3,54±0,01	6,65±0,03	5,24±0,15
KS	11,71±2,81	11,07±0,20	7,17±0,07	10,82±1,06	4,96±0,06	2,31±0,00	5,17±0,54	3,82±0,05
KB	11,71±2,81	11,17±0,58	10,61±1,13	10,31±0,21	4,96±0,06	3,82±0,13	4,05±0,01	5,07±0,30
SSO	11,71±2,81	9,03±0,27	9,74±1,02	8,49±0,24	4,96±0,06	2,48±0,12	4,30±0,19	4,49±0,07
SSS	11,71±2,81	12,14±0,84	8,84±0,40	7,33±0,92	4,96±0,06	2,97±0,03	2,70±0,01	4,01±0,02
SSB	11,71±2,81	9,43±0,11	8,85±0,75	7,50±0,32	4,96±0,06	3,97±0,05	6,49±0,01	5,60±0,00
STPPO	11,71±2,81	8,79±0,69	8,21±0,91	7,28±0,11	4,96±0,06	2,34±0,05	3,49±0,09	3,54±0,01
STPPS	11,71±2,81	11,75±1,08	10,01±0,32	8,83±1,15	4,96±0,06	2,09±0,01	2,84±0,08	2,92±0,26
STPPB	11,71±2,81	10,48±1,06	9,61±0,26	7,85±0,54	4,96±0,06	2,07±0,03	3,85±0,05	4,25±0,02
AO	11,71±2,81	8,90±1,21	10,18±0,38	7,38±0,87	4,96±0,06	2,72±0,02	4,07±0,12	4,96±0,06
AS	11,71±2,81	10,14±0,35	9,22±1,18	8,67±0,69	4,96±0,06	2,86±0,07	6,03±0,11	4,08±0,05
AB	11,71±2,81	10,27±1,62	10,59±0,50	10,12±0,96	4,96±0,06	2,79±0,07	3,84±0,01	3,48±0,42

KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.21. Yağlı balık filetolarının (Palamut) spermidin düzeyleri



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.22. Yağsız balık filetlerinin (Mezgit) spermidin düzeyleri

4.7.6. Spermin içeriğine ait bulgular

Balık filetlerinin spermin içeriğine ait analiz sonuçları istatistik olarak değerlendirilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.34'te sunulmuştur. Çalışmamızda balık türü, dondurma çözündürme işlemleri ve interaksiyonları spermin değerini önemli düzeyde ($p<0,01$) etkilemiş, kriyoprotektan kullanımı ve çözündürme metodundaki farklılıkların spermin düzeyindeki etkisi önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.34. Balık filetlerinin spermin düzeylerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Balık türü	1	228,3332521	146,98**
Dondurma çözündürme döngüsü	3	32,0668007	20,64**
Balık türü x Dondurma çözündürme döngüsü	3	37,2031313	23,95**
Kriyoprotektan çeşidi	3	3,3654035	2,17
Balık türü x Kriyoprotektan çeşidi	3	12,6471785	8,14**
Dondurma çözündürme döngüsü x Kriyoprotektan çeşidi	9	6,6746280	4,30**
Çözündürme metodu	2	0,7823318	0,50
Balık türü x Çözündürme metodu	2	2,0187380	1,30
Dondurma çözündürme döngüsü x Çözündürme metodu	6	4,1381533	2,66*
Kriyoprotektan çeşidi x Çözündürme metodu	6	0,8224811	0,53
Hata	153		

(**) $p<0,01$ düzeyinde önemli (*) $p<0,05$ düzeyinde önemli

Çizelge 4.35. Balık filetolarının spermin düzeylerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	Spermin (mg/kg)
Balık türü	
Palamut	5,98 ^b
Mezgit	8,16 ^a
Dondurma çözündürme döngüsü	
0. Gün	6,25 ^c
1. Çözündürme	6,55 ^c
2. Çözündürme	7,43 ^b
3. Çözündürme	8,04 ^a
Kriyoprotektan çeşidi	
Kontrol	7,22 ^{ab}
Sakkaroz-Sorbitol	6,90 ^{ab}
Sodyum tripolifosfat	6,79 ^b
Sodyum aljinat	7,36 ^a
Çözündürme metodu	
Ortam şartlarında çözündürme	7,13 ^a
Akan suda çözündürme	7,13 ^a
Buzdolabında çözündürme	6,94 ^a

Spermin de yine spermidin gibi yapısal biyojen aminlerden biri olup balıklarda bozulma ile ilişkili olmamaktadır. Spermidinden farklı olarak, mezgitte spermin içeriği palamuta göre daha yüksek bulunmuştur. Palamutta spermin miktarı çözündürme işlemleri ile her ne kadar dalgalanma gösterse de başlangıca göre üçüncü çözündürme işlemi sonunda daha yüksek bulunmuştur. Mezgitte spermin içeriği çözündürme işleminin artmasıyla birlikte artış göstermiştir.

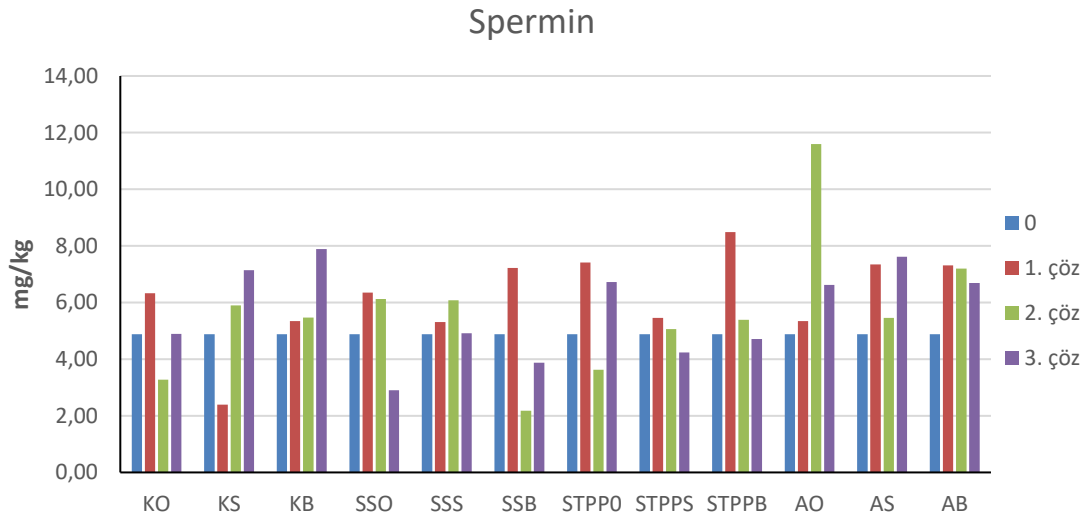
Hong vd. (2013) 18 günlük buzda depolamanın ilk günlerinde uygulama gruplarının spermin içeriğinde keskin bir artış olduğunu daha sonra sürekli düşüş gösterdiğini bildirmiştir. Başka bir çalışmada farklı çözündürme yöntemleri kullanmış ve $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de 20 gün depolanmış Japon levrek balıklarının Spermin düzeyi depolama süresince farklılık göstermiştir. Kontrol, -18°C 'de 3 ay depolanmış, -55°C 'de 24 saat dondurulmuş ve 18°C 'de 3 ay depolanmış, -55°C 'de 3 ay depolanmış balıkların başlangıç Spermin düzeyleri sırasıyla $17,79\pm 1,23$, $24,64\pm 0,48$, $23,97\pm 1,41$, $22,62\pm 0,65$ mg/kg olarak tesit edilmiş depolamanın ilk günleri artış gösteren spermin düzeyi daha sonra azalma göstermiştir (Cai vd. 2014).

Ben-Gigirey vd. (1998)'in gerçekleştirdiği araştırmada ton balığı (*Thunnus alalunga*) örnekleri farklı sıcaklıklarda (-25°C ve -18°C) depolanmış ve biyojen amin değişimleri araştırılmıştır. Spermin miktarı depolama süresince artış göstermiştir. 9. Ayın sonunda örneklerin Spermin içerikleri 9,5 mg/kg (başlangıç değerinin %119,5'i) 10,27 mg/kg (başlangıç değerinin %129,1'i) değerlerine ulaşmıştır.

Çizelge 4.36. Balık filetolarının spermin düzeyleri

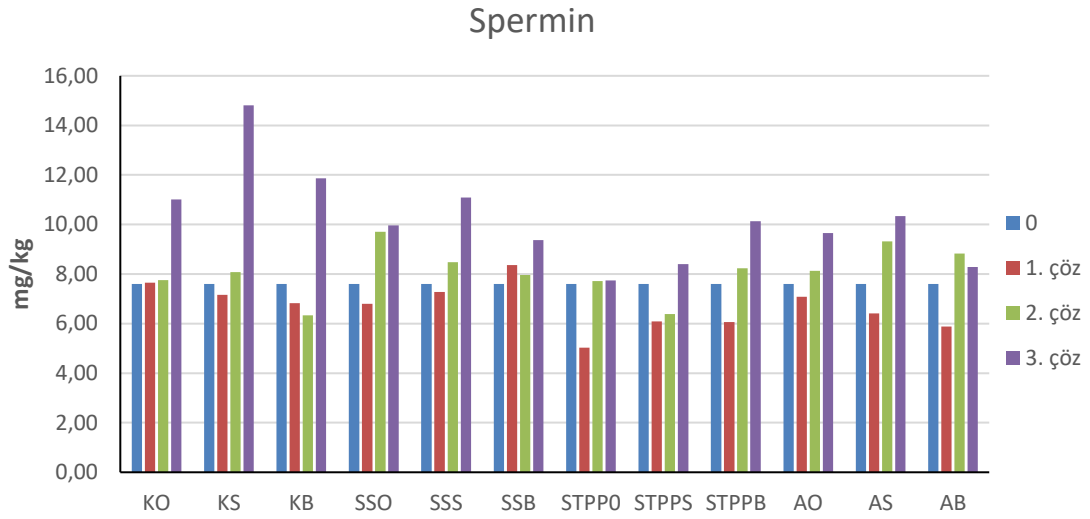
Spermin (mg/kg)	Palamut				Mezgit			
	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz
KO	4,89±0,27	6,33±0,97	6,52±0,02	4,89±0,39	7,61±0,46	7,65±0,18	7,76±2,73	11,01±0,79
KS	4,89±0,27	4,75±0,05	5,90±0,35	7,14±0,64	7,61±0,46	7,16±0,10	8,08±2,11	14,81±1,21
KB	4,89±0,27	5,34±0,02	5,47±0,44	7,89±0,79	7,61±0,46	6,83±0,21	6,34±2,17	11,87±0,52
SSO	4,89±0,27	6,35±0,51	6,13±0,09	4,90±0,02	7,61±0,46	6,80±0,23	9,71±0,14	9,97±0,00
SSS	4,89±0,27	5,31±0,65	6,08±0,86	4,92±0,13	7,61±0,46	7,27±0,03	8,48±0,53	11,09±0,01
SSB	4,89±0,27	7,22±0,55	4,33±0,03	3,87±0,54	7,61±0,46	8,36±1,72	7,96±2,95	9,37±0,83
STPPO	4,89±0,27	7,42±0,05	7,23±0,03	6,72±0,04	7,61±0,46	5,03±0,96	7,72±0,20	7,74±0,58
STPPS	4,89±0,27	5,46±0,18	10,06±0,06	4,24±0,32	7,61±0,46	6,09±0,06	6,38±0,41	8,40±0,12
STPPB	4,89±0,27	8,48±0,50	5,39±0,93	4,71±0,13	7,61±0,46	6,06±0,08	8,23±0,22	10,13±0,10
AO	4,89±0,27	5,34±0,88	11,59±0,30	6,62±0,75	7,61±0,46	7,08±0,05	8,13±0,04	9,66±0,45
AS	4,89±0,27	7,35±0,14	5,46±0,24	7,61±0,95	7,61±0,46	6,41±0,06	9,32±0,54	10,33±0,40
AB	4,89±0,27	7,31±0,74	7,19±0,86	6,69±0,38	7,61±0,46	5,88±0,48	8,82±0,50	8,28±0,04

KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.23. Yağlı balık filetolarının (Palamut) spermin düzeyleri



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STTPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STTPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STTPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.24. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) spermin düzeyleri

4.8. Serbest Amino Asit Kompozisyonuna Ait Bulgular

Su ürünlerinin muhafazasında proteinlerin bozulmasına neden olan birçok faktör vardır. Bunlar sadece proteolitik enzim aktivitesi olmamakla birlikte kasta mevcut olan diğer bileşiklerle kas proteinleri arasındaki etkileşimler denatürasyona neden olmaktadır. Dondurulmuş depolama sırasında protein yapısının bozulması sonucu serbest aminoasit miktarı artmaktadır (Jiang ve Lee 1985; Sato vd. 2016).

Bazı aminoasitlerin balık kasının stabilitesini koruyucu etkisi olduğu gibi dondurulmuş depolama boyunca bazı aminoasitlerin de kas proteinlerinin denatürasyonuna sebep olduğu tespit edilmiştir. Balıketteki serbest amino asitlerin dondurarak depolamada proteinlerin çökmesine etkisinin belirlenmesinde serbest amino asit kompozisyonundaki değişimlerin araştırılması bu mekanizmanın açıkça görülmesi için gerekli bilgiyi vermektedir (Jiang ve Lee 1985). Dondurulmuş depolamada hücre ve dokuların korunmasında kriyoprotektan olarak prolin ve glisin aminoasitleri kullanılmış (Fuller 2004) yine literatürdeki diğer çalışmalarda lizin ve arjinin aminoasitlerinin su tutma kapasitesini ve pişirme kaybını azalttığı belirtilmiştir (Zhou vd. 2014a; Zhou vd. 2014b).

Bunun dışında yine nükleotitlerle birlikte serbest amino asitler de tat için kullanılan indikatörlerdir. Çoğu serbest amino asit tatlı, acı ve ekşi özellikteki bileşiklere sahip olup gıdaların karakteristik aromasını oluşturmaktadır (Sato vd. 2016)

Farklı kriyoprotektan ve çözündürme metotlarının çoklu dondurma ve çözündürme işlemine tabi tutulmuş yağ oranı farklı balık (mezgit ve palamut) filetolarının serbest aminoasit kompozisyonuna ait sonuçlar Çizelge 37- 44'te sunulmuştur.

Ortam şartlarında çözündürülen kontrol grubu filetolarında apolar serbest aminoasit miktarı ikinci çözündürme işlemi ile $313,28 \pm 2,23$ mg/kg değerine yükselmiş yine üçüncü çözündürme ile bu değer $311,75 \pm 0,21$ mg/kg olmuştur. Palamut filetoları için baskın aminoasit histidin olmakla birlikte sonuçlar incelendiğinde histidin miktarının dalgalanma gösterdiği tespit edilmiştir. Çözündürme işlemleri ile tüm kontrol gruplarında azalma gösteren histidin miktarı ortam şartlarında çözündürülmüş kontrol grubunda en düşük değeri alarak $1209,40 \pm 5,70$ mg/kg değerine ulaşmıştır. Akan suda ve buzdolabı şartları kullanılarak çözündürülmüş kontrol örneklerinde apolar serbest amino asit miktarı çözündürme döngüsünün artması ile artış göstermiştir. Bunun dışında diğer gruplarda dalgalanma olmasına rağmen yalnız akan suda çözündürülmüş örneklerde polar serbest aminoasit miktarı artış göstermiştir.

Tüm kontrol gruplarında lösin+isolösin, metiyonin, fenilalanin, lisin, serin, aspartik asit, glutamik asit ve treonin çözündürme işlemleriyle artmış ve üçüncü çözündürme işleminin sonunda başlangıç miktarından daha yüksek tespit edilmiştir.

Sakkaroz-sorbitol çözeltisine daldırılmış palamut filetolarında da valin, lösin+isolösin, fenilalanin, serin ve aspartik asit miktarlarında artış belirlenmiş, histidin miktarı kontrol grubuna benzer şekilde azalma göstermiştir. En düşük histidin değeri kontrol grubundaki gibi ortam şartlarında çözündürülen filetolarda belirlenmiştir. Apolar aminoasit miktarı çözündürme işleminin artışı ile artış göstermiştir. En yüksek apolar serbest aminoasit miktarı akan suda çözündürme yöntemi kullanılan sakkaroz-sorbitol grubunda tespit edilmiştir ($344,18 \pm 1,51$ mg/kg).

Sodyum tripolifosfat uygulanmış palamut filetolarında apolar serbest aminoasit miktarı çözündürme işlemi ile başlagıca göre artış göstermiştir. Buzdolabı şartlarında çözündürülen sodyum tipolifosfat uygulanmış balık filetolar ilk çözündürme ile artış göstermiş ve $339,85 \pm 5,35$ mg/kg değerine ulaşmışken bu değer 3. çözündürme işlemine kadar düşme göstermiş ve $286,68 \pm 7,52$ mg/kg değerini almıştır. En yüksek apolar serbest aminoasit miktarı suda çözündürülen uygulama grubunda tespit edilmiştir. Sodyum aljinat uygulanmış palamut filetolarında ortam şartlarında ve suda çözündürülen balık filetolarında apolar serbest aminoasit miktarı ikinci çözündürme ile en yüksek değere ulaşmış ve son çözündürme ile bu değer düşüş göstermiştir. Buzdolabı şartlarında çözündürülen palamut filetoları ise ilk çözündürmede $412,3 \pm 3,45$ mg/kg değerine ulaşp ikinci ve üçüncü çözündürme işlemlerinde düşüş göstermiş ve $319,92 \pm 7,2$ mg/kg değerine ulaşmıştır. Valin, fenilalanin ve aspartik asit miktarı sodyum tripolifosfat uygulanmış balık filetolarında artış göstermesine rağmen sodyum aljinat grupları apolar serbest aminoasit miktarında olduğu gibi ortam şartları ve suda çözündürülen ikinci buzdolabı şartlarında çözündürülenler ise birinci çözündürme işlemi ile en yüksek değer ulaşp daha sonra düşme göstermiştir. Serbest histidin miktarı bütün uygulama gruplarında düşme göstermiştir.

Mezgit filetolarında ise belirli bir baskın serbest aminoasit miktarı olmamakla birlikte diğer serbest aminoasitlere göre en yüksek lisin ve serin serbest aminoasitleri tespit edilmiştir. Kontrol grubunda apolar serbest aminoasit miktarı çözündürme işlemleri ile azalma göstermiş sadece buzdolabı şartlarında çözündürülmüş kontrol grubu örneklerinde üçüncü çözündürme işlemine kadar düşüş gösteren örnekler üçüncü çözündürme sonunda aminoasit miktarı $95,51 \pm 7,73$ mg/kg olmuş ve başlangıç değerinin ($82,45 \pm 0,69$ mg/kg) üzerine çıkmıştır. Çözündürme yöntemleri kıyaslandığında lösin

düzeyi farklılık göstermiş, başlangıçta $22,10 \pm 0,05$ mg/kg olan fenilalanin miktarı ortam şartlarında ve suda çözündürülmüş örneklerde azalma göstermiş, buzdolabında çözündürülmüş örneklerde son çözündürme işlemi fenilalanin miktarında artış meydana gelip $24,36 \pm 0,64$ mg/kg değerine ulaşmıştır. Serin miktarı ortam şartları ve buzdolabında çözündürülen örneklerde çözündürme işlemleri ile artış göstermiş suda çözündürülen örneklerde ise birinci çözündürme işlemi ile artış gösteren serin miktarı daha sonraki çözündürme işlemleri ile azalma göstermiştir.

Sakkaroz-sorbitol uygulanmış mezgit filetolarında başlangıçta $82,45 \pm 0,69$ mg/kg olan apolar serbest aminoasit miktarı üçüncü çözündürme işleminin sonunda ortam şartlarında çözündürülen örneklerde $59,55 \pm 7,52$ mg/kg, suda çözündürülen örneklerde $59,37 \pm 3,06$ mg/kg ve buzdolabında çözündürülen örneklerde ise $68,01 \pm 3,57$ mg/kg değerine ulaşmıştır. Lösin+isolözin ve fenilalanin miktarı sakkaroz-sorbitol çözeltisi uygulanmış balık filetolarında azalma göstermiştir. Lisin miktarı birinci çözündürme işleminden sonra suda çözündürülen ve buzdolabı şartlarında çözündürülen örneklerde ani yükseliş göstermiş daha sonraki çözündürme işlemleri ile bu değer azalma göstermiştir. Yine serin miktarı ortam şartlarında ve suda çözündürülmüş örneklerde artış göstermiştir. En yüksek serin miktarı suda çözündürülen örneklerde tespit edilmiştir ($55,76 \pm 1,39$ mg/kg). Sodyum tripolifosfat uygulanmış örneklerde başlangıçta $30,47 \pm 1,42$ mg/kg olarak tespit edilmiş olup ortam şartlarında ve suda çözündürülmüş örneklerde birinci çözündürme ile en yüksek değerlerine ulaşan mezgit miktarı daha sonraki çözündürme işlemleri ile azalma göstermiştir. Buna karşın serin miktarı buzdolabı koşullarında çözündürülmüş örneklerde birinci çözündürme işleminde $23,56 \pm 2,23$ mg/kg olan değer ikinci çözündürme işlemi sonunda $49,54 \pm 0,83$ mg/kg değerine ulaşmış üçüncü çözündürme işlemi sonunda ise bu değer $28,42 \pm 0,84$ mg/kg değerine düşmüştür. Çözündürme işlemleri ile apolar ve polar serbest aminoasit miktarı dalgalanma gösterse de üçüncü çözündürme işlemi sonunda başlangıç değerlerine göre daha düşük değerlere ulaşmışlardır.

Ortam şartlarında çözündürülen ve sodyum aljinat uygulanmış mezgit filetolarında çözündürme işlemlerinden sonra başlangıçta $82,45 \pm 0,69$ mg/kg ve $156,81 \pm 2,21$ mg/kg olan apolar ve polar serbest aminoasit miktarları $85,82 \pm 7,91$ mg/kg ve $251,09 \pm 6,04$ mg/kg değerlerine ulaşmıştır. Akan suda ve buzdolabında çözündürülmüş örneklerde apolar ve polar serbest aminoasit miktarları sırasıyla $41,77 \pm 0,76$ mg/kg ve $127,23 \pm 1,69$ mg/kg; $51,1 \pm 0,45$ mg/kg ve $113,11 \pm 2,86$ mg/kg değerlerine düşmüştür. Valin miktarı ortam şartlarında ve buzdolabı şartlarında çözündürülmüş örneklerde artış göstermiştir. Valine benzer şekilde sodyum aljinat uygulanmış örneklerin tümünde serin miktarı artış göstermiştir.

Örnekler bütün olarak değerlendirildiğinde üçüncü çözündürme işlemi sonunda apolar serbest aminoasit miktarı palamut örneklerinde en yüksek STPPS ($431,53 \pm 1,39$ mg/kg) en düşük ise STPPB ($286,68 \pm 7,52$ mg/kg) örneklerinde tespit edilmiş bununla birlikte KS ($373,82 \pm 3,17$ mg/kg) ve KB ($372,27 \pm 0,88$ mg/kg) grupları da yüksek değerler almıştır. Mezgit örneklerinde ise en yüksek KB ($95,51 \pm 7,73$ mg/kg) en düşük ise STPPO ($38,68 \pm 1,63$ mg/kg) gruplarında tespit edilmiştir. Polar serbest aminoasit miktarları gözönünde bulundurulduğunda ise palamutta en yüksek KS ($1704,17 \pm 25,02$ mg/kg) ve AS ($1707,42 \pm 3,45$ mg/kg) en düşük ise STTPB ($1504,06 \pm 12,41$ mg/kg) gruplarında mezgitte ise en yüksek AO ($251,09 \pm 6,04$ mg/kg) en düşük ise STTPS ($72,9 \pm 1,51$ mg/kg) değerleri tespit edilmiştir.

Lian vd. (2000)'ın yaptığı çalışmada aljinat, iota karragenan, soya protein konsantresi, sodyum tripolifosfat (STTP) ve sorbitol eklenmiş kırmızı berlam (*Urophycis chuss*) balığı kıymalarının dondurulmuş (-20°C 17 hafta) depolama boyunca fizikokimyasal kaliteleri incelemişlerdir. Başlangıç analizlerinde baskın amino asitin kontrol ve %0.4 aljinat, %4 sorbitol ve %0,3 sodyum tripolifosfat uygulanmış uygulama gruplarında arjinin (1811-1879 mol/100g kıyma) ve lösin (846-971 mol/100g kıyma) olduğu belirlenmiştir. Dondurulmuş depolama sonunda arjinin kontrol ve aljinat grubunda sırasıyla 1605-1634 mol/100g değerlerine düştüğü, lösinin ise 1174-2599mol/100g değerine yükselmiş olduğu belirlenmiştir. Polar olmayan serbest amino asitler ise toplam amino asitler arasındaki oran 17 haftalık dondurulmuş depolama sonunda artmıştır. %0.4 aljinat, %4 sorbitol ve %0,3 sodyum tripolifosfat ilavesi lösin amino asidinin proteolitik enzim reaksiyonlarına karşı daha reaktif hale geldiği ya da lösin peptit bağları ayırabilen enzimleri aktive ettiği bildirilmiştir. Dondurulmuş kırmızı berlam balıklarında serbest aminoasit miktarı yüksek seviyede tespit edilmiş gruplarda daha az tekstürel bozulma olmuş buna durum ise hidrofobik etkileşimin neden olduğu protein denatürasyonunun, protein moleküllerinden lösin salınmasıyla azaltılabileceği olarak açıklanmıştır.

Farklı balık türlerin -20°C'de 12 hafta dondurarak depolama sırasında serbest amino asit miktarı ve kompozisyonu ve bunların protein denatürasyonu ile ilişkisinin incelendiği bir çalışmada orkinos, sarıkuyruk, tekir ve sazan balıklarının baskın serbest amino asitlerin histidin, taurin, lizin, glisin, prolin ve alanin olduğu tespit edilmiştir. Taurin ve histidin miktarının depolama boyunca değişikliğe uğramadığı serbest glisin miktarının ise en fazla sazanda tespit edildiği sazani takiben sırasıyla tekir, sarıkuyruk ve orkinosta da yüksek değerler aldığı tespit edilmiştir. Serbest glisin, alanin ve lizin miktarı depolama süresince hafif artış göstermiştir. Yüksek miktardaki histidin ve lizin (bazik aminoasitler) aminoasileri ve serbest glisin, prolin ve alanin miktarının dondurarak depolamada kas proteinlerinin stabilitesini etkilediğini belirtilmiştir. Yüksek miktardaki serbest amino asit miktarına sahip olan kaslarda daha yüksek protein denatürasyonunun olduğu belirlenmiştir (Jiang ve Lee 1985).

Çizelge 4.37. Yağlı balık filetolarının (Palamut) Kontrol grubuna ait serbest amino asit içerikleri

mg/kg	KO			
	0	1. çöz	2. çöz	3. çöz
Valin ^x	49,07±1,39	42,29±1,24	71,14±0,29	69,17±1,07
Lösin+İzolösin ^x	77,40±0,20	68,06±1,09	85,56±0,48	84,70±1,19
Metiyonin ^x	26,02±0,03	20,30±0,09	36,85±0,58	32,40±2,08
Fenilalanin ^x	71,18±0,84	61,55±0,59	102,39±2,31	117,18±0,79
Prolin ^x	6,46±0,76	6,65±0,02	17,34±1,43	8,30±1,18
Lisin	55,77±0,14	44,42±0,81	100,68±0,37	88,64±3,44
Arginin	10,95±0,36	7,03±1,51	10,07±0,27	13,58±0,05
Histidin	1388,29±43,26	1123,61±13,75	1262,79±11,81	1209,40±5,70
Sistein	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Serin	27,89±1,73	28,64±3,44	70,83±4,04	74,56±3,59
Aspartik asit	39,39±0,02	53,95±3,01	67,28±0,75	75,79±1,89
Glutamik asit	36,13±1,64	37,31±2,21	46,44±0,92	45,12±2,77
Treonin	19,22±0,79	13,37±1,28	25,93±1,22	28,39±0,53
Tirozin	58,83±0,95	43,78±2,57	51,10±0,25	55,39±0,48
ΣASAA	230,13±2,75	198,85±0,32	313,28±2,23	311,75±0,21
ΣPSAA	1636,48±39,84	1352,11±26,96	1635,12±19,64	1590,86±16,33
	KS			
	0	1. çöz	2. çöz	3. çöz
Valin ^x	49,07±1,39	59,43±1,91	77,06±0,58	92,47±1,67
Lösin+İzolösin ^x	77,40±0,20	80,79±1,06	78,75±0,81	100,82±1,20
Metiyonin ^x	26,02±0,03	29,23±1,16	34,26±0,53	34,28±1,05
Fenilalanin ^x	71,18±0,84	73,15±0,69	108,56±2,49	133,33±1,49
Prolin ^x	6,46±0,76	14,47±0,68	11,22±0,50	12,92±0,15
Lisin	55,77±0,14	74,60±2,61	68,53±2,75	102,07±2,88
Arginin	10,95±0,36	10,79±0,51	12,45±0,88	17,64±0,38
Histidin	1388,29±43,26	1223,92±9,34	1215,38±10,72	1236,83±11,58
Sistein	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Serin	27,89±1,73	39,86±3,02	70,23±0,79	103,63±3,82
Aspartik asit	39,39±0,02	61,59±1,49	74,13±0,14	94,38±2,30
Glutamik asit	36,13±1,64	36,72±0,79	43,04±3,35	57,58±1,20
Treonin	19,22±0,79	19,62±0,77	32,80±0,01	31,02±2,43
Tirozin	58,83±0,95	49,44±1,01	57,66±2,01	61,03±0,44
ΣASAA	230,13±2,75	257,07±5,49	309,84±4,92	373,82±3,17
ΣPSAA	1636,48±39,84	1516,54±16,5	1574,22±15,04	1704,17±25,02
	KB			
	0	1. çöz	2. çöz	3. çöz
Valin ^x	49,07±1,39	45,53±0,01	71,95±1,84	99,53±2,11
Lösin+İzolösin ^x	77,40±0,20	73,55±0,70	86,73±2,06	93,22±1,97
Metiyonin ^x	26,02±0,03	24,57±0,41	30,73±1,19	34,78±2,15
Fenilalanin ^x	71,18±0,84	82,17±0,16	104,60±0,29	124,83±1,51
Prolin ^x	6,46±0,76	6,89±0,49	12,63±0,56	19,91±0,46
Lisin	55,77±0,14	65,82±0,28	71,07±0,74	87,55±5,24
Arginin	10,95±0,36	9,64±0,47	12,51±1,29	13,93±0,34
Histidin	1388,29±43,26	1301,07±1,99	1099,51±6,63	1255,49±13,84
Sistein	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Serin	27,89±1,73	26,22±1,98	69,25±2,69	82,22±2,34
Aspartik asit	39,39±0,02	57,66±2,51	76,95±1,62	94,59±4,29
Glutamik asit	36,13±1,64	37,18±1,10	55,20±0,75	52,26±1,11
Treonin	19,22±0,79	16,37±1,80	27,62±0,34	25,53±1,37
Tirozin	58,83±0,95	51,36±1,20	56,07±2,36	58,64±2,18
ΣASAA	230,13±2,75	232,72±0,77	306,63±5,36	372,27±0,88
ΣPSAA	1636,48±39,84	1565,32±6,43	1468,18±1,55	1670,23±26,35

^x: Apolar amino asitler; ΣASAA: Toplam apolar serbest amino asit; ΣPSAA: Toplam polar serbest amino asit

KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş balık filetoları

Çizelge 4.38. Yağlı balık filetolarının (Palamut) Sakkaroz-Sorbitol grubuna ait serbest amino asit içerikleri

mg/kg	SSO			
	0	1. çöz	2. çöz	3. çöz
Valin ^x	49,07±1,39	44,18±1,60	70,64±2,29	86,91±1,88
Lösin+İzolösin ^x	77,40±0,20	62,70±2,79	94,80±2,00	91,49±0,31
Metiyonin ^x	26,02±0,03	20,63±2,19	27,55±1,40	24,9±0,86
Fenilalanin ^x	71,18±0,84	60,37±1,19	98,48±1,10	111,54±1,51
Prolin ^x	6,46±0,76	5,31±0,84	9,81±0,01	8,14±1,01
Lisin	55,77±0,14	37,15±0,10	66,94±0,42	54,87±3,57
Arginin	10,95±0,36	6,67±0,10	6,78±0,38	11,09±2,03
Histidin	1388,29±43,26	1264,84±23,12	1508,4±2,81	1279,73±11,63
Sistein	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Serin	27,89±1,73	46,18±1,28	40,58±2,83	80,95±2,20
Aspartik asit	39,39±0,02	47,90±2,65	66,76±0,94	79,48±1,41
Glutamik asit	36,13±1,64	32,20±2,85	30,26±1,22	45,51±0,03
Treonin	19,22±0,79	17,05±0,32	19,64±1,03	24,72±1,30
Tirozin	58,83±0,95	45,94±2,22	51,82±1,19	54,29±0,57
ΣASAA	230,13±2,75	193,19±6,92	301,27±0,02	322,98±0,84
ΣPSAA	1636,48±39,84	1497,95±23,97	1791,18±7,93	1630,65±20,08
	SSS			
	0	1. çöz	2. çöz	3. çöz
Valin ^x	49,07±1,39	78,29±0,16	72,99±1,74	88,75±2,85
Lösin+İzolösin ^x	77,40±0,20	104,38±3,33	89,84±1,03	98,74±0,82
Metiyonin ^x	26,02±0,03	33,25±2,6	27,15±0,24	27,11±0,30
Fenilalanin ^x	71,18±0,84	101,79±1,39	110,58±0,19	120,00±0,88
Prolin ^x	6,46±0,76	16,77±1,31	8,01±1,71	9,59±0,98
Lisin	55,77±0,14	105,13±3,38	60,23±1,63	80,39±1,99
Arginin	10,95±0,36	25,20±0,31	10,54±0,42	13,07±1,04
Histidin	1388,29±43,26	1049,82±0,58	1183,61±3,70	1366,28±0,42
Sistein	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Serin	27,89±1,73	66,81±0,90	71,05±0,02	82,73±3,39
Aspartik asit	39,39±0,02	82,11±1,67	63,23±3,02	83,25±2,53
Glutamik asit	36,13±1,64	64,66±0,97	42,28±0,02	39,28±1,84
Treonin	19,22±0,79	30,32±0,38	28,07±0,03	25,17±1,83
Tirozin	58,83±0,95	67,11±0,33	56,11±1,27	50,38±2,01
ΣASAA	230,13±2,75	334,48±8,47	308,58±4,92	344,18±1,51
ΣPSAA	1636,48±39,84	1491,17±6,72	1515,13±2,72	1740,54±15,04
	SSB			
	0	1. çöz	2. çöz	3. çöz
Valin ^x	49,07±1,39	58,86±1,25	72,23±2,57	86,00±1,59
Lösin+İzolösin ^x	77,40±0,20	95,35±1,31	96,41±0,31	84,85±3,73
Metiyonin ^x	26,02±0,03	30,74±1,27	34,75±0,67	25,00±0,73
Fenilalanin ^x	71,18±0,84	91,26±2,79	117,53±0,38	105,09±0,21
Prolin ^x	6,46±0,76	8,34±0,19	8,94±0,31	9,10±0,70
Lisin	55,77±0,14	49,41±0,00	56,71±3,48	60,38±2,25
Arginin	10,95±0,36	7,82±0,66	11,36±0,92	9,28±0,33
Histidin	1388,29±43,26	1382,19±4,92	1256,44±5,58	1309,42±8,53
Sistein	27,89±1,73	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Serin	27,89±1,73	46,96±0,87	67,86±1,21	80,75±0,33
Aspartik asit	39,39±0,02	60,83±0,48	76,21±3,51	83,92±3,12
Glutamik asit	36,13±1,64	35,46±2,72	36,02±2,44	39,27±1,11
Treonin	19,22±0,79	22,98±2,84	22,09±0,62	20,41±0,50
Tirozin	58,83±0,95	53,76±0,09	51,24±0,09	47,22±1,39
ΣASAA	230,13±2,75	284,54±6,42	329,86±2,28	310,03±6,96
ΣPSAA	1636,48±39,84	1659,42±2,58	1577,94±2,35	1650,65±13,07

^x: Apolar amino asitler; ΣASAA: Toplam apolar serbest amino asit; ΣPSAA: Toplam polar serbest amino asit

SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam artlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş balık filetoları

Çizelge 4.39. Yağlı balık filetolarının (Palamut) Sodyum tripolifosfat grubuna ait serbest amino asit içerikleri

mg/kg	STTPO			
	0	1. çöz	2. çöz	3. çöz
Valin ^x	49,07±1,39	53,77±1,59	67,92±0,98	92,25±0,53
Lösin+İzolösin ^x	77,40±0,20	67,10±1,07	83,65±0,33	78,29±6,38
Metiyonin ^x	26,02±0,03	22,51±1,25	21,02±0,41	25,22±1,71
Fenilalanin ^x	71,18±0,84	68,43±2,30	113,73±4,06	109,59±1,11
Prolin ^x	6,46±0,76	5,90±0,55	7,50±1,04	10,71±0,45
Lisin	55,77±0,14	40,82±0,80	57,10±2,63	55,52±0,86
Arginin	10,95±0,36	5,58±0,18	9,45±1,14	8,42±0,05
Histidin	1388,29±43,26	1144,92±10,70	1199,10±1,64	1289,23±4,45
Sistein	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Serin	27,89±1,73	31,59±0,58	57,83±0,45	74,24±1,65
Aspartik asit	39,39±0,02	45,92±2,46	65,37±2,53	73,65±0,65
Glutamik asit	36,13±1,64	30,12±0,42	31,38±0,88	36,91±2,16
Treonin	19,22±0,79	13,47±2,21	21,84±1,70	19,98±0,46
Tirozin	58,83±0,95	46,34±3,52	51,52±0,42	52,13±2,03
ΣASAA	230,13±2,75	217,7±4,62	293,82±6,82	316,07±10,17
ΣPSAA	1636,48±39,84	1358,77±15,94	1493,58±6,13	1610,09±0,92
	STTPS			
	0	1. çöz	2. çöz	3. çöz
Valin ^x	49,07±1,39	110,60±8,84	74,13±3,45	121,57±2,38
Lösin+İzolösin ^x	77,40±0,20	119,38±0,82	79,79±0,34	110,94±0,51
Metiyonin ^x	26,02±0,03	42,40±2,15	30,94±0,18	42,65±0,06
Fenilalanin ^x	71,18±0,84	121,88±2,19	97,99±4,73	135,43±3,15
Prolin ^x	6,46±0,76	22,86±1,62	11,59±0,58	20,94±1,71
Lisin	55,77±0,14	109,86±7,55	51,02±1,21	107,16±4,57
Arginin	10,95±0,36	18,52±1,43	5,57±0,43	17,51±0,14
Histidin	1388,29±43,26	1186,73±15,37	1041,78±4,19	1120,79±8,49
Sistein	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Serin	27,89±1,73	59,61±2,54	62,23±0,45	115,17±3,6
Aspartik asit	39,39±0,02	93,32±4,36	64,39±2,7	103,46±2,17
Glutamik asit	36,13±1,64	68,32±2,26	37,39±0,83	62,79±0,79
Treonin	19,22±0,79	44,43±2,47	22,10±1,78	33,90±0,82
Tirozin	58,83±0,95	63,43±3,50	45,39±0,50	63,28±0,84
ΣASAA	230,13±2,75	417,19±15,63	294,45±8,6	431,53±1,39
ΣPSAA	1636,48±39,84	1644,22±8,75	1329,88±10,44	1624,07±4,67
	STTPB			
	0	1. çöz	2. çöz	3. çöz
Valin ^x	49,07±1,39	87,22±2,16	70,47±0,00	73,10±0,41
Lösin+İzolösin ^x	77,40±0,20	100,10±0,32	91,08±0,60	73,16±2,51
Metiyonin ^x	26,02±0,03	27,42±0,41	29,73±2,06	28,12±0,54
Fenilalanin ^x	71,18±0,84	113,97±1,06	123,45±0,36	100,69±3,18
Prolin ^x	6,46±0,76	11,13±1,41	9,91±0,36	11,61±0,87
Lisin	55,77±0,14	64,52±5,08	68,32±5,66	51,45±2,08
Arginin	10,95±0,36	10,59±1,66	9,98±0,29	9,22±2,19
Histidin	1388,29±43,26	1273,03±0,97	1180,13±1,81	1171,48±12,11
Sistein	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Serin	27,89±1,73	33,74±0,01	70,27±1,63	78,5±0,30
Aspartik asit	39,39±0,02	65,90±0,03	82,19±1,53	85,86±0,54
Glutamik asit	36,13±1,64	42,23±1,35	35,11±1,38	38,01±0,39
Treonin	19,22±0,79	21,21±0,29	21,07±0,27	21,27±1,18
Tirozin	58,83±0,95	57,48±1,11	56,48±1,54	48,27±0,82
ΣASAA	230,13±2,75	339,85±5,35	324,64±1,46	286,68±7,52
ΣPSAA	1636,48±39,84	1568,68±8,57	1523,57±0,05	1504,06±12,41

^x: Apolar amino asitler; ΣASAA: Toplam apolar serbest amino asit; ΣPSAA: Toplam polar serbest amino asit

STTPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STTPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STTPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş balık filetoları

Çizelge 4.40. Yağlı balık filetolarının (Palamut) Sodyum aljinat grubuna ait serbest amino asit içerikleri

mg/kg	AO			
	0	1. çöz	2. çöz	3. çöz
Valin ^x	49,07±1,39	61,94±1,84	89,47±0,62	78,05±1,98
Lösin+İzolösin ^x	77,40±0,20	79,48±0,67	93,79±1,11	83,4±0,74
Metiyonin ^x	26,02±0,03	21,02±0,96	29,23±0,62	22,81±1,40
Fenilalanin ^x	71,18±0,84	76,64±2,08	106,65±1,22	100,95±2,58
Prolin ^x	6,46±0,76	9,84±0,72	13,71±0,38	7,54±0,73
Lisin	55,77±0,14	62,31±3,32	106,75±2,49	50,17±4,93
Arginin	10,95±0,36	7,44±0,12	11,37±0,10	10,69±0,65
Histidin	1388,29±43,26	1278,1±6,43	1241,76±8,03	1238,35±1,24
Sistein	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Serin	27,89±1,73	34,1±0,002	76,95±2,58	76,58±3,95
Aspartik asit	39,39±0,02	48,36±0,82	77,25±0,10	68,58±2,22
Glutamik asit	36,13±1,64	44,76±2,11	51,17±0,42	41,27±0,54
Treonin	19,22±0,79	19,41±1,00	31,91±0,50	23,57±1,10
Tirozin	58,83±0,95	48,23±1,97	54,87±0,09	53,72±1,41
ΣASAA	230,13±2,75	248,92±2,11	332,85±0,76	292,74±7,44
ΣPSAA	1636,48±39,84	1542,71±3,55	1652,04±13,09	1562,94±4,63
	AS			
	0	1. çöz	2. çöz	3. çöz
Valin ^x	49,07±1,39	66,49±0,72	119,00±3,52	76,74±2,09
Lösin+İzolösin ^x	77,40±0,20	109,08±2,27	134,69±1,10	94,30±1,99
Metiyonin ^x	26,02±0,03	30,86±0,55	38,75±1,68	28,12±1,41
Fenilalanin ^x	71,18±0,84	105,97±1,57	150,19±2,46	111,13±2,55
Prolin ^x	6,46±0,76	16,02±0,17	19,75±1,31	10,11±0,82
Lisin	55,77±0,14	79,63±1,12	98,41±1,72	77,81±2,81
Arginin	10,95±0,36	11,22±0,83	18,71±0,06	11,53±1,53
Histidin	1388,29±43,26	1252,06±6,58	1154,67±8,15	1309,6±0,42
Sistein	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Serin	27,89±1,73	63,11±0,75	90,46±3,17	96,05±4,07
Aspartik asit	39,39±0,02	70,32±1,73	87,77±3,04	75,07±0,91
Glutamik asit	36,13±1,64	54,73±1,90	72,71±1,04	57,68±1,14
Treonin	19,22±0,79	28,71±2,39	36,34±1,79	27,29±1,31
Tirozin	58,83±0,95	65,57±0,87	73,46±1,44	52,39±2,29
ΣASAA	230,13±2,75	328,42±1,8	462,39±7,86	320,4±4,87
ΣPSAA	1636,48±39,84	1625,35±0,97	1632,54±1,91	1707,42±3,45
	AB			
	0	1. çöz	2. çöz	3. çöz
Valin ^x	49,07±1,39	98,92±0,53	95,54±1,26	79,76±1,23
Lösin+İzolösin ^x	77,40±0,20	133,06±0,07	98,89±1,72	90,60±1,36
Metiyonin ^x	26,02±0,03	35,04±0,94	31,32±1,29	28,41±1,32
Fenilalanin ^x	71,18±0,84	130,08±1,11	114,12±1,22	105,42±2,02
Prolin ^x	6,46±0,76	15,20±0,81	9,40±0,07	15,74±1,26
Lisin	55,77±0,14	95,07±2,36	70,16±1,16	67,40±1,30
Arginin	10,95±0,36	21,17±2,07	13,75±0,39	12,04±0,35
Histidin	1388,29±43,26	1242,54±12,1	1168,76±1,49	1211,78±10,58
Sistein	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Serin	27,89±1,73	89,48±4,47	97,38±5,36	96,69±3,44
Aspartik asit	39,39±0,02	83,47±2,96	83,26±0,01	78,58±2,09
Glutamik asit	36,13±1,64	72,27±1,76	60,41±1,92	49,52±1,68
Treonin	19,22±0,79	36,92±1,31	24,06±0,43	25,96±1,92
Tirozin	58,83±0,95	74,43±1,39	57,74±2,22	54,53±1,52
ΣASAA	230,13±2,75	412,3±3,45	349,27±2,1	319,92±7,2
ΣPSAA	1636,48±39,84	1715,36±4,22	1575,53±8,54	1596,51±15,39

^x: Apolar amino asitler; ΣASAA: Toplam apolar serbest amino asit; ΣPSAA: Toplam polar serbest amino asit

AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş balık filetoları

Çizelge 4.41. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) Kontrol grubuna ait serbest amino asit içerikleri

mg/kg	KO			
	0	1. çöz	2. çöz	3. çöz
Valin ^x	15,75±0,11	19,40±1,59	15,03±1,37	15,03±1,38
Lösin+İzolösin ^x	26,36±0,31	15,46±0,38	7,73±0,64	9,16±1,50
Metiyonin ^x	8,73±0,18	4,86±0,08	3,90±0,17	4,98±0,27
Fenilalanin ^x	22,10±0,05	11,12±0,69	8,37±0,52	10,29±0,16
Prolin ^x	9,50±0,14	13,57±0,32	5,93±1,00	9,44±1,70
Lisin	36,08±1,68	74,97±2,93	24,21±2,93	27,13±1,58
Arginin	9,39±0,69	7,51±1,17	2,94±0,56	5,13±0,97
Histidin	9,42±0,64	6,82±0,17	7,04±1,30	8,17±0,19
Sistein	6,40±0,36	7,57±1,22	3,64±0,87	5,93±1,75
Serin	30,47±1,42	67,89±2,48	31,46±0,71	41,22±4,39
Aspartik asit	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Glutamik asit	21,04±0,73	25,56±2,44	14,19±1,13	18,89±0,08
Treonin	26,44±1,29	41,46±3,05	13,31±1,62	14,54±0,36
Tirozin	17,58±0,56	6,94±0,09	7,06±0,01	8,35±0,68
ΣASAA	82,45±0,69	64,42±2,9	40,97±0,95	48,9±2,25
ΣPSAA	156,81±2,21	238,73±5,8	103,84±1,6	129,36±2,98
	KS			
	0	1. çöz	2. çöz	3. çöz
Valin ^x	15,75±0,11	23,45±0,84	14,21±2,09	12,72±1,73
Lösin+İzolösin ^x	26,36±0,31	19,29±1,51	10,17±0,90	8,55±0,98
Metiyonin ^x	8,73±0,18	7,21±1,08	3,87±0,20	4,97±0,56
Fenilalanin ^x	22,10±0,05	19,40±2,07	11,12±0,60	9,39±0,13
Prolin ^x	9,50±0,14	9,57±0,57	7,57±0,44	6,20±1,60
Lisin	36,08±1,68	30,61±0,70	27,75±1,00	20,53±0,71
Arginin	9,39±0,69	7,73±0,23	6,58±0,69	3,30±1,13
Histidin	9,42±0,64	4,00±0,45	6,15±0,10	5,97±0,06
Sistein	6,40±0,36	5,10±0,68	5,51±0,07	5,87±1,80
Serin	30,47±1,42	60,56±4,30	46,66±1,25	33,19±5,41
Aspartik asit	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Glutamik asit	21,04±0,73	24,19±0,45	20,80±0,60	12,25±0,24
Treonin	26,44±1,29	21,69±2,79	18,92±0,27	11,80±0,76
Tirozin	17,58±0,56	13,59±0,13	9,17±0,16	8,48±0,03
ΣASAA	82,45±0,69	78,91±6,08	46,94±4,23	41,85±4,76
ΣPSAA	156,81±2,21	167,47±1,8	141,55±1,07	101,41±5,5
	KB			
	0	1. çöz	2. çöz	3. çöz
Valin ^x	15,75±0,11	18,03±0,91	18,14±0,07	25,74±1,98
Lösin+İzolösin ^x	26,36±0,31	13,86±0,16	11,34±0,13	23,00±2,73
Metiyonin ^x	8,73±0,18	5,75±0,28	3,98±0,41	9,35±0,74
Fenilalanin ^x	22,10±0,05	14,33±1,01	10,82±0,95	24,36±0,64
Prolin ^x	9,50±0,14	5,79±0,56	9,67±0,81	13,06±1,64
Lisin	36,08±1,68	27,03±0,33	39,83±6,26	67,46±1,95
Arginin	9,39±0,69	5,27±0,84	2,67±0,15	7,60±0,36
Histidin	9,42±0,64	7,08±0,37	6,05±0,00	9,47±0,30
Sistein	6,40±0,36	6,77±0,46	7,49±2,7	2,77±0,56
Serin	30,47±1,42	33,99±1,69	39,04±1,64	61,5±3,11
Aspartik asit	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Glutamik asit	21,04±0,73	21,9±1,15	12,43±1,22	23,73±1,32
Treonin	26,44±1,29	14,09±0,27	11,59±0,57	31,31±0,27
Tirozin	17,58±0,56	10,52±0,40	7,24±0,39	13,89±0,21
ΣASAA	82,45±0,69	57,76±1,09	53,94±2,37	95,51±7,73
ΣPSAA	156,81±2,21	126,66±0,4	126,34±2,8	217,74±4,68

^x: Apolar amino asitler; ΣASAA: Toplam apolar serbest amino asit; ΣPSAA: Toplam polar serbest amino asit

KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş balık filetoları

Çizelge 4.42. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) Sakkaroz-Sorbitol grubuna ait serbest amino asit içerikleri

mg/kg	SSO			
	0	1. çöz	2. çöz	3. çöz
Valin ^x	15,75±0,11	22,55±1,58	14,91±4,79	17,85±1,64
Lösin+İzolösin ^x	26,36±0,31	12,79±0,02	11,55±2,37	11,53±2,83
Metiyonin ^x	8,73±0,18	5,77±0,29	6,04±1,31	6,17±0,63
Fenilalanin ^x	22,10±0,05	14,93±0,64	12,71±0,66	15,86±0,72
Prolin ^x	9,50±0,14	5,16±0,82	7,73±1,72	8,13±1,70
Lisin	36,08±1,68	25,94±0,9	28,65±0,84	24,17±0,75
Arginin	9,39±0,69	4,73±1,11	4,77±0,61	7,67±0,27
Histidin	9,42±0,64	3,97±0,34	5,08±0,31	6,70±0,08
Sistein	6,40±0,36	6,88±2,05	3,83±0,31	2,50±0,87
Serin	30,47±1,42	47,26±1,32	37,62±3,25	48,55±1,43
Aspartik asit	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Glutamik asit	21,04±0,73	23,77±0,14	21,11±1,19	20,64±2,14
Treonin	26,44±1,29	20,91±0,15	11,74±3,06	15,41±0,23
Tirozin	17,58±0,56	8,07±0,67	7,09±0,09	8,84±0,47
ΣASAA	82,45±0,69	61,2±0,14	52,94±10,86	59,55±7,52
ΣPSAA	156,81±2,21	141,54±5,72	119,89±4,35	134,48±1,08
	SSS			
	0	1. çöz	2. çöz	3. çöz
Valin ^x	15,75±0,11	25,34±1,33	12,98±0,13	21,81±0,37
Lösin+İzolösin ^x	26,36±0,31	20,81±0,33	8,85±1,32	13,40±1,23
Metiyonin ^x	8,73±0,18	4,96±0,49	3,39±0,41	5,20±0,30
Fenilalanin ^x	22,10±0,05	13,97±0,97	9,58±0,39	11,58±0,42
Prolin ^x	9,50±0,14	23,52±0,49	6,83±0,44	7,37±1,57
Lisin	36,08±1,68	109,40±5,76	25,23±0,08	28,43±0,93
Arginin	9,39±0,69	9,66±0,10	3,08±0,02	11,45±0,46
Histidin	9,42±0,64	5,26±0,60	8,09±0,00	5,73±0,77
Sistein	6,40±0,36	7,66±1,14	4,67±2,15	2,91±0,40
Serin	30,47±1,42	50,01±1,10	33,054±0,38	55,76±1,39
Aspartik asit	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Glutamik asit	21,04±0,73	27,71±0,15	18,59±0,23	21,37±2,16
Treonin	26,44±1,29	27,74±0,06	22,15±0,15	17,58±0,64
Tirozin	17,58±0,56	9,55±0,99	6,34±0,25	8,15±0,81
ΣASAA	82,45±0,69	88,6±4,62	41,63±2,43	59,37±3,06
ΣPSAA	156,81±2,21	247,05±3,82	121,2±3,09	151,39±1,4
	SSB			
	0	1. çöz	2. çöz	3. çöz
Valin ^x	15,75±0,11	25,86±2,38	12,93±1,85	23,26±2,34
Lösin+İzolösin ^x	26,36±0,31	16,49±1,87	8,07±1,09	12,94±2,60
Metiyonin ^x	8,73±0,18	5,71±0,79	2,86±0,25	6,34±1,23
Fenilalanin ^x	22,10±0,05	17,35±0,52	8,36±0,08	15,67±0,18
Prolin ^x	9,50±0,14	14,08±1,57	6,34±0,34	9,80±1,90
Lisin	36,08±1,68	56,71±3,84	22,70±1,25	39,71±0,03
Arginin	9,39±0,69	5,73±0,02	3,71±0,23	5,92±0,27
Histidin	9,42±0,64	10,78±1,46	5,73±0,09	8,9±0,13
Sistein	6,40±0,36	5,63±1,02	5,83±0,20	4,31±0,74
Serin	30,47±1,42	64,81±3,89	28,55±0,90	36,42±1,68
Aspartik asit	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Glutamik asit	21,04±0,73	29,44±0,54	17,71±1,90	19,02±1,23
Treonin	26,44±1,29	31,98±1,34	13,00±0,04	19,47±1,51
Tirozin	17,58±0,56	10,58±0,56	4,53±0,24	9,34±1,47
ΣASAA	82,45±0,69	79,48±2,36	38,56±3,62	68,01±3,57
ΣPSAA	156,81±2,21	215,66±11,55	101,77±0,46	143,11±0,12

^x: Apolar amino asitler; ΣASAA: Toplam apolar serbest amino asit; ΣPSAA: Toplam polar serbest amino asit

SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam artlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş balık filetoları

Çizelge 4.43. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) Sodyum tripolifosfat grubuna ait serbest amino asit içerikleri

mg/kg	STTPO			
	0	1. çöz	2. çöz	3. çöz
Valin ^x	15,75±0,11	8,95±1,08	9,45±0,08	14,05±0,44
Lösin+İzolösin ^x	26,36±0,31	7,41±0,32	19,24±1,38	7,79±0,50
Metiyonin ^x	8,73±0,18	2,52±0,08	6,47±0,17	3,37±0,38
Fenilalanin ^x	22,10±0,05	8,47±0,96	19,74±0,47	9,42±0,22
Prolin ^x	9,50±0,14	7,01±0,49	22,79±1,54	4,05±0,98
Lisin	36,08±1,68	20,4±1,48	38,98±1,95	11,53±0,17
Arginin	9,39±0,69	3,95±0,91	4,47±0,45	2,59±0,37
Histidin	9,42±0,64	4,07±0,68	6,77±0,43	3,87±0,18
Sistein	6,40±0,36	4,63±1,37	3,85±0,75	5,20±0,80
Serin	30,47±1,42	54,62±2,51	43,06±0,79	26,69±1,07
Aspartik asit	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Glutamik asit	21,04±0,73	16,22±2,74	27,40±1,62	14,48±2,06
Treonin	26,44±1,29	18,08±0,59	22,77±2,15	7,37±0,07
Tirozin	17,58±0,56	6,90±0,17	10,82±0,05	5,32±0,77
ΣASAA	82,45±0,69	34,35±2,14	78,19±3,3	38,68±1,63
ΣPSAA	156,81±2,21	128,86±0,05	158,13±0,65	77,06±3,07
	STTPS			
	0	1. çöz	2. çöz	3. çöz
Valin ^x	15,75±0,11	19,62±0,58	14,18±1,05	10,84±1,13
Lösin+İzolösin ^x	26,36±0,31	21,32±0,11	12,26±1,20	7,52±1,56
Metiyonin ^x	8,73±0,18	8,99±0,09	5,32±0,16	3,77±0,35
Fenilalanin ^x	22,10±0,05	29,89±1,34	16,38±1,37	8,67±0,14
Prolin ^x	9,50±0,14	9,91±1,01	5,23±0,97	7,23±0,02
Lisin	36,08±1,68	48,08±4,33	17,84±3,42	8,53±0,06
Arginin	9,39±0,69	10,53±0,49	4,62±0,38	1,73±0,43
Histidin	9,42±0,64	4,64±0,76	2,61±0,24	1,94±0,52
Sistein	6,40±0,36	4,37±0,69	4,33±2,19	3,57±1,6
Serin	30,47±1,42	50,08±1,93	26,2±0,83	26,83±3,27
Aspartik asit	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Glutamik asit	21,04±0,73	33,12±2,25	21,15±2,48	13,56±1,33
Treonin	26,44±1,29	21,45±1,07	9,04±0,27	10,27±0,17
Tirozin	17,58±0,56	16,95±0,00	9,11±0,20	6,46±0,31
ΣASAA	82,45±0,69	89,74±0,71	53,37±4,44	38,04±0,9
ΣPSAA	156,81±2,21	189,23±7,03	94,91±4,18	72,9±1,51
	STTPB			
	0	1. çöz	2. çöz	3. çöz
Valin ^x	15,75±0,11	7,55±0,79	14,26±1,16	12,45±0,91
Lösin+İzolösin ^x	26,36±0,31	4,48±0,76	7,16±0,37	9,4±1,05
Metiyonin ^x	8,73±0,18	1,58±0,15	2,4±0,44	3,16±0,29
Fenilalanin ^x	22,10±0,05	5,03±0,28	7,97±0,43	11,97±0,38
Prolin ^x	9,50±0,14	3,06±0,46	13,37±1,01	10,71±1,69
Lisin	36,08±1,68	7,75±1,45	38,86±0,61	19,56±0,89
Arginin	9,39±0,69	1,93±0,27	6,25±0,96	4,65±0,10
Histidin	9,42±0,64	2,22±0,09	4,66±0,05	3,46±0,21
Sistein	6,40±0,36	3,04±0,99	3,63±0,20	3,59±0,02
Serin	30,47±1,42	23,56±2,23	49,54±0,83	28,42±0,84
Aspartik asit	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Glutamik asit	21,04±0,73	11,02±1,47	15,97±2,13	16,48±2,50
Treonin	26,44±1,29	6,63±0,07	25,83±2,20	16,47±1,01
Tirozin	17,58±0,56	4,83±0,04	4,34±0,14	8,41±0,58
ΣASAA	82,45±0,69	21,69±2,14	45,17±2,53	47,69±4,33
ΣPSAA	156,81±2,21	60,98±1,2	149,08±2,32	101,02±1,92

^x: Apolar amino asitler; ΣASAA: Toplam apolar serbest amino asit; ΣPSAA: Toplam polar serbest amino asit

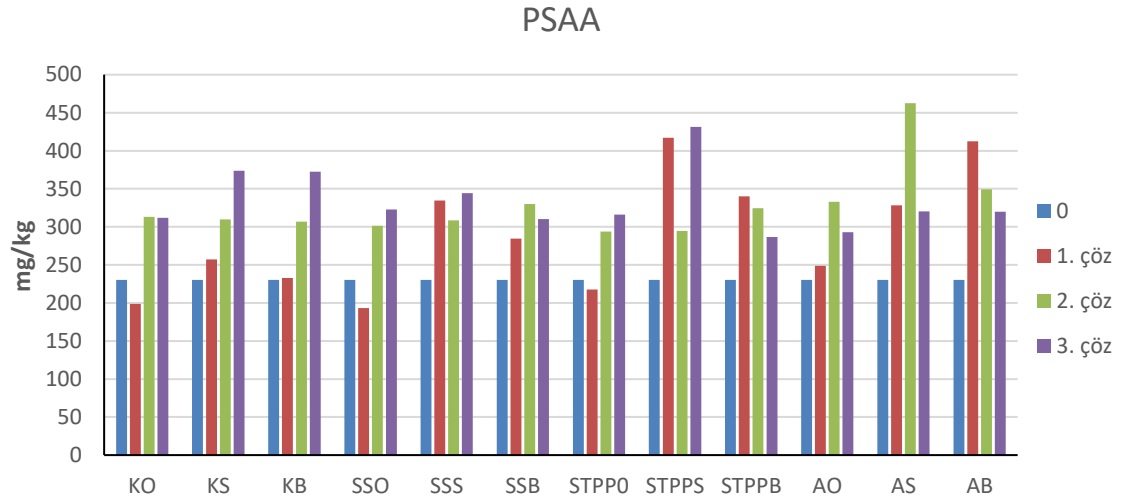
STTPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STTPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STTPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş balık filetoları

Çizelge 4.44. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) Sodyum aljinat grubuna ait serbest amino asit içerikleri

mg/kg	AO			
	0	1. çöz	2. çöz	3. çöz
Valin ^x	15,75±0,11	20,10±0,61	15,40±0,48	31,22±0,08
Lösin+İzolösin ^x	26,36±0,31	20,80±1,03	11,73±0,16	21,93±3,63
Metiyonin ^x	8,73±0,18	7,01±0,32	5,34±0,03	5,45±0,74
Fenilalanin ^x	22,10±0,05	16,85±0,84	14,07±0,88	16,68±1,87
Prolin ^x	9,50±0,14	12,14±0,90	5,72±0,79	10,53±1,75
Lisin	36,08±1,68	52,07±4,58	20,86±0,53	93,59±4,37
Arginin	9,39±0,69	7,54±0,25	5,90±0,06	7,40±1,98
Histidin	9,42±0,64	8,16±0,33	5,18±0,03	10,05±0,24
Sistein	6,40±0,36	2,97±0,38	4,69±0,69	4,67±0,48
Serin	30,47±1,42	62,31±1,65	36,98±1,38	63,23±1,01
Aspartik asit	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Glutamik asit	21,04±0,73	26,89±2,83	21,73±0,63	31,36±0,77
Treonin	26,44±1,29	23,33±0,50	17,01±0,03	30,87±1,31
Tirozin	17,58±0,56	11,35±0,15	11,36±0,23	9,92±0,52
ΣASAA	82,45±0,69	76,91±3,07	52,26±1,95	85,82±7,91
ΣPSAA	156,81±2,21	194,61±6,21	123,72±1,56	251,09±6,04
	AS			
	0	1. çöz	2. çöz	3. çöz
Valin ^x	15,75±0,11	8,61±0,21	14,43±2,16	16,03±1,28
Lösin+İzolösin ^x	26,36±0,31	5,33±0,08	7,68±1,85	7,90±1,06
Metiyonin ^x	8,73±0,18	1,62±0,14	2,73±0,25	4,56±0,23
Fenilalanin ^x	22,10±0,05	5,26±0,22	8,98±0,28	8,50±0,07
Prolin ^x	9,50±0,14	2,97±0,49	10,57±2,84	4,78±0,82
Lisin	36,08±1,68	6,55±2,11	69,76±2,05	18,95±0,35
Arginin	9,39±0,69	1,59±0,20	6,83±0,71	4,20±0,29
Histidin	9,42±0,64	1,97±0,37	9,06±0,03	14,68±0,80
Sistein	6,40±0,36	2,42±0,77	4,10±1,32	2,22±0,59
Serin	30,47±1,42	22,45±2,11	34,77±0,60	55,47±0,92
Aspartik asit	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Glutamik asit	21,04±0,73	13,38±2,87	17,69±0,79	14,11±1,91
Treonin	26,44±1,29	6,70±0,20	21,64±1,91	10,57±0,00
Tirozin	17,58±0,56	3,64±0,45	6,02±0,44	7,03±0,72
ΣASAA	82,45±0,69	23,79±0,87	44,41±6,88	41,77±0,76
ΣPSAA	156,81±2,21	58,71±2,43	169,86±4	127,23±1,69
	AB			
	0	1. çöz	2. çöz	3. çöz
Valin ^x	15,75±0,11	12,08±0,08	17,74±0,09	20,18±0,02
Lösin+İzolösin ^x	26,36±0,31	9,01±1,51	12,57±1,32	9,68±1,06
Metiyonin ^x	8,73±0,18	4,70±0,11	4,81±0,31	4,71±0,57
Fenilalanin ^x	22,10±0,05	10,84±0,00	12,17±0,05	10,41±0,38
Prolin ^x	9,50±0,14	5,46±0,37	10,34±1,55	6,12±0,31
Lisin	36,08±1,68	15,76±1,22	24,77±0,89	19,59±1,12
Arginin	9,39±0,69	3,32±0,10	4,20±0,49	3,91±0,34
Histidin	9,42±0,64	4,67±0,33	7,62±0,06	5,32±0,06
Sistein	6,40±0,36	4,95±1,52	3,06±0,42	4,28±1,12
Serin	30,47±1,42	32,25±0,15	48,24±1,43	51,94±0,34
Aspartik asit	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Glutamik asit	21,04±0,73	16,08±0,22	14,48±0,12	10,11±1,01
Treonin	26,44±1,29	11,13±2,59	17,53±2,71	10,30±1,11
Tirozin	17,58±0,56	7,92±0,05	9,19±0,17	7,66±0,11
ΣASAA	82,45±0,69	42,1±2,07	57,64±2,42	51,1±0,45
ΣPSAA	156,81±2,21	96,1±5,74	129,09±2	113,11±2,86

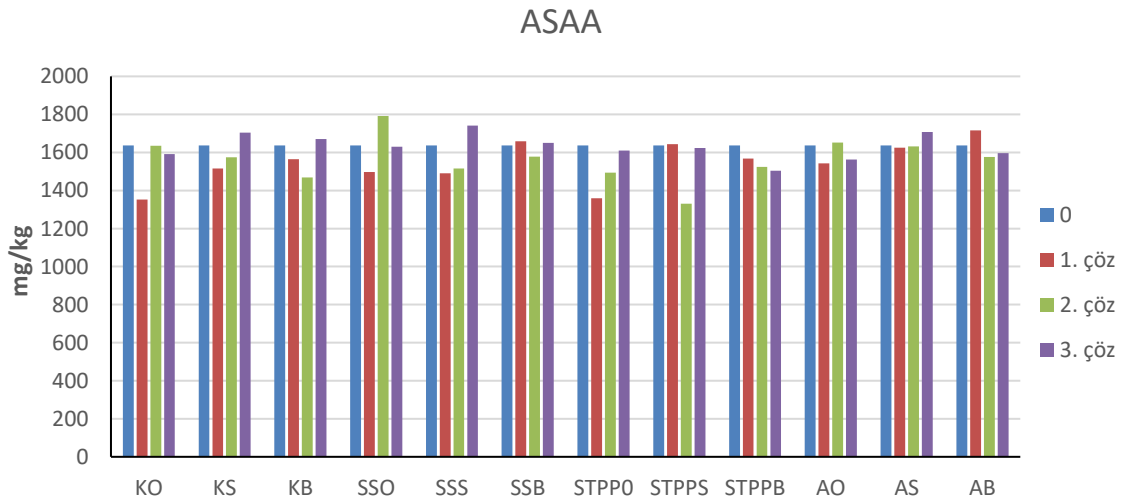
^x: Apolar amino asitler; ΣASAA: Toplam apolar serbest amino asit; ΣPSAA: Toplam polar serbest amino asit

AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş balık filetoları



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STTP0: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STTPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STTPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş; PSAA: Polar serbest aminoasit

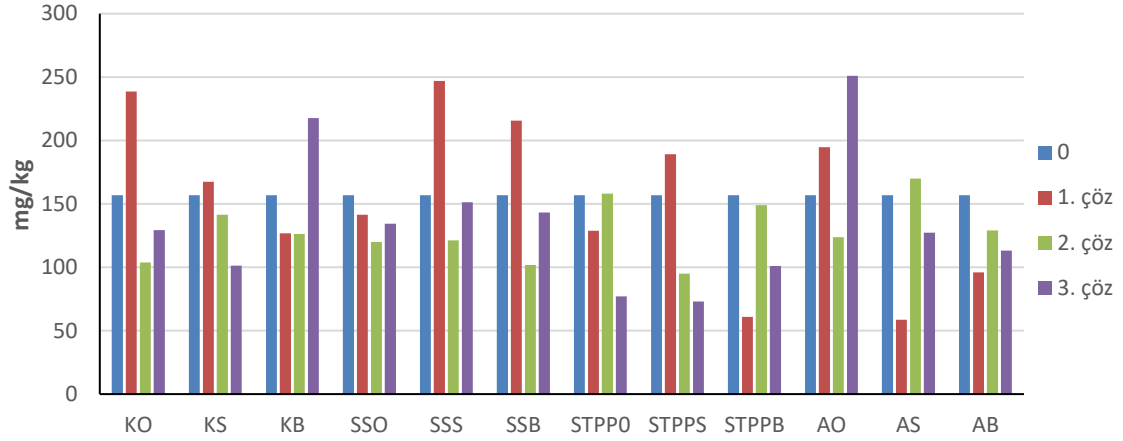
Şekil 4.25. Yağlı balık filetolarının (Palamut) polar serbest amino asit içerikleri



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STTP0: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STTPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STTPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş; ASAA: Apolar serbest aminoasit

Şekil 4.26. Yağlı balık filetolarının (Palamut) apolar serbest amino asit içerikleri

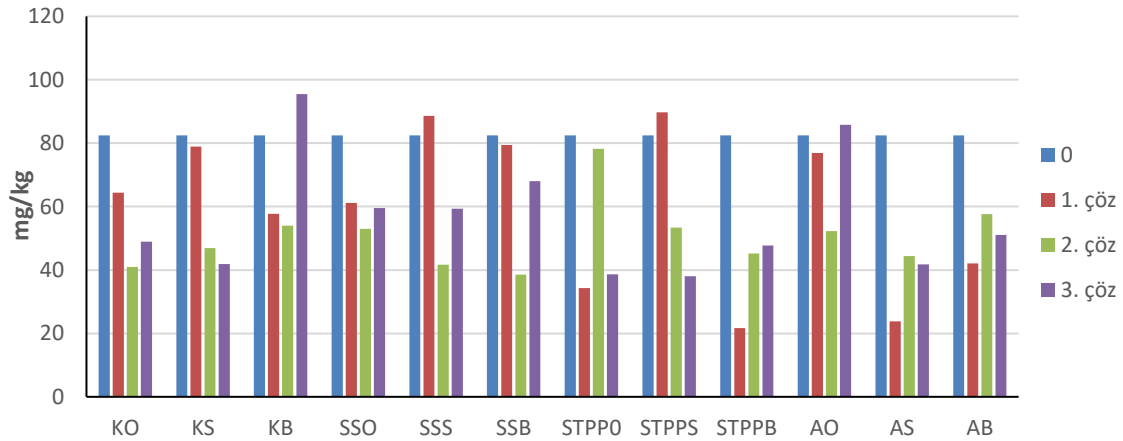
PSAA



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STTP0: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STTPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STTPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş; PSAA: Polar serbest aminoasit

Şekil 4.27. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) polar serbest amino asit içerikleri

ASAA



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STTP0: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STTPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STTPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş; ASAA: Apolar serbest aminoasit

Şekil 4.28. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) apolar serbest amino asit içerikleri

4.9. Su Tutma Kapasitesine Ait Bulgular

Su tutma kapasitesi balıkta bütün işleme, taşınma depolama ve pişirme işlemlerinde içeriğindeki su miktarını koruması olarak tanımlanmaktadır. Su tutma kapasitesi duyuşal kalite ve ekonomik olarak önem arz etmektedir.

Balıketinin sıfırın altındaki sıcaklıklara maruz bırakılması, çözündürülmesi ve tekrar dondurulması, kas hücresinin bütünlüğünü mekanik olarak bozmakta bununla birlikte proteinlerin yapısı bozulabilmekte ve denatüre olabilmektedir. Proteinlerin fonksiyonel özelliklerinden biri olan su tutma kapasitesi dondurma ve çözündürme işlemleri ile değışikliğe uğramaktadır.

Farklı kriyoprotektan ve çözündürme işlemleri uygulanmış palamut ve mezgit balık kasında çoklu dondurma ve çözündürme işlemleri ile meydana gelen değışimlerin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen su tutma kapasitesi analiz sonuçları istatistiksel olarak incelenmiştir (Çizelge 4.45).

Çizelge 4.45. Balık filetolarının su tutma kapasitesine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Balık türü	1	17453,05482	1222,97**
Dondurma çözündürme döngüsü	3	1442,06139	101,05**
Balık türü x Dondurma çözündürme döngüsü	3	234,81640	16,45**
Kriyoprotektan çeşidi	3	437,89475	30,68**
Balık türü x Kriyoprotektan çeşidi	3	60,90020	4,27**
Dondurma çözündürme döngüsü x Kriyoprotektan çeşidi	9	59,77299	4,19**
Çözündürme metodu	2	175,26147	12,28**
Balık türü x Çözündürme şekli metodu	2	5,03197	0,35
Dondurma çözündürme döngüsü x Çözündürme metodu	6	56,43331	3,95**
Kriyoprotektan çeşidi x Çözündürme metodu	6	55,79495	3,91**
Hata	153		

(**) $p < 0,01$ düzeyinde önemli (*) $p < 0,05$ düzeyinde önemli

Gerçekleştirilen varyans analiz sonuçlarına göre su tutma kapasitesi değerini balık türü, dondurma çözündürme döngüsü, kriyoprotektan çeşidi, çözündürme yöntemi ve bunların diğer parametrelerle interaksyonları önemli ($p < 0,01$) düzeyde etkilemiştir. Elde edilen ortalamalar arasındaki farklılık Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile belirlenerek Çizelge 4.46'da sunulmuştur.

Su tutma kapasitesi palamut balığında mezgit balığına göre daha düşük sonuçlar vermiştir. Balık türündeki farklılık ve dolayısıyla et yapısındaki farklılık su tutma kapasitesinde farklılığa yol açmıştır. Dondurma ve çözündürme işlem ile su tutma kapasitesi değerinde düşme meydana gelmiştir. Kullanılan kriyoprotektanların protein yapısını korumaya yardımcı olduğu özellikle sodyum tripolifosfat uygulanmış balık filetolarının su tutma kapasitesinin diğer gruplara göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çözündürme metotları incelendiğinde ortam şartlarında çözündürülen filetoların daha düşük su tutma kapasitesine sahip olduğu tespit edilmiştir.

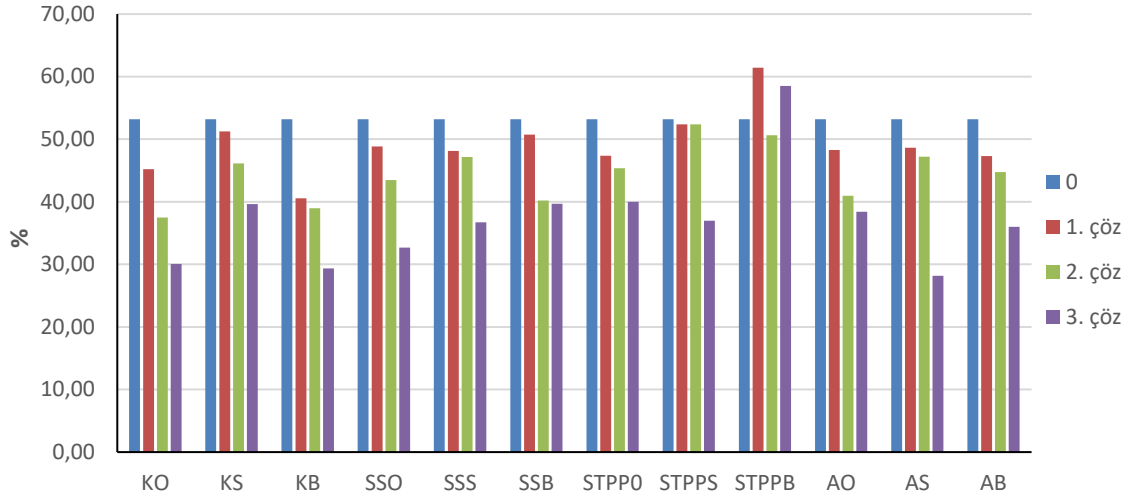
Çizelge 4.46. Balık filetolarının su tutma kapasitesine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Su Tutma Kapasitesi (%)	
Balık türü	
Palamut	46,02 ^b
Mezgit	65,09 ^a
Dondurma çözündürme döngüsü	
0. Gün	61,50 ^a
1. Çözündürme	56,23 ^b
2. Çözündürme	56,29 ^b
3. Çözündürme	48,22 ^c
Kriyoprotektan çeşidi	
Kontrol	52,91 ^c
Sakkaroz-Sorbitol	53,78 ^c
Sodyum tripolifosfat	59,69 ^a
Sodyum aljinat	55,85 ^b
Çözündürme metodu	
Ortam şartlarında çözündürme	53,66 ^b
Akan suda çözündürme	56,30 ^a
Buzdolabında çözündürme	56,71 ^a

Çizelge 4.47. Balık filetolarının su tutma kapasitesi değerleri

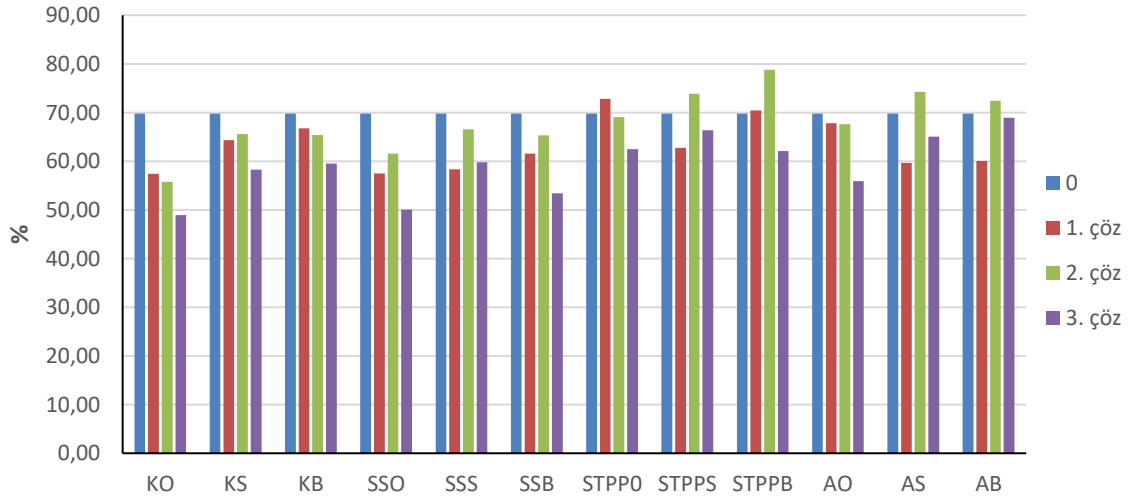
Su tutma kapasitesi (%)	Palamut				Mezgit			
	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz
KO	53,17±1,75	45,20±2,03	37,46±2,83	30,08±0,05	69,82±0,79	57,44±1,15	55,79±0,55	48,96±1,52
KS	53,17±1,75	51,23±0,28	46,12±1,66	39,65±1,31	69,82±0,79	64,33±0,67	65,61±1,34	58,29±0,41
KB	53,17±1,75	40,56±0,43	38,97±1,84	29,37±2,87	69,82±0,79	66,77±1,89	65,37±0,00	59,55±0,16
SSO	53,17±1,75	48,85±1,79	43,49±0,96	32,70±2,03	69,82±0,79	57,50±0,67	61,59±0,12	50,06±2,50
SSS	53,17±1,75	48,14±0,04	47,14±1,97	36,71±1,23	69,82±0,79	58,35±1,52	66,59±0,27	59,82±1,52
SSB	53,17±1,75	50,71±2,11	40,21±3,55	39,68±2,22	69,82±0,79	61,59±0,37	65,30±0,79	53,41±0,73
STPPO	53,17±1,75	47,38±2,62	45,37±0,06	40,00±0,31	69,82±0,79	72,80±3,54	69,09±3,72	62,50±1,77
STPPS	53,17±1,75	52,38±0,56	52,38±1,90	36,98±1,27	69,82±0,79	62,74±2,50	73,84±0,21	66,34±2,93
STPPB	53,17±1,75	61,43±2,38	50,63±2,62	58,49±2,27	69,82±0,79	70,43±3,35	78,78±0,00	62,07±2,93
AO	53,17±1,75	48,26±1,59	40,95±2,37	38,43±1,25	69,82±0,79	67,80±4,76	67,62±2,01	55,91±2,87
AS	53,17±1,75	48,65±2,46	47,22±1,35	28,18±0,48	69,82±0,79	59,63±0,12	74,27±0,78	65,06±1,43
AB	53,17±1,75	47,30±0,00	44,76±2,07	35,99±0,74	69,82±0,79	60,06±0,91	72,44±1,71	68,96±0,33

KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STTPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STTSS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STTPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.29. Yağlı balık filetolarının (Palamut) su tutma kapasitesi (%) değerleri



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STTPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STTSS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STTPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.30. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) su tutma kapasitesi (%) değerleri

Su tutma kapasitesi miyofibrilar proteinlerden miyosinin yapısına bağılı olarak değışkenlik göstermektedir. İyonik etkiler, pH ve oksidasyon miyofibrilar proteinlerin ve kas hücrelerinin suyu bağlama özelliklerini doğrudan etkiler (Huff-Lonergan ve Lonergan 2005). Ali vd. (2015)'in tavuk etinde yaptığı çalışmada dondurma ve çözündürme sayısı arttıkça su tutma kapasitesinin azaldığı bildirilmektedir.

Avrupa yayın balığında yapılan bir çalışmada taze balıketinin dondurulmuş olanlara göre daha sulu olduğu tespit edilmiş ve dondurma çözündürme döngüsünün su tutma kapasitesindeki azalmayla birlikte kısmen mekanik zararlanma ve protein denatürasyonuna sebep olduğunu bildirilmiştir (Hallier vd. 2008). Chao vd. (2017) trehaloz, aljinat oligosakkarit ve sodyum pirofosfat ile muamele edilen pişirilmiş karideslerin (*Litopenaeus vannamei*) dondurarak depolama süresince su tutma kapasitesinin kontrol gubuna göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Aljinat, miyofibrillerdeki kalsiyum iyonları ile şelat oluşturması ve proteinlerin çapraz bağlanmasını azalması ile su tutma kapasitesini arttırmaktadır (Lian vd. 2001). Sodyum tripolifosfatın balık filetolarında kriyoprotektan etkisi ise kalsiyum iyonlarını ayırması ile olmakla birlikte dondurulmuş balıklarda tekstür korunmasında sodyum polifosfatın kalsiyum iyonlarını ayırma kabiliyetinin aljinata göre ne kada etkili olduğu açıklanmış değildir (Bigelow ve Lee 2007). Bunun dışında fosfatlar kas doku pH'sını yükseltmekte, protein ve su molekülleri atasındaki iyonik gücü arttırmaktadır (Carneiro vd. 2013). Sorbitolün su bağlama ve büyük buz kristallerini engellemesi özellikle yavaş dondurma esnasında oluşan çözülme konsantrasyonunu engellemekte ve böylece protein denatürasyonunu engellemektedir (Bigelow ve Lee 2007).

Aljinat, iota karragenan, soya protein konsantresi, sodyum tripolifosfat ve sorbitolün dondurulmuş kırmızı berlam (*Urophycis chuss*) balık kıymasında kriyoprotektan etkisinin incelendiğı bir çalışmada soya proteinin su bağlama özelliğinin yüksek olduğu ve diğerkriyoprotektaanlara göre soya proteini eklenmiş grupların düşük pişirme kaybına uğradığı tespit edilmiştir. Soya proteinini kristallenmeye müsait serbest su miktarını düşürdüğü ve protein molekülleri arasındaki etkileşimi azaltmasının dondurma işlemi sonucu oluşan proteinlerin konformasyonel yapısının bozulmasını azalttığı belirtilmiştir (Lian vd. 2000). Chao vd. (2017) Aljinat solüsyonuna daldırmanın pişirilmiş karideslerin (*Litopenaeus vannamei*) su tutma kapasitesini geliştirdiğini bildirmiştir.

4.10. Tekstür Değerine Ait Bulgular

4.10.1. Sertlik değerine ait bulgular

Stable micro Systems TA.XT2 tekstür cihazı kullanılarak gerçekleştirilen enstrümental tekstür analiz sonuçlarından sertlik değerine ait varyans analiz sonuçları istatistiksel olarak incelenmiş ve sonuçlar Çizelge 4.48'de sunulmuştur.

Çizelge 4.48. Balık filetolarının sertlik değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Balık türü	1	69,66105469	477,14**
Dondurma çözündürme döngüsü	3	9,81606719	67,23**
Balık türü x Dondurma çözündürme döngüsü	3	6,89195608	47,21**
Kriyoprotektan çeşidi	3	2,22733524	15,26**
Balık türü x Kriyoprotektan çeşidi	3	0,88787969	6,08**
Dondurma çözündürme döngüsü x Kriyoprotektan çeşidi	9	0,36514219	2,50*
Çözündürme metodu	2	0,17602708	1,21
Balık türü x Çözündürme metodu	2	0,34172500	2,34
Dondurma çözündürme döngüsü x Çözündürme metodu	6	0,14360208	0,98
Kriyoprotektan çeşidi x Çözündürme metodu	6	0,35659306	2,44*
Hata	153		

(**) $p < 0,01$ düzeyinde önemli (*) $p < 0,05$ düzeyinde önemli

Çalışmamızda balığın yağ oranı yüksek ve düşük olmak üzere iki farklı balık türü kullanılmış ve bu farklılık balık etinin sertlik değerini önemli derecede etkilemiştir ($p < 0,01$). Yine dondurma çözündürme döngüsü ve kriyoprotektan çeşidinin balık filetolarının sertlik değeri üzerindeki etkisi önemli bulunurken ($p < 0,01$) çözündürme yönteminin etkisi önemsiz bulunmuştur. Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile ortalamalar arasındaki farklılıklar Çizelge 4.49’da sunulmuştur.

Çizelge 4.49. Balık filetolarının sertlik değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	Sertlik Değeri (kg)
Balık türü	
Palamut	0,56 ^b
Mezgit	1,77 ^a
Dondurma çözündürme döngüsü	
0. Gün	0,50 ^c
1. Çözündürme	1,28 ^b
2. Çözündürme	1,39 ^{ab}
3. Çözündürme	1,49 ^a
Kriyoprotektan çeşidi	
Kontrol	1,48 ^a
Sakkaroz-Sorbitol	1,09 ^b
Sodyum tripolifosfat	1,08 ^b
Sodyum aljinat	1,00 ^b
Çözündürme metodu	
Ortam şartlarında çözündürme	1,10 ^a
Akan suda çözündürme	1,20 ^a
Buzdolabında çözündürme	1,19 ^a

Balık türü değerleri dikkate alındığında yağ oranı yüksek olan palamut balığının sertlik değeri mezgite göre düşük bulunmuştur. Dondurma çözündürme işleminin artışı sertlik değerinin önemli düzeyde ($p<0,01$) artmasına neden olmuştur. Kriyoprotektan kullanımı sertlik değerinin dondurma çözündürme ile sertleşmesini azaltmıştır. Kontrol grubu en yüksek sertlik değerine ulaşmıştır.

Tekstür profil analizleri (TPA) gıdaların kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılan önemli tekniklerden biridir. Tekstür profil analiz parametrelerinden olan sertlik değeri probun ilk daldırıldığında balık filetolarında uygulanan maksimum kuvvettir.

Protein denatürasyonu kas proteinlerinin sertleşmesine sebep olmaktadır (Badii ve Howell 2002; Hallier vd. 2008). Bu sertleşme üzerinde dondurulmuş depolama sürecinde balık kas proteinlerindeki agregasyonu ve su tutma kapasitesindeki azalma ile su-protein interaksiyonundaki değişim ve suyun daha geniş alanlara hareketliliği etki etmektedir (Herrero vd. 2005). Boonsumrej vd. (2007) yaptığı çalışmada dondurulmuş karideslerdeki sertleşmenin miyosin denatürasyonu sebebiyle olduğu kadar miyofibrillar proteinleri çapraz bağlanması ve agregasyonundan kaynaklandığını bildirmektedir. Başka bir çalışmada farklı çözündürme metotlarının sariağz balığının (*Argyrosomus regius*) sertlik değerini önemli derecede ($p<0,05$) arttırdığı bildirilmiştir (Genç vd. 2015).

Buzdolabı koşullarında çözündürülen Çim sazanında (*Ctenopharyngodon idella*) ilk çözündürme işleminde sertlik değerinde başlangıca göre artışın tespit edildiği diğer çözündürme aşamalarında ise düşüş gösterdiği bildirilmiştir (Cheng vd. 2017). Sertlik değeri balık türlerine göre farklılık gösterebilmektedir. Hultmann ve Rustad (2002)'ın somon ve morina balığının buzda depolama süresince tekstürdeki değişimleri üzerine yaptığı bir çalışmada sertlik değerinin depolamada azaldığı, somonun morina balığına göre kohezyon değerinin arttığı ve kas dokusunun daha yumuşak ve daha az elastik olduğu tespit edilmiştir. Literatürdeki farklılıklar balığın tür, ölçüm bölgesi, büyüklük, ağırlık ve balığa uygulanan işleme göre değişiklik gösterebilmektedir. (Hallier vd. (2008) Avrupa yayın balığında yaptığı bir çalışmada dondurma çözünürme işlemi ile sertlik değerinin artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

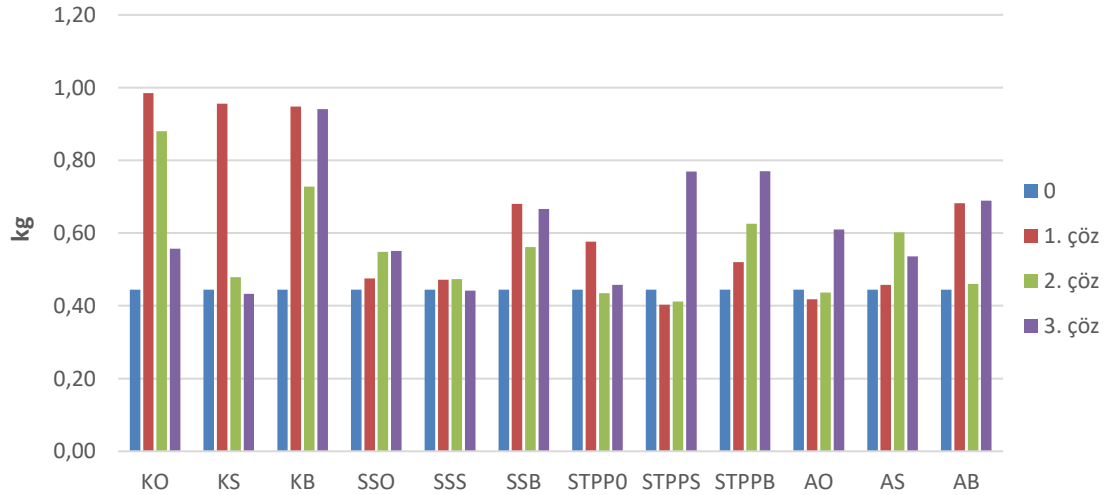
Yine dondurma işleminde de oluşan farklılıklar tekstürdeki farklılıkları arttırmaktadır. Uygun olmaya dondurma işlemi ve dondurma oranları kas dokusuna zarar veren hücre dışı buz oluşumuna sebep olmaktadır. Bunun dışında dondurma işlemi de et kalitesini etkileyen önemli bir basamaktır (Cheng vd. 2017). Dondurma çözündürme işlemleri sonucu proteinlerin denatürasyonu meydana gelmekte yine proteinlerdeki fonksiyonel özelliklerinde değişiklikler meydana gelmektedir bu da balık filetolarında sertleşmeye sebep olmaktadır (Mackie 1993; Barroso 1998; Refsgaard 1999). Boonsumrej vd. (2007) miyosin denatürasyonu olduğu kadar kas proteinlerinin çapraz bağlanması ve agregasyonu sonucu sertlik değeri arttığını ayrıca damlama kaybından ötürü kas lifleri büzülerek küçüldüğü bildirmiştir. Prabpree ve Pongsawatmanit (2011) yaptığı bir çalışmada farklı konsantrasyonlarda tapyoka nişastası ve sazan balığı (*Cirrhina microlepis*) eti kullanılarak hazırlanan balık sosislerinde dondurma ve çözündürme işlem sayısının artmasının sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerinde artışa sebep olduğunu bildirmiştir. Lian ve (2000) %0,4 aljinat+%4 sorbitol+%0,1 sodyum tripolifosfatın balık kıymasını dondurulmuş depolama boyunca sertleşmeden korurken karragenanın ise dondurma süresince oluşan sertleşmede etkisiz olduğu bildirilmiştir. Lee ve Lian (2002) balıktaki içeriğindeki kalsiyum içeriğinin balık etinin sertleşmesiyle doğru

orantılı olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmamızda sodyum aljnat uygulanmış balık filetolarının daha düşük sertlik değerine ulaşmış olduğu belirlenmiştir. Aljnatın kriyoprotektan etkisi kalsiyum iyonlarıyla şelat oluşturması ve protein çapraz bağlanmasını etkilemesi ile olmaktadır yine sodyum tripolifosfatta benzer etkiyi gösterdiği bilinmektedir. Sodyum aljnat uygulanmış örneklerin daha başarılı grup olması kalsiyum iyonlarının daha iyi bağlaması ile açıklanabilir.

Çizelge 4.50. Balık filetolarının sertlik değerleri

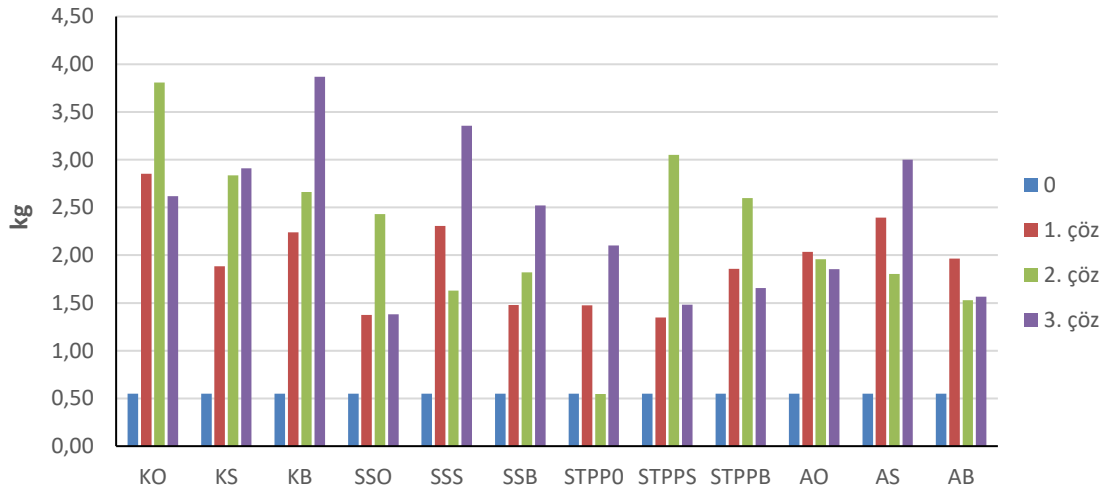
Sertlik (kg)	Palamut				Mezgit			
	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz
KO	0,44±0,00	0,99±0,06	0,88±0,03	0,56±0,02	0,55±0,06	2,85±0,09	3,81±0,03	2,62±0,11
KS	0,44±0,00	0,96±0,01	0,48±0,01	0,43±0,00	0,55±0,06	1,88±0,01	2,84±0,10	2,91±0,16
KB	0,44±0,00	0,95±0,05	0,73±0,02	0,94±0,03	0,55±0,06	2,24±0,15	2,66±0,06	3,87±0,05
SSO	0,44±0,00	0,47±0,01	0,55±0,02	0,55±0,04	0,55±0,06	1,37±0,18	2,43±0,49	1,38±0,06
SSS	0,44±0,00	0,47±0,00	0,47±0,00	0,44±0,14	0,55±0,06	2,31±0,15	1,63±0,00	3,36±0,09
SSB	0,44±0,00	0,68±0,02	0,56±0,03	0,67±0,02	0,55±0,06	1,48±0,04	1,82±0,10	2,52±0,01
STPPO	0,44±0,00	0,58±0,05	0,43±0,01	0,46±0,01	0,55±0,06	1,48±0,05	0,55±0,01	2,10±0,03
STPPS	0,44±0,00	0,40±0,04	0,41±0,05	0,77±0,02	0,55±0,06	1,35±0,14	3,05±0,03	1,48±0,27
STPPB	0,44±0,00	0,52±0,03	0,63±0,05	0,77±0,04	0,55±0,06	1,86±0,18	2,6±0,07	1,66±0,12
AO	0,44±0,00	0,42±0,05	0,44±0,01	0,61±0,06	0,55±0,06	2,04±0,37	1,96±0,01	1,85±0,00
AS	0,44±0,00	0,46±0,00	0,60±0,04	0,54±0,01	0,55±0,06	2,39±0,18	1,80±0,07	3,00±0,12
AB	0,44±0,00	0,68±0,01	0,46±0,06	0,69±0,01	0,55±0,06	1,96±0,04	1,53±0,01	1,56±0,06

KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS, Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljnat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljnat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljnat, buzdolabında çözündürülmüş



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS, Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljnat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljnat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljnat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.31. Yağlı balık filetolarının (Palamut) sertlik değerleri



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STTPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STTPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STTPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.32. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) sertlik değerleri

4.10.2. Yapışkanlık değerine ait bulgular

Farklı çözündürme yöntemleri ve kriyoprotektanların kullanıldığı yağ oranı farklı iki balık türü için yapılan çalışmamızda tekstür ölçüm parametrelerinden yapışkanlık değeri incelenmiş ve sonuçlar istatistiksel değerlendirmeye tabi tutulmuş ve varyans analiz sonuçları Çizelge 4.51’de sunulmuştur.

Balığın yağ oranı ve kullanılan kriyoprotektan çeşidi yapışkanlık değerini önemli ($p<0,01$) derecede etkilerken çözündürme metodunun etkisi önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.51. Balık filetolarının yapışkanlık değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Balık türü	1	23578,24053	100,24**
Dondurma çözündürme döngüsü	3	1688,59640	7,18**
Balık türü x Dondurma çözündürme döngüsü	3	1045,43860	4,44**
Kriyoprotektan çeşidi	3	2437,60520	10,36**
Balık türü x Kriyoprotektan çeşidi	3	1339,24799	5,69**
Dondurma çözündürme döngüsü x Kriyoprotektan çeşidi	9	692,03596	2,94**
Çözündürme metodu	2	27,43031	0,12
Balık türü x Çözündürme metodu	2	154,77477	0,66
Dondurma çözündürme döngüsü x Çözündürme metodu	6	457,50736	1,95
Kriyoprotektan çeşidi x Çözündürme metodu	6	123,64449	0,53
Hata	153		

(**) $p<0,01$ düzeyinde önemli (*) $p<0,05$ düzeyinde önemli

Dondurma çözündürme işlemi arttıkça balık filetolarının yapışkanlık değeri önemli oranda değişim göstermiş ($p<0,01$) başlangıç yapışkanlık değeri ilk çözündürme işlemi sonucunda yüksek artış göstermiş daha sonraki çözündürme işlemleri ile hafif düşme göstermiştir. Yapışkanlık değeri 3. çözündürme işlemi sonunda -23,91 g/sn değerine ulaşmıştır. Yapışkanlık değerine ait değerlerin ortalamaları arasındaki farklılıklar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile Çizelge 4.52’de sunulmuştur.

Sodyum tripolifosfat uygulanmış balık filetoları daha yüksek yapışkanlık değeri elde etmiştir. En düşük yapışkanlık değerleri sakkaroz-sorbitol ve sodyum aljinat uygulanmış balık filetolarında tespit edilmiştir. Çözündürme metotları yapışkanlık değerinde herhangi değişime sebep olmamıştır. Yağlı balık olarak kullanılan palamutun yapışkanlık değeri az yağlı balık olarak kullanılmış olan mezgite göre daha düşük olmuştur.

Tekstür analizinde probun ilk sıkıştırma işlemi sonrası gıda ile temasından sonra oluşan çekim miktarı yapışkanlığı tanımlanmakta ve tekstür profil analizi sonucu elde edilen grafikte negatif yöndeki kuvvet ile hesaplanan bulunan negatif alanı ifade etmektedir.

Çizelge 4.52. Balık filetolarının yapışkanlık değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

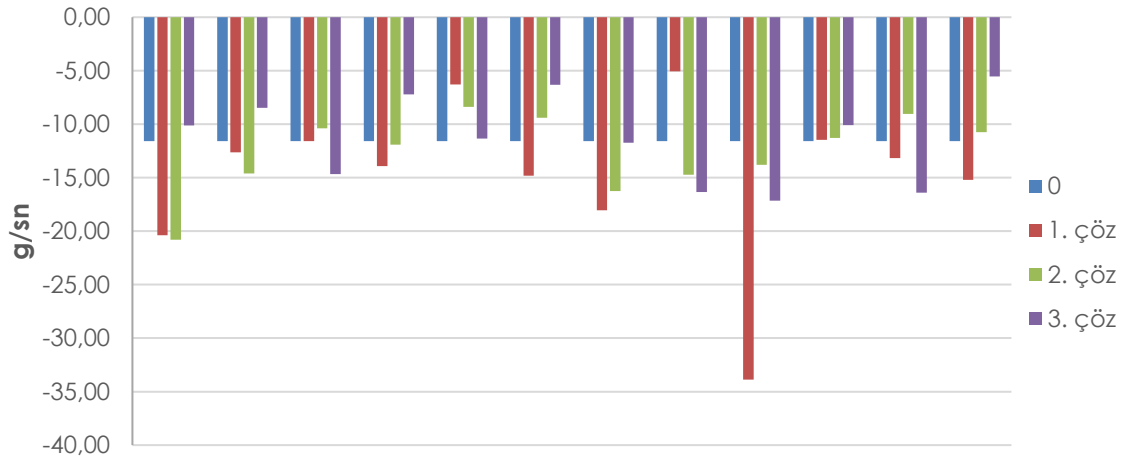
	Yapışkanlık Değeri (g/sn)
Balık türü	
Palamut	-12,55 ^a
Mezgit	-34,71 ^b
Dondurma çözündürme döngüsü	
0. Gün	-16,59 ^a
1. Çözündürme	-31,07 ^c
2. Çözündürme	-23,91 ^b
3. Çözündürme	-22,95 ^b
Kriyoprotektan çeşidi	
Kontrol	-21,48 ^a
Sakkaroz-Sorbitol	-18,04 ^a
Sodyum tripolifosfat	-34,08 ^b
Sodyum aljinat	-20,93 ^a
Çözündürme metodu	
Ortam şartlarında çözündürme	-23,69 ^a
Akan suda çözündürme	-24,25 ^a
Buzdolabında çözündürme	-22,95 ^a

Genç vd. (2015) farklı çözündürme yöntemlerinin yapışkanlık değeri üzerinde etkisiz olduğunu bildirmiştir. Aubourg vd. (2013) yaptığı çalışmada orkinos balığında dondurma işleminden önce farklı düzeyde ve sürede yüksek basınç uygulamış tekstür analizleri sonucunda depolama süresince balıkların yapışkanlık değerinin azaldığını tespit etmişlerdir. Dondurma ve çözündürme işlemleriyle buz kristalleri oluşumu, oluşan reaksiyonlar, suyun hareketi ve su kaybı tekstürdeki değişimlere sebep olmaktadır. ,

Çizelge 4.53. Balık filetolarının yapışkanlık değerleri

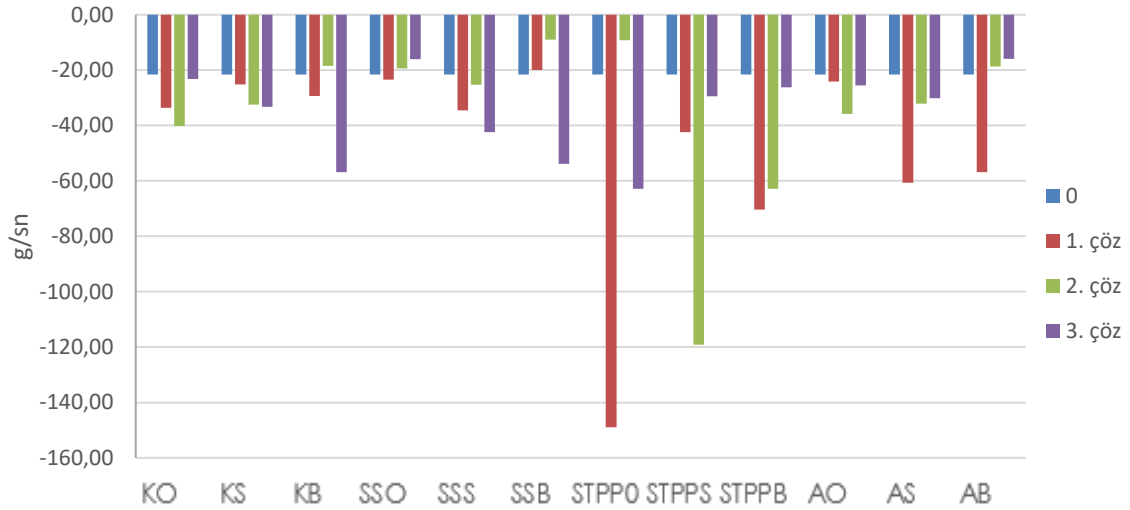
Yapışkanlık (g/sn)	Palamut				Mezgit			
	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz
KO	-11,59±2,93	-20,39±4,34	-20,80±1,46	-10,11±0,52	-21,58±0,99	-33,57±3,25	-40,16±3,87	-23,24±0,58
KS	-11,59±2,93	-12,62±0,48	-14,62±0,02	-8,46±4,00	-21,58±0,99	-25,19±0,49	-32,47±0,12	-33,22±0,94
KB	-11,59±2,93	-11,58±1,49	-10,39±0,13	-14,67±2,29	-21,58±0,99	-29,29±0,66	-18,41±1,24	-56,78±4,94
SSO	-11,59±2,93	-13,91±0,59	-11,91±0,63	-7,20±0,60	-21,58±0,99	-23,41±0,43	-19,37±1,56	-15,98±1,82
SSS	-11,59±2,93	-6,29±0,20	-8,38±0,69	-11,34±0,97	-21,58±0,99	-34,49±0,60	-25,29±1,27	-42,38±5,89
SSB	-11,59±2,93	-14,82±0,89	-9,40±1,30	-6,32±3,18	-21,58±0,99	-20,01±1,69	-8,95±0,15	-53,87±2,62
STPPO	-11,59±2,93	-18,06±1,29	-16,26±7,93	-11,72±2,06	-21,58±0,99	-148,99±5,34	-9,25±0,17	-62,8±1,83
STPPS	-11,59±2,93	-5,07±0,49	-14,72±3,56	-16,35±1,53	-21,58±0,99	-42,42±0,49	-119,0±4,00	-29,45±2,25
STPPB	-11,59±2,93	-33,87±4,99	-13,80±5,25	-17,15±1,69	-21,58±0,99	-70,34±0,95	-62,79±5,71	-26,15±0,55
AO	-11,59±2,93	-11,47±0,76	-11,29±1,27	-10,08±0,07	-21,58±0,99	-24,12±0,02	-35,83±7,85	-25,52±4,94
AS	-11,59±2,93	-13,18±3,16	-9,04±0,71	-16,41±5,33	-21,58±0,99	-60,66±1,88	-32,09±6,93	-30,08±3,54
AB	-11,59±2,93	-15,22±1,45	-10,73±5,45	-5,54±0,24	-21,58±0,99	-56,81±2,24	-18,71±0,63	-15,94±1,53

KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.33. Yağlı balık filetolarının (Palamut) yapışkanlık değerleri



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.34. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) yapışkanlık değerleri

4.10.3. Esneklik değerine ait bulgular

Farklı kriyoprotektanlar ve çözündürme yöntemlerinin yine farklı yağ içeriğine sahip iki balık türünde çoklu dondurma ve çözündürmenin esneklik değeri üzerine etkileri incelenmiş ve elde edilen sonuçlar istatistiksel değerlendirmeye tabi tutulmuştur (Çizelge 4.54). Balık türü, dondurma çözündürme döngüsü sayısı ve kriyoprotektan çeşidi esneklik değeri üzerinde önemli ($p < 0,01$) etkiye sahipken çözündürme yönteminin esneklik üzerinde etkisiz olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.54. Balık filetolarının esneklik değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Balık türü	1	0,15640833	38,28**
Dondurma çözündürme döngüsü	3	0,19170139	46,91**
Balık türü x Dondurma çözündürme döngüsü	3	0,35687083	87,34**
Kriyoprotektan çeşidi	3	0,03028472	7,41**
Balık türü x Kriyoprotektan çeşidi	3	0,01589306	3,89*
Dondurma çözündürme döngüsü x Kriyoprotektan çeşidi	9	0,00685093	1,68
Çözündürme metodu	2	0,00006927	0,02
Balık türü x Çözündürme metodu	2	0,00455052	1,11
Dondurma çözündürme döngüsü x Çözündürme metodu	6	0,00601233	1,47
Kriyoprotektan çeşidi x Çözündürme metodu	6	0,00750816	1,84
Hata	153		

(**) $p < 0,01$ düzeyinde önemli (*) $p < 0,05$ düzeyinde önemli

Ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile Çizelge 4.55'te sunulmuştur. Yağlı balık filetoları daha yüksek esneklik göstermiştir. Birinci çözündürme işlemi sonunda başlangıç değerinden daha esnek yapıda olan balık filetoları ikinci çözündürme işlemi ile birlikte düşüş göstermiş ve üçüncü çözündürme işlemi ile bu değer sabit kalmıştır.

Esneklik değeri kasın gerildikten sonra orijinal boyutuna dönmesindeki elastikliği ifade etmektedir. Balık rigor süresince sert yapıda olan balık etki otolitik enzimler ile yumuşamaktadır. Balıklarda tazelik belirlenmesi amacıyla elle bastırılan balık etinin orijinal haline dönebilme derecesi tazelik göstergesi olmaktadır. Esneklik değeri de aynı mantıkla hareket ile değerlendirilebilmektedir. Esneklik değerinin düşük olması balık tazeliğinin azaldığını göstermektedir.

Sakkaroz-sorbitol, sodyum-aljinat uygulanmış balık filetoları kontrol grubu ile benzer sonuçlar verirken sodyum tripolifosfat uygulanmış balık filetolarının esneklik değeri diğer gruplara göre daha yüksek bulunmuştur. Mezgit ve palamut dondurma çözündürme işlemlerinde farklı değerler almış mezgit filetolarında esneklik değerinde artış gözlemlenirken palamutta ise esneklik değerinde azalma olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.35, Şekil 4.36).

Çizelge 4.55. Balık filetolarının esneklik değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

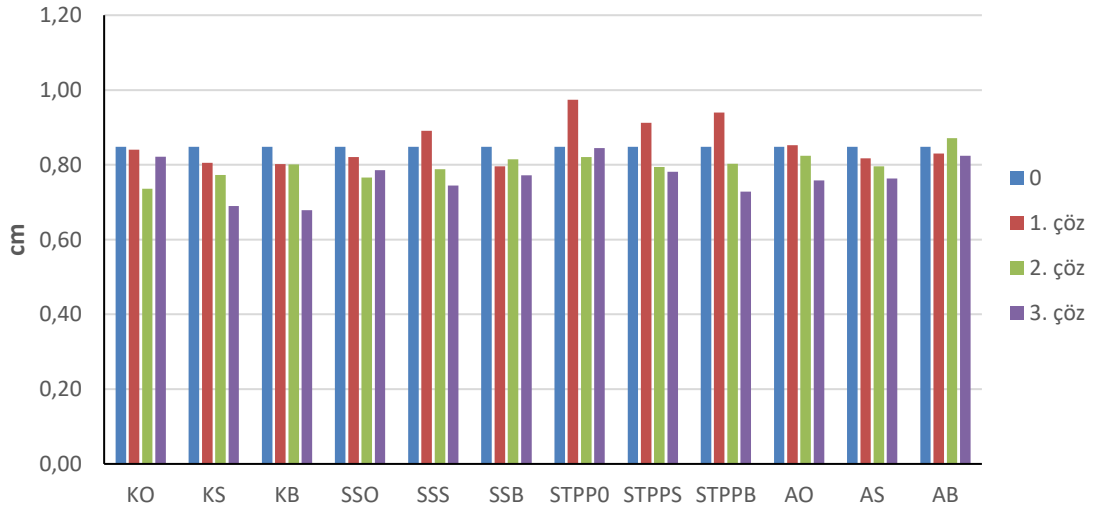
Esneklik Değeri (cm)	
Balık türü	
Palamut	0,82 ^a
Mezgit	0,76 ^b
Dondurma çözündürme döngüsü	
0. Gün	0,70 ^c
1. Çözündürme	0,84 ^a
2. Çözündürme	0,81 ^b
3. Çözündürme	0,81 ^b
Kriyoprotektan çeşidi	
Kontrol	0,78 ^b
Sakkaroz-Sorbitol	0,78 ^b
Sodyum tripolifosfat	0,83 ^a
Sodyum aljinat	0,77 ^b
Çözündürme metodu	
Ortam şartlarında çözündürme	0,79 ^a
Akan suda çözündürme	0,79 ^a
Buzdolabında çözündürme	0,79 ^a

Ma vd. (2015) farklı kriyoprotektan uygulanmış karideslerde dondurulmuş depolama süresince esneklik ve çiğnenebilirlik değerinin azaldığını bildirmiştir. Sodyum pirofosfat, trehaloz ve aljinat oligosakkarit uygulanmış gruplar kontrol grubuna göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Çalışmamızla literatür arasındaki farklılık materyal farklılığı ve uygulanan ön işlem farklılığından kaynaklanabilmektedir.

Çizelge 4.56. Balık filetolarının esneklik değerleri

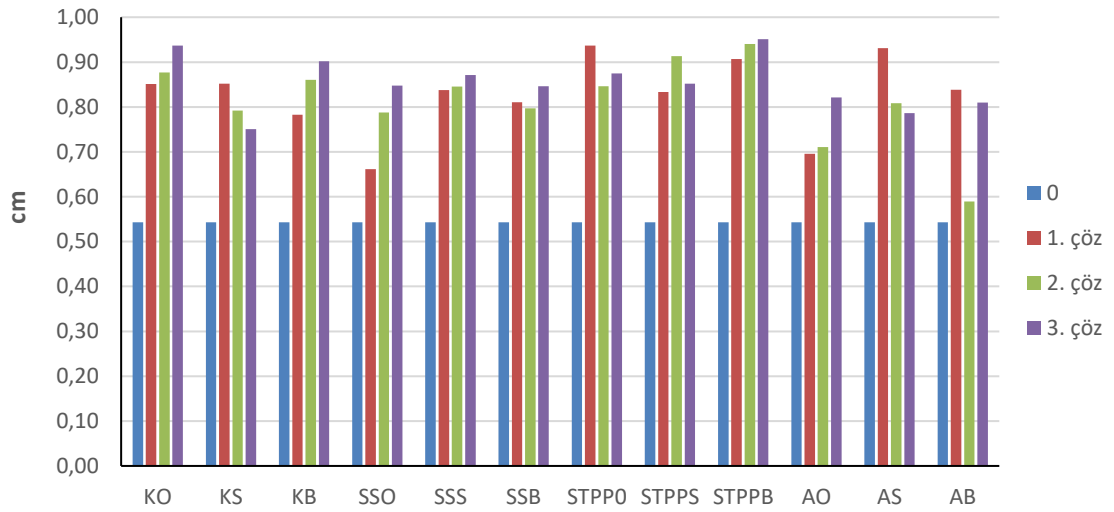
Esneklik (cm)	Palamut				Mezgit			
	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz
KO	0,85±0,04	0,84±0,04	0,74±0,04	0,82±0,01	0,54±0,04	0,85±0,00	0,88±0,01	0,94±0,06
KS	0,85±0,04	0,81±0,04	0,77±0,06	0,69±0,01	0,54±0,04	0,85±0,00	0,79±0,00	0,75±0,02
KB	0,85±0,04	0,8±0,07	0,80±0,07	0,68±0,03	0,54±0,04	0,78±0,01	0,86±0,02	0,90±0,09
SSO	0,85±0,04	0,82±0,03	0,77±0,04	0,79±0,05	0,54±0,04	0,66±0,00	0,79±0,03	0,85±0,05
SSS	0,85±0,04	0,89±0,02	0,79±0,04	0,74±0,02	0,54±0,04	0,84±0,01	0,85±0,09	0,87±0,03
SSB	0,85±0,04	0,8±0,06	0,81±0,01	0,77±0,00	0,54±0,04	0,81±0,00	0,80±0,04	0,85±0,01
STPPO	0,85±0,04	0,97±0,02	0,82±0,07	0,84±0,03	0,54±0,04	0,94±0,02	0,85±0,04	0,87±0,09
STPPS	0,85±0,04	0,91±0,02	0,79±0,04	0,78±0,09	0,54±0,04	0,83±0,04	0,91±0,02	0,85±0,05
STPPB	0,85±0,04	0,94±0,03	0,80±0,05	0,73±0,01	0,54±0,04	0,91±0,03	0,94±0,02	0,95±0,02
AO	0,85±0,04	0,85±0,06	0,82±0,00	0,76±0,03	0,54±0,04	0,70±0,03	0,71±0,03	0,82±0,07
AS	0,85±0,04	0,82±0,01	0,80±0,02	0,76±0,00	0,54±0,04	0,93±0,01	0,81±0,00	0,79±0,05
AB	0,85±0,04	0,83±0,00	0,87±0,07	0,82±0,02	0,54±0,04	0,84±0,13	0,59±0,02	0,81±0,01

KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.35. Yağlı balık filetolarının (Palamut) esneklik değerleri



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.36. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) esneklik değerleri

4.10.4. Kohezyon değerine ait bulgular

Balık filetolarına uygulanan tekstür profil analizi sonucu belirlenen kohezyon değerleri istatistiksel analize tabi tutulmuş ve varyans analiz sonuçları Çizelge 4.57’de sunulmuştur.

Çizelge 4.57. Balık filetolarının kohezyon değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Balık türü	1	1,31010208	665,60**
Dondurma çözündürme döngüsü	3	0,01560694	7,93**
Balık türü x Dondurma çözündürme döngüsü	3	0,06613403	33,60**
Kriyoprotektan çeşidi	3	0,00446806	2,27
Balık türü x Kriyoprotektan çeşidi	3	0,00347014	1,76
Dondurma çözündürme döngüsü x Kriyoprotektan çeşidi	9	0,00269630	1,37
Çözündürme metodu	2	0,00021458	0,11
Balık türü x Çözündürme metodu	2	0,00316458	1,61
Dondurma çözündürme döngüsü x Çözündürme metodu	6	0,00138403	0,70
Kriyoprotektan çeşidi x Çözündürme metodu	6	0,00146181	0,74
Hata	153		

(**) $p < 0,01$ düzeyinde önemli (*) $p < 0,05$ düzeyinde önemli

Balık türünün ve çözündürme döngüsünün kohezyon değeri üzerindeki etkisi önemli ($p < 0,01$) bulunmuştur. Kriyoprotektan kullanımı ve çözündürme metodundaki farklılık kohezyon değerinde önemli bir etkiye sebep olmamıştır. Tespit edilen kohezyon

değerleri ortalamaları arasındaki farklılıklar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile değerlendirilmiş ve Çizelge 4.58’de sunulmuştur.

Çizelge 4.58. Balık filetolarının kohezyon değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

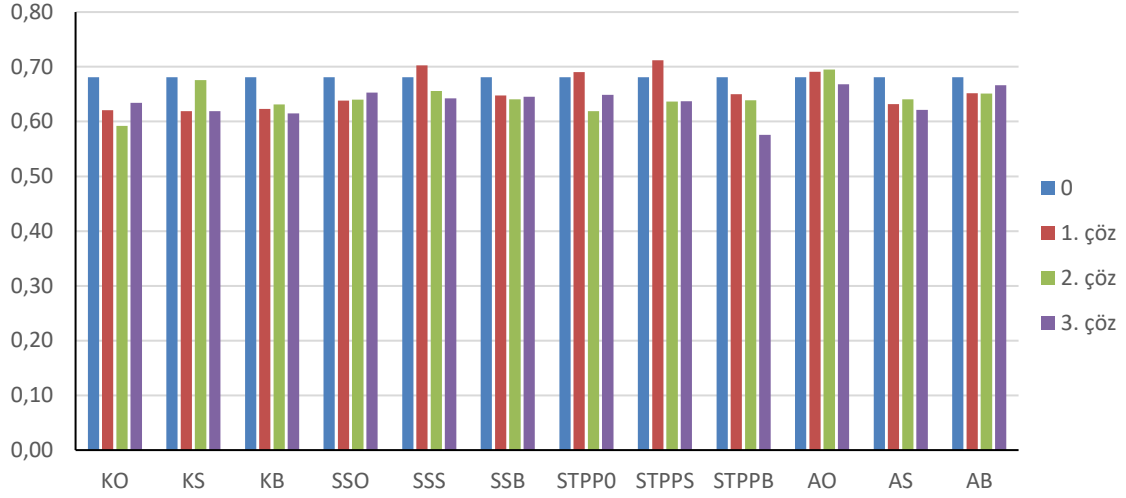
Kohezyon Değeri	
Balık türü	
Palamut	0,65 ^a
Mezgit	0,49 ^b
Dondurma çözündürme döngüsü	
0. Gün	0,55 ^c
1. Çözündürme	0,57 ^{bc}
2. Çözündürme	0,58 ^{ab}
3. Çözündürme	0,59 ^a
Kriyoprotektan çeşidi	
Kontrol	0,56 ^b
Sakkaroz-Sorbitol	0,57 ^{ab}
Sodyum tripolifosfat	0,58 ^a
Sodyum aljinat	0,57 ^{ab}
Çözündürme metodu	
Orta şartlarında çözündürme	0,57 ^a
Akan suda çözündürme	0,57 ^a
Buzdolabında çözündürme	0,57 ^a

Yağlı balık olan palamut dondurma çözündürme döngüleri boyunca daha yüksek kohezyon değerleri göstermiş. Çözündürme sayısı arttıkça kohezyon değerinde önemli artış meydana gelmiştir ($p<0,01$). Kriyoprotektan ve çözündürme yöntemine göre gruplar gözönünde bulundurulduğunda benzer kohezyon değerleri aldıkları belirlenmiştir.

Çizelge 4.59. Balık filetolarının kohezyon değerleri

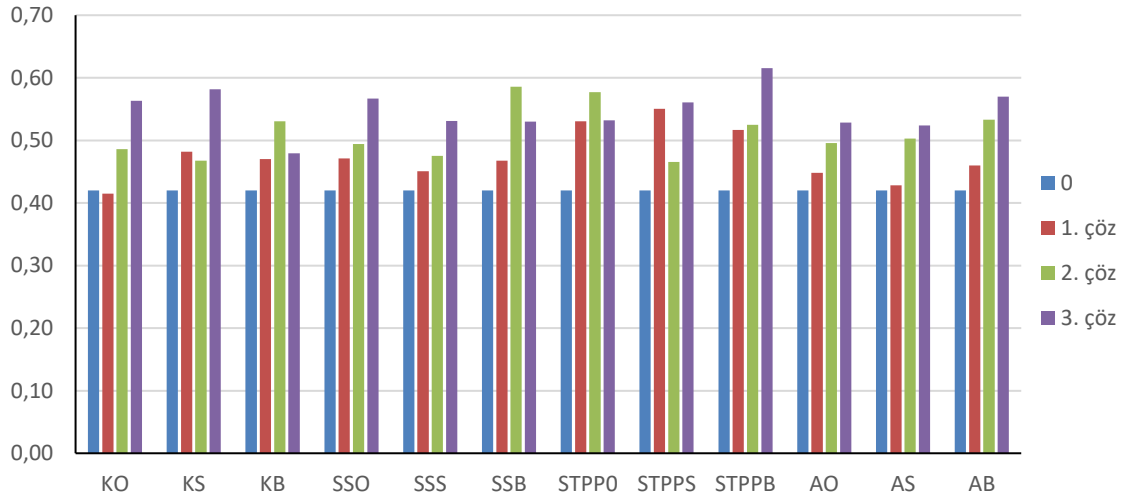
Kohezyon	Palamut				Mezgit			
	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz
KO	0,68±0,04	0,62±0,05	0,59±0,02	0,63±0,02	0,42±0,06	0,42±0,01	0,49±0,02	0,56±0,00
KS	0,68±0,04	0,62±0,03	0,68±0,02	0,62±0,01	0,42±0,06	0,48±0,01	0,47±0,04	0,58±0,01
KB	0,68±0,04	0,62±0,01	0,63±0,00	0,62±0,02	0,42±0,06	0,47±0,01	0,53±0,02	0,48±0,01
SSO	0,68±0,04	0,64±0,01	0,64±0,03	0,65±0,00	0,42±0,06	0,47±0,00	0,49±0,01	0,57±0,03
SSS	0,68±0,04	0,70±0,00	0,66±0,01	0,64±0,01	0,42±0,06	0,45±0,04	0,48±0,04	0,53±0,01
SSB	0,68±0,04	0,65±0,05	0,64±0,01	0,65±0,01	0,42±0,06	0,47±0,04	0,59±0,05	0,53±0,03
STPPO	0,68±0,04	0,69±0,00	0,62±0,05	0,65±0,01	0,42±0,06	0,53±0,04	0,58±0,04	0,53±0,02
STPPS	0,68±0,04	0,71±0,03	0,64±0,05	0,64±0,01	0,42±0,06	0,55±0,05	0,47±0,02	0,56±0,05
STPPB	0,68±0,04	0,65±0,02	0,64±0,01	0,58±0,02	0,42±0,06	0,52±0,01	0,52±0,03	0,62±0,07
AO	0,68±0,04	0,69±0,02	0,70±0,01	0,67±0,01	0,42±0,06	0,45±0,00	0,50±0,04	0,53±0,03
AS	0,68±0,04	0,63±0,00	0,64±0,01	0,62±0,00	0,42±0,06	0,43±0,02	0,50±0,00	0,52±0,03
AB	0,68±0,04	0,65±0,00	0,65±0,03	0,67±0,01	0,42±0,06	0,46±0,04	0,53±0,01	0,57±0,02

KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS, Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STTPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.37. Yağlı balık filetolarının (Palamut) kohezyon değerleri



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STTPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.38. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) kohezyon değerleri

Kohezyon diğer bir tekstür profil analizi parametresi olup, ilk sıkıştırma dolayısıyla oluşan deformasyona kasın dayanımını ifade etmektedir. Kohezyon değeri=1 ise kas dayanıklılığını korumakta ve iki sıkıştırma işlemi arasında eski yapısını tamamen kazanmaktadır. Kohezyon<1 ise birinci sıkıştırma işleminden sonra eski yapıya dönmeyen bir deformasyonun söz konusu olduğunu ifade etmektedir (Veland ve Torrisen 1999). Buna göre 1 kohezyon değeri 1'e yaklaştıkça deformasyonun azaldığı görülmektedir.

Dondurma çözündürme döngüsü uygulanan çim sazanında (*Ctenopharyngodon idella*) kohezyon değeri çözündürme arttıkça azalma göstermiştir (Cheng vd. 2017). Çalışmamızda uygulama grupları arasından sodyum tripolifosfat uygulanmış grupların kohezyon değeri daha yüksek olmuş dondurma ve çözündürme ile oluşan deformasyondan daha az etkilenmiştir.

4.10.5. Sakızimsılık değerine ait bulgular

Balık filetosu örneklerinde gerçekleştirilen tekstür profil analizi sonucu elde edilen sakızimsılık değerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.60'da verilmiştir.

Çizelge 4.60. Balık filetolarının sakızimsılık değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Balık türü	1	12,79267500	372,68**
Dondurma çözündürme döngüsü	3	3,30907431	96,40**
Balık türü x Dondurma çözündürme döngüsü	3	2,22318056	64,77**
Kriyoprotektan çeşidi	3	0,39510347	11,51**
Balık türü x Kriyoprotektan çeşidi	3	0,11776250	3,43*
Dondurma çözündürme döngüsü x Kriyoprotektan çeşidi	9	0,07250347	2,11*
Çözündürme metodu	2	0,11348125	3,31*
Balık türü x Çözündürme metodu	2	0,18950625	5,52**
Dondurma çözündürme döngüsü x Çözündürme metodu	6	0,04116597	1,20
Kriyoprotektan çeşidi x Çözündürme metodu	6	0,07715139	2,25*
Hata	153		

(**) $p < 0,01$ düzeyinde önemli (*) $p < 0,05$ düzeyinde önemli

Sakızimsılık değeri balık türleri arasında önemli ($p < 0,01$) farklılık göstermiştir. Çözündürme sayısı, kriyoprotektan çeşidi ($p < 0,01$) ve çözündürme yönteminin de sakızimsılık değeri üzerindeki etkisi önemli ($p < 0,01$) bulunmuştur. Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile ortalamalar arasındaki farklılıklar Çizelge 4.61'de ortaya konulmuştur.

Yağsız balık türü olan mezgitin dondurma ve çözündürme işlemleri boyunca sakızimsılık değerlerinin daha yüksek olduğu bulunmuştur. Dondurma çözündürme işleminin artması ile sakızimsılık değeri artış göstermiştir. Kriyoprotektan kullanımı sakızimsılık değerinin daha düşük kalmasını sağlamış, Kontrol grubu sakızimsılık değeri en yüksek değere (0,75 g) sahip grup olmuştur. Balık filetolarında akan suda çözündürme işlemi uygulanmış gruplar en yüksek sakızimsılık değerine sahip grup olmuştur.

Tekstür profil analiz parametrelerinden sakızimsılık yarı katı özellikteki gıdaların yutmaya hazır hale gelene kadar parçalanması için gerekli kuvveti ifade etmektedir. İki kez dondurma işleminin morina balığı filetolarının duyusal, fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, sakızimsılık ve sıkı yapı karakteristiği bir kez dondurulmuş ve iki kez dondurulmuş balıklar arasında önemli farklılık göstermiştir (Schubring 2002).

Çizelge 4.61. Balık filetolarının sakızimsılık değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Sakızimsılık Değeri (kg)	
Balık türü	
Palamut	0,36 ^b
Mezgit	0,88 ^a
Dondurma çözündürme döngüsü	
0. Gün	0,25 ^d
1. Çözündürme	0,63 ^c
2. Çözündürme	0,72 ^b
3. Çözündürme	0,87 ^a
Kriyoprotektan çeşidi	
Kontrol	0,75 ^a
Sakkaroz-Sorbitol	0,58 ^b
Sodyum tripolifosfat	0,57 ^b
Sodyum aljinat	0,57 ^b
Çözündürme metodu	
Ortam şartlarında çözündürme	0,57 ^b
Akan suda çözündürme	0,65 ^a
Buzdolabında çözündürme	0,63 ^{ab}

Çizelge 4.62. Balık filetolarının sakızimsılık değerleri

Sakızimsılık (kg)	Palamut				Mezgit			
	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz
KO	0,28±0,08	0,56±0,04	0,5±0,04	0,36±0,08	0,23±0,01	1,04±0,05	1,82±0,06	1,46±0,04
KS	0,28±0,08	0,55±0,02	0,35±0,01	0,28±0,05	0,23±0,01	0,89±0,01	1,41±0,10	1,50±0,04
KB	0,28±0,08	0,61±0,02	0,45±0,07	0,57±0,01	0,23±0,01	0,91±0,03	1,33±0,00	1,97±0,01
SSO	0,28±0,08	0,34±0,05	0,37±0,01	0,36±0,03	0,23±0,01	0,64±0,01	1,00±0,05	0,72±0,03
SSS	0,28±0,08	0,33±0,02	0,31±0,00	0,3±0,08	0,23±0,01	0,84±0,00	0,93±0,03	1,92±0,04
SSB	0,28±0,08	0,45±0,05	0,37±0,02	0,42±0,07	0,23±0,01	0,69±0,02	0,82±0,06	1,54±0,01
STPPO	0,28±0,08	0,41±0,05	0,26±0,06	0,34±0,03	0,23±0,01	0,60±0,03	0,31±0,04	1,40±0,06
STPPS	0,28±0,08	0,26±0,00	0,25±0,02	0,56±0,09	0,23±0,01	0,89±0,01	1,37±0,01	1,08±0,05
STPPB	0,28±0,08	0,39±0,02	0,43±0,00	0,44±0,07	0,23±0,01	0,93±0,04	1,22±0,04	0,96±0,08
AO	0,28±0,08	0,27±0,08	0,30±0,03	0,33±0,03	0,23±0,01	0,96±0,13	0,90±0,03	1,00±0,02
AS	0,28±0,08	0,25±0,04	0,40±0,08	0,33±0,00	0,23±0,01	1,02±0,04	1,08±0,08	1,71±0,07
AB	0,28±0,08	0,43±0,08	0,31±0,09	0,47±0,06	0,23±0,01	0,88±0,00	0,73±0,03	0,85±0,03

KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS, Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam artlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Çalışmamızda sakızımsılık değeri kontrol grubunda en yüksek bulunmuştur. Aynı örnek grubu için sertlik değeri de daha yüksek bulunmuş olup sertlik değeri daha düşük olan kriyoprotektan uygulanmış grupların sakızımsılık değeri için harcanması gereken kuvvet daha düşük bulunmuştur.



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.39. Yağlı balık filetolarının (Palamut) sakızımsılık değerleri



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.40. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) sakızımsılık değerleri

4.10.6. Çiğnenebilirlik değerine ait bulgular

İstatistiksel değerlendirmesi gerçekleştirilen palamut ve mezgit balığı örneklerinin çiğnenebilirlik değerine ait tekstür profil analiz sonuçları Çizelge 4.63'te verilmiştir.

Çizelge 4.63. Balık filetolarının çiğnenebilirlik değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Balık türü	1	8,32500208	249,63**
Dondurma çözündürme döngüsü	3	2,32751458	69,79**
Balık türü x Dondurma çözündürme döngüsü	3	1,91202014	57,33**
Kriyoprotektan çeşidi	3	0,26621736	7,98**
Balık türü x Kriyoprotektan çeşidi	3	0,11547292	3,46*
Dondurma çözündürme döngüsü x Kriyoprotektan çeşidi	9	0,07075764	2,12*
Çözündürme metodu	2	0,03778802	1,13
Balık türü x Çözündürme metodu	2	0,08128177	2,44
Dondurma çözündürme döngüsü x Çözündürme metodu	6	0,02535885	0,76
Kriyoprotektan çeşidi x Çözündürme metodu	6	0,09012622	2,70*
Hata	153		

(**) $p < 0,01$ düzeyinde önemli (*) $p < 0,05$ düzeyinde önemli

Çiğnenebilirlik değeri balık türleri arasında önemli ($p < 0,01$) farklılık göstermiştir. Yağsız balık türü daha yüksek çiğnenebilirlik değeri elde etmiştir. Dondurma çözündürme işlemi ve kullanılan kriyoprotektan çeşidi ile önemli ($p < 0,01$) değişim gösteren çiğnenebilirlik değeri üzerinde çözündürme yönteminin etkisi önemsiz bulunmuştur. Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile ortalamalar arasındaki farklılıklar Çizelge 4.64'te oraya konulmuştur. Buna göre dondurma çözündürme işlemi ile birlikte çiğnenebilirlik değeri başlangıca göre önemli artış göstermiştir ($p < 0,01$). Kriyoprotektan kullanılmış balık filetoları kontrol grubuna göre daha düşük çiğnenebilirlik değerlerine ulaşmıştır.

Çiğnenebilirlik değeri sakızimsılık değerinden farklı olarak katı özellikte gıda ürünlerinin yutmaya hazır hale gelene kadar parçalanması için gerekli kuvvet olarak tanımlanmaktadır. Cheng vd. (2017)'nin yaptığı bir çalışmada Çim sazani (*Ctenopharyngodon idella*) filetolarının dondurma ve çözündürme işleminin artmasıyla sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerinde artış tespit edilmiştir. Sakızimsılık değerinde olduğu gibi kontrol grubu yine yüksek değer almış sertlik değeri arttıkça balık filetolarının çiğnenebilirlik değeri de artmıştır.

Çizelge 4.64. Balık filetolarının çiğnenebilirlik değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

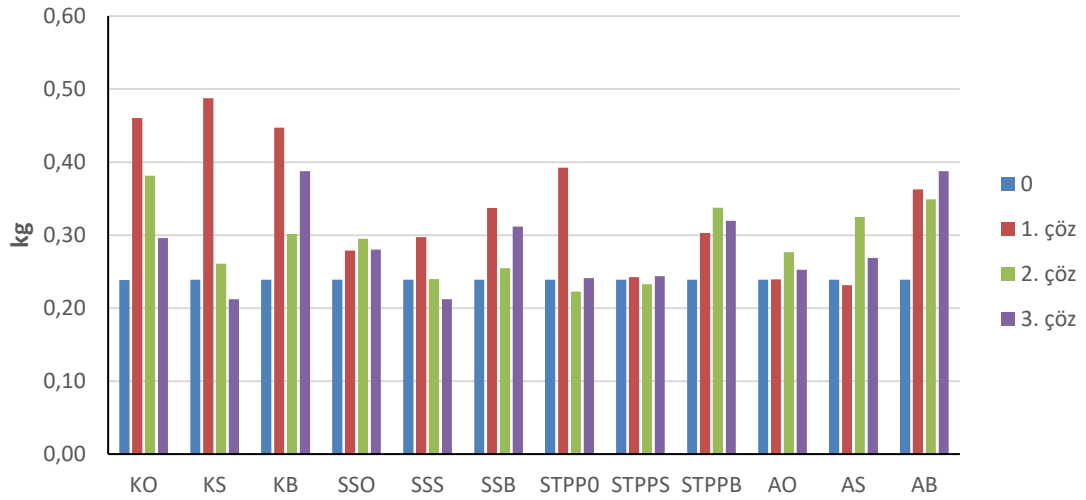
Çiğnenebilirlik Değeri (kg)	
Balık türü	
Palamut	0,29 ^b
Mezgit	0,71 ^a
Dondurma çözündürme döngüsü	
0. Gün	0,19 ^c
1. Çözündürme	0,52 ^b
2. Çözündürme	0,59 ^b
3. Çözündürme	0,69 ^a
Kriyoprotektan çeşidi	
Kontrol	0,61 ^a
Sakkaroz-Sorbitol	0,45 ^b
Sodyum tripolifosfat	0,48 ^b
Sodyum aljinat	0,45 ^b
Çözündürme metodu	
Ortam şartlarında çözündürme	0,47 ^a
Akan suda çözündürme	0,51 ^a
Buzdolabında çözündürme	0,51 ^a

Başka bir çalışmada trehaloz, aljinat oligosakkarit ve sodyum pirofosfat kullanımının pişirilmiş karideslerin (*Litopenaeus vannamei*) dondurarak depolama süresince esneklik ve çiğnenebilirlik değerlerinin geliştirilmesinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Kriyoprotektan etkinin kullanılan bileşiklerin su molekülleri ile yer değiştirmesinden, protein yüzeyine yakın su moleküllerinin konsantrasyonundan, kastaki iyonik çapraz bağlanma etkisinden ya da karides kasında trehaloz ve oligosakkarit türevleri kaynaklı doku stabilitesi sağlanmanabildiği bildirilmektedir (Chao vd. 2017).

Çizelge 4.65. Balık filetolarının çiğnenebilirlik değerleri

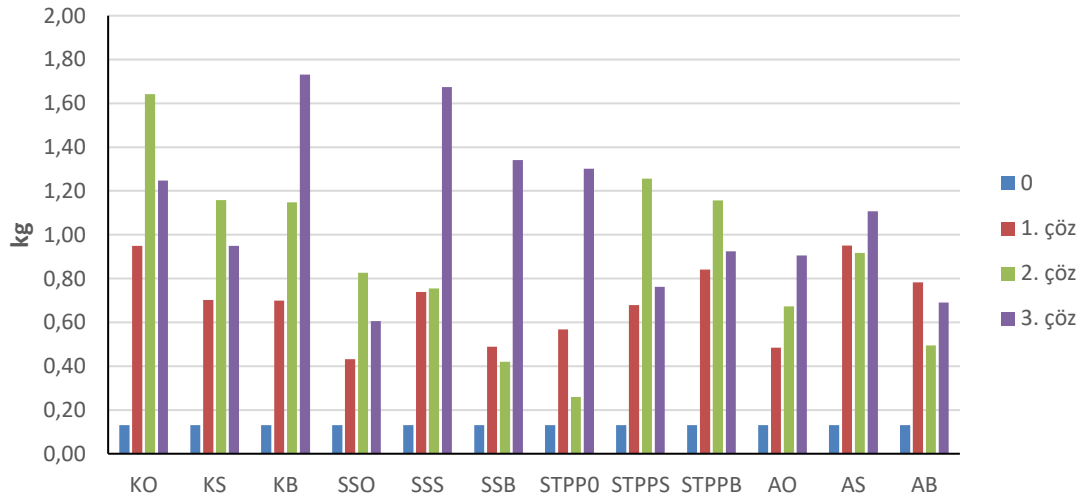
Çiğnenebilirlik (kg)	Palamut				Mezgit			
	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz
KO	0,24±0,06	0,46±0,01	0,38±0,08	0,30±0,07	0,13±0,01	0,95±0,01	1,64±0,07	1,25±0,02
KS	0,24±0,06	0,49±0,02	0,26±0,00	0,21±0,01	0,13±0,01	0,70±0,02	1,16±0,04	0,95±0,06
KB	0,24±0,06	0,45±0,01	0,30±0,02	0,39±0,05	0,13±0,01	0,70±0,04	1,15±0,04	1,73±0,12
SSO	0,24±0,06	0,28±0,05	0,30±0,01	0,28±0,01	0,13±0,01	0,43±0,01	0,83±0,04	0,61±0,00
SSS	0,24±0,06	0,30±0,01	0,24±0,01	0,21±0,06	0,13±0,01	0,74±0,03	0,75±0,06	1,67±0,03
SSB	0,24±0,06	0,34±0,04	0,25±0,02	0,31±0,07	0,13±0,01	0,49±0,05	0,42±0,09	1,34±0,04
STPPO	0,24±0,06	0,39±0,07	0,22±0,06	0,24±0,04	0,13±0,01	0,57±0,02	0,26±0,03	1,30±0,02
STPPS	0,24±0,06	0,24±0,00	0,23±0,04	0,24±0,08	0,13±0,01	0,68±0,01	1,26±0,00	0,76±0,04
STPPB	0,24±0,06	0,30±0,04	0,34±0,03	0,32±0,06	0,13±0,01	0,84±0,03	1,16±0,00	0,92±0,04
AO	0,24±0,06	0,24±0,07	0,28±0,04	0,25±0,03	0,13±0,01	0,48±0,04	0,67±0,12	0,91±0,01
AS	0,24±0,06	0,23±0,00	0,32±0,07	0,27±0,00	0,13±0,01	0,95±0,01	0,92±0,03	1,11±0,05
AB	0,24±0,06	0,36±0,06	0,35±0,03	0,39±0,05	0,13±0,01	0,78±0,00	0,49±0,05	0,69±0,04

KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS, Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STTPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STTPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STTPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.41. Yağlı balık filetolarının (Palamut) çiğnenebilirlik değerleri



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STTPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STTPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STTPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.42. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) çiğnenebilirlik değerleri

4.11. Renk Değerine Ait Bulgular

L değerine ait bulgular*

Yağ oranı farklı iki balık türünün farklı kriyoprotektan ve çözündürme yöntemleri kullanılarak çoklu dondurma ve çözündürme işlemi uygulaması sonrası L* değerinde meydana gelen değişimler analiz edilmiş olup, istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 4.66'da sunulmuştur.

Çizelge 4.66. Balık filetolarının L* değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Balık türü	1	966,517752	183,41**
Dondurma çözündürme döngüsü	3	894,148462	169,68**
Balık türü x Dondurma çözündürme döngüsü	3	232,839715	44,18**
Kriyoprotektan çeşidi	3	6,643969	1,26
Balık türü x Kriyoprotektan çeşidi	3	9,482808	1,80
Dondurma çözündürme döngüsü x Kriyoprotektan çeşidi	9	5,313078	1,01
Çözündürme metodu	2	34,386264	6,53**
Balık türü x Çözündürme metodu	2	17,768532	3,37*
Dondurma çözündürme döngüsü x Çözündürme metodu	6	25,177918	4,78**
Kriyoprotektan çeşidi x Çözündürme metodu	6	1,245652	0,24
Hata	153		

(**) $p < 0,01$ düzeyinde önemli (*) $p < 0,05$ düzeyinde önemli

Balık türü, dondurma çözündürme döngüsü ve çözündürme yöntemi L* değerini önemli düzeyde ($p < 0,01$) etkilemiştir. Kullanılan kriyoprotektan çeşidi ise L* değeri üzerinde etkisiz kalmıştır. Buna paralel olarak balık türü, dondurma çözündürme döngüsü ve çözündürme metodu arasındaki interaksiyon da istatistiksel olarak önemli ($p < 0,01$) bulunmuştur. Elde edilen L* değerlerine ait ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile Çizelge 4.67'de sunulmuştur.

L* değeri beyazlık veya parlaklık koyuluk değerini ifade etmektedir. L değerinin artması parlaklığın arttığını, düşmesi ise koyuluğun attığını göstermektedir. Her iki balık türünün parlaklık değeri yüksek olsa da palamutun parlaklık değeri mezgite göre daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.67. Balık filetolarının L* değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

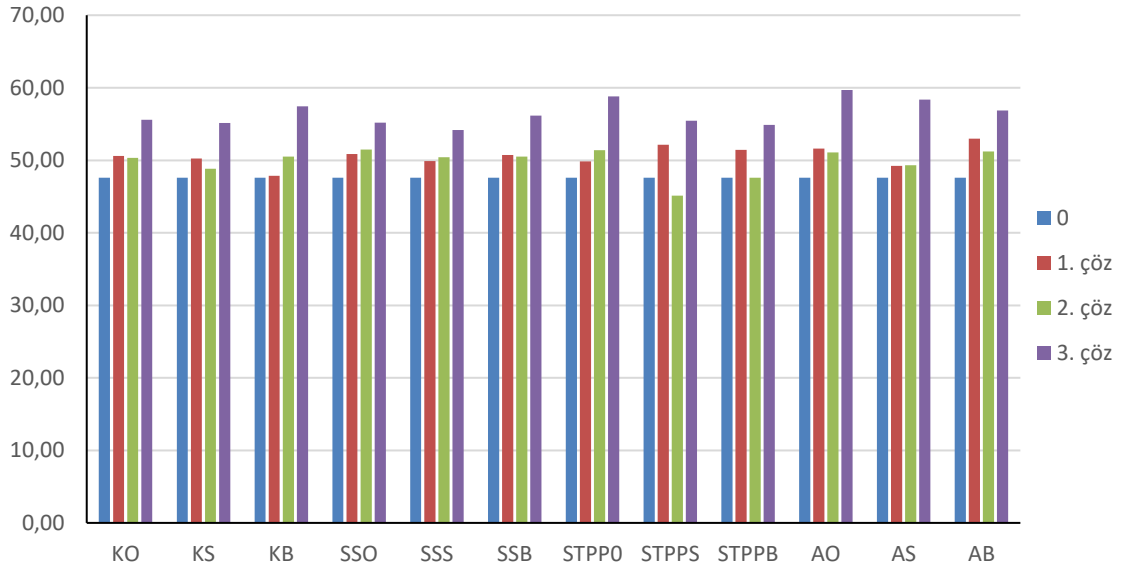
	L* Değeri
Balık türü	
Palamut	51,07 ^a
Mezgit	46,58 ^b
Dondurma çözündürme döngüsü	
0. Gün	44,07 ^d
1. Çözündürme	46,65 ^c
2. Çözündürme	50,78 ^b
3. Çözündürme	53,80 ^a
Kriyoprotektan çeşidi	
Kontrol	48,86 ^a
Sakkaroz-Sorbitol	48,34 ^a
Sodyum tripolifosfat	48,87 ^a
Sodyum aljinat	49,24 ^a
Çözündürme metodu	
Ortam şartlarında çözündürme	49,00 ^a
Akan suda çözündürme	48,02 ^b
Buzdolabında çözündürme	49,46 ^a

Dondurma çözündürme işleminin artmasıyla her iki balık türünde de parlaklık değeri artış göstermiş kriyoprotektan kullanımı çözündürmeler arasında farklılığa yol açmamıştır. Çözündürme metodu farklılığı L* değerinde farklılığa yol açmış ortam şartlarında çözündürülen ve buzdolabında çözündürülen örneklerin L* değeri daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.68. Balık filetolarının L* değerleri

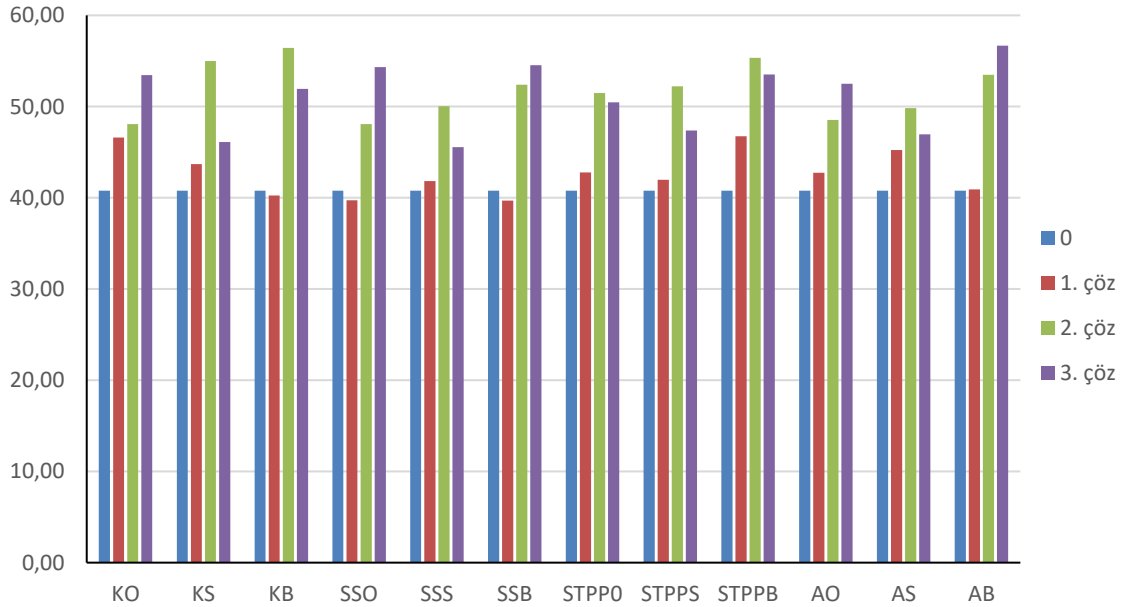
L*	Palamut				Mezgit			
	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz
KO	47,59±2,24	50,59±0,17	50,35±0,52	55,59±1,13	40,78±0,48	46,6±0,61	48,08±0,84	53,46±1,06
KS	47,59±2,24	50,25±0,46	48,82±1,31	55,15±2,17	40,78±0,48	43,70±0,43	55,01±0,63	46,12±0,09
KB	47,59±2,24	47,86±2,66	50,50±1,36	57,45±2,73	40,78±0,48	40,25±1,68	56,42±1,29	51,94±0,78
SSO	47,59±2,24	50,86±2,78	51,48±0,25	55,18±1,45	40,78±0,48	39,73±0,05	48,07±3,13	54,33±1,12
SSS	47,59±2,24	49,88±0,17	50,42±1,27	54,16±0,19	40,78±0,48	41,85±0,22	50,05±0,89	45,54±0,85
SSB	47,59±2,24	50,73±0,25	50,51±1,57	56,17±0,25	40,78±0,48	39,69±0,06	52,40±0,11	54,52±0,04
STPPO	47,59±2,24	49,84±0,78	51,40±0,20	58,81±2,00	40,78±0,48	42,77±0,33	51,48±0,39	50,46±0,60
STPPS	47,59±2,24	52,13±0,82	45,11±0,68	55,47±0,81	40,78±0,48	41,97±0,24	52,22±0,05	47,37±0,75
STPPB	47,59±2,24	51,41±0,95	47,59±2,08	54,86±0,70	40,78±0,48	46,73±0,96	55,35±0,47	53,52±0,48
AO	47,59±2,24	51,63±0,75	51,06±1,72	59,67±1,84	40,78±0,48	42,74±1,44	48,54±0,49	52,51±3,24
AS	47,59±2,24	49,24±1,88	49,30±1,54	58,38±2,52	40,78±0,48	45,23±0,71	49,82±1,04	46,97±1,61
AB	47,59±2,24	52,99±2,50	51,23±2,29	56,87±0,77	40,78±0,48	40,94±0,63	53,50±0,80	56,69±0,44

KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.43. Yağlı balık filetolarının (Palamut) L* değerleri



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.44. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) L* değerleri

a Değerine ait bulgular*

Balık filetolarının a* değeri sonuçlar istatistiksel analize tabi tutulmuş ve sonuçlar Çizelge 4.69’da sunulmuştur.

Çizelge 4.69. Balık filetolarının a* değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Balık türü	1	925,8950880	3555,14**
Dondurma çözündürme döngüsü	3	41,4304436	159,08**
Balık türü x Dondurma çözündürme döngüsü	3	20,9986561	80,63**
Kriyoprotektan çeşidi	3	0,6159811	2,37
Balık türü x Kriyoprotektan çeşidi	3	1,0389047	3,99**
Dondurma çözündürme döngüsü x Kriyoprotektan çeşidi	9	0,6839436	2,63**
Çözündürme metodu	2	1,8913505	7,26**
Balık türü x Çözündürme metodu	2	0,7141130	2,74
Dondurma çözündürme döngüsü x Çözündürme metodu	6	0,7114311	2,73*
Kriyoprotektan çeşidi x Çözündürme metodu	6	0,4827332	1,85
Hata	153		

(**) $p < 0,01$ düzeyinde önemli (*) $p < 0,05$ düzeyinde önemli

Balık türü, dondurma çözündürme döngüsü çözündürme yönteminin a* değeri üzerindeki etkisi önemli ($p < 0,01$) bulunmuşken parlaklık değerine benzer şekilde kriyoprotektan kullanımı önemsiz bulunmuştur.

Renk ölçümlerinde a* değeri kırmızı ve yeşilliği ifade etmekle birlikte (+a) kırmızı, (-a) değeri yeşilliği göstermektedir. Çizelge 4.70’teki Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde yağlı balık türü olarak seçilen palamutun a* değerinin yağsız balık türü olarak seçilen mezgite göre daha yüksek bulunduğu tespit edilmiştir. Dondurma çözündürme döngüsü sayısının artışı kırmızılık değerinde düşmeye sebep olmuştur.

Çözündürme yöntemleri kıyaslandığında en düşük kırmızılık değerine buzdolabında çözündürülen balık filetoları ulaşmış, ortam şartlarında ve akan suda çözündürme metotları kıyaslandığında benzer değerler aldıkları tespit edilmiştir.

Şekil 4.45. ve Şekil 4.46. incelendiğinde palamutun a* değerinin kırmızılık değerine daha yakın olduğu mezgitte ise a* değerinin daha düşük olduğu ve depolama boyunca negatif değerlere kadar düşmüş olduğu belirlenmiştir.

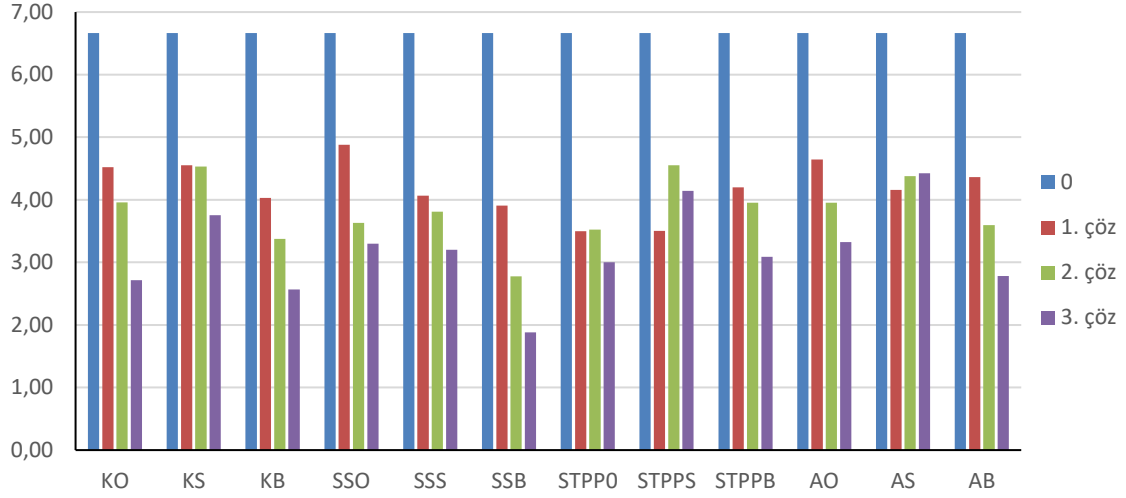
Çizelge 4.70. Balık filetolarının a* değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	a* Değeri
Balık türü	
Palamut	4,47 ^a
Mezgit	0,08 ^b
Dondurma çözündürme döngüsü	
0. Gün	3,55 ^a
1. Çözündürme	2,39 ^b
2. Çözündürme	1,62 ^c
3. Çözündürme	1,54 ^c
Kriyoprotektan çeşidi	
Kontrol	2,42 ^a
Sakkaroz-Sorbitol	2,23 ^{ab}
Sodyum tripolifosfat	2,15 ^b
Sodyum aljinat	2,30 ^{ab}
Çözündürme metodu	
Ortam şartlarında çözündürme	2,32 ^a
Akan suda çözündürme	2,42 ^a
Buzdolabında çözündürme	2,08 ^b

Çizelge 4.71. Balık filetolarının a* değerleri

a*	Palamut				Mezgit			
	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz
KO	6,66±0,69	4,52±0,18	3,96±0,16	2,72±0,09	0,42±0,02	0,61±0,16	-0,46±0,02	0,32±0,01
KS	6,66±0,69	4,55±0,48	4,53±0,56	3,76±0,13	0,42±0,02	0,95±0,02	-0,28±0,12	1,01±0,24
KB	6,66±0,69	4,03±0,03	3,38±0,45	2,57±0,66	0,42±0,02	0,83±0,04	-0,86±0,01	0,62±0,11
SSO	6,66±0,69	4,88±0,08	3,63±0,04	3,30±0,36	0,42±0,02	1,55±0,07	-0,25±0,21	-0,42±0,10
SSS	6,66±0,69	4,07±0,35	3,81±0,68	3,20±0,14	0,42±0,02	1,27±0,07	-0,30±0,02	-0,33±0,23
SSB	6,66±0,69	3,91±0,41	2,78±0,16	1,88±0,41	0,42±0,02	0,83±0,02	-0,79±0,01	-0,73±0,05
STPPO	6,66±0,69	3,50±0,23	3,52±0,07	3,00±0,36	0,42±0,02	0,32±0,15	-0,90±0,22	0,01±0,02
STPPS	6,66±0,69	3,50±0,30	4,55±0,57	4,14±0,25	0,42±0,02	0,45±0,00	-1,06±0,18	-1,12±0,12
STPPB	6,66±0,69	4,20±0,18	3,95±0,60	3,09±0,10	0,42±0,02	0,30±0,12	-0,99±0,21	-0,17±0,10
AO	6,66±0,69	4,64±0,00	3,95±0,06	3,33±0,07	0,42±0,02	0,05±0,07	-0,15±0,50	0,18±0,04
AS	6,66±0,69	4,16±0,90	4,38±0,66	4,43±0,68	0,42±0,02	-0,48±0,06	-0,41±0,15	0,27±0,05
AB	6,66±0,69	4,36±0,66	3,59±0,71	2,78±0,20	0,42±0,02	0,25±0,03	-0,66±0,06	-0,83±0,07

KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.45. Yağlı balık filetolarının (Palamut) a* değerleri



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.46. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) a* değerleri

b Değerine ait bulgular*

Yağlı ve yağsız balık filetolarının farklı kriyoprotektan ve çözündürme yöntemleri kullanılarak çoklu dondurma ve çözündürme işlemleri uygulanması sonucu belirlenen b* değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.72’de sunulmuştur.

Çizelge 4.72. Balık filetolarının b* değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Balık türü	1	2553,031338	6890,56**
Dondurma çözündürme döngüsü	3	151,827907	409,78**
Balık türü x Dondurma çözündürme döngüsü	3	2,688696	7,26**
Kriyoprotektan çeşidi	3	12,593080	33,99**
Balık türü x Kriyoprotektan çeşidi	3	1,413652	3,82*
Dondurma çözündürme döngüsü x Kriyoprotektan çeşidi	9	2,122644	5,73**
Çözündürme metodu	2	1,485858	4,01*
Balık türü x Çözündürme metodu	2	1,351027	3,65*
Dondurma çözündürme döngüsü x Çözündürme metodu	6	0,468099	1,26
Kriyoprotektan çeşidi x Çözündürme metodu	6	0,757948	2,05
Hata	153		

(**) $p < 0,01$ düzeyinde önemli (*) $p < 0,05$ düzeyinde önemli

Varyans analiz sonuçları incelendiğinde balık türü, dondurma çözündürme döngüsü, kriyoprotektan çeşidi ($p < 0,01$) ve çözündürme yönteminin b* değeri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) bulunmuştur. Elde edilen b* değerlerine ait ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile Çizelge 4.73’te sunulmuştur.

Balık türleri incelendiğinde palamut balığının b değeri mezgit balığına göre daha yüksek bulunmuştur. Çözündürme işleminin artması ile b değeri artış göstermiş, uygulama grupları arasında kontrol ve sodyum aljinat uygulanmış balık filetoları en yüksek b değerine ulaşmışlardır. En düşük b değeri sodyum tripolifosfat uygulanmış balık filetolarında belirlenmiştir. Şekil 4.47 ve Şekil 4.48 incelendiğinde her iki balık türünde sodyum tripolifosfat çözeltisi ve suda çözündürülen sakkaroz-sorbitol çözeltilerine daldırılmış balık filetolarının başlangıç sarılık değerlerini korudukları belirlenmiştir.

Çizelge 4.73. Balık filetolarının b* değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

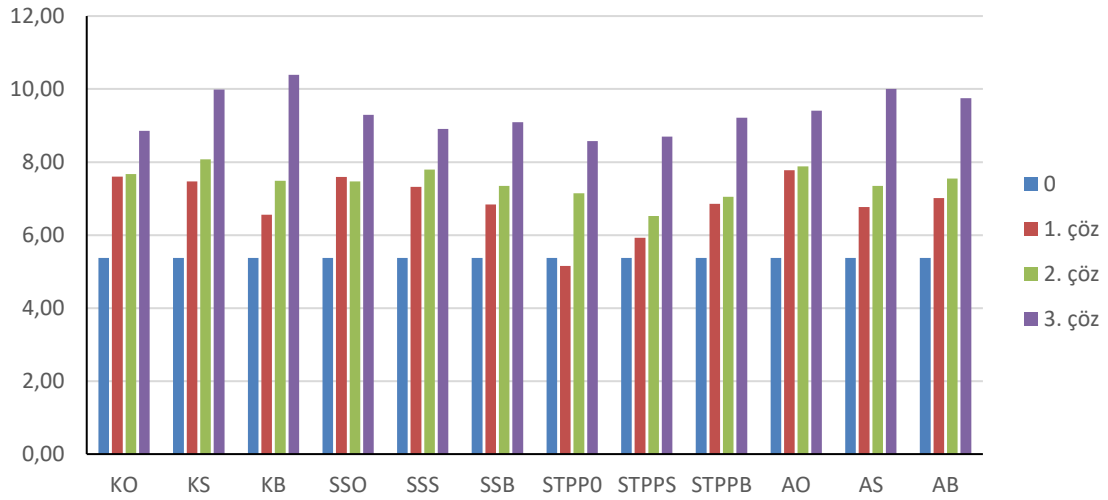
	b* Değeri
Balık türü	
Palamut	7,19 ^a
Mezgit	-0,11 ^b
Dondurma çözündürme döngüsü	
0. Gün	1,49 ^d
1. Çözündürme	2,94 ^c
2. Çözündürme	4,03 ^b
3. Çözündürme	5,70 ^a
Kriyoprotektan çeşidi	
Kontrol	3,91 ^a
Sakkaroz-Sorbitol	3,58 ^b
Sodyum tripolifosfat	2,80 ^c
Sodyum aljinat	3,86 ^a
Çözündürme metodu	
Ortam şartlarında çözündürme	3,55 ^{ab}
Akan suda çözündürme	3,38 ^b
Buzdolabında çözündürme	3,69 ^a

Çözündürme yöntemleri kıyasandığında buzdolabında ve ortam şartlarında çözündürülen balık filetolarının en yüksek b* değerine ulaştıkları belirlenmiştir.

Çizelge 4.74. Balık filetolarının b* değerleri

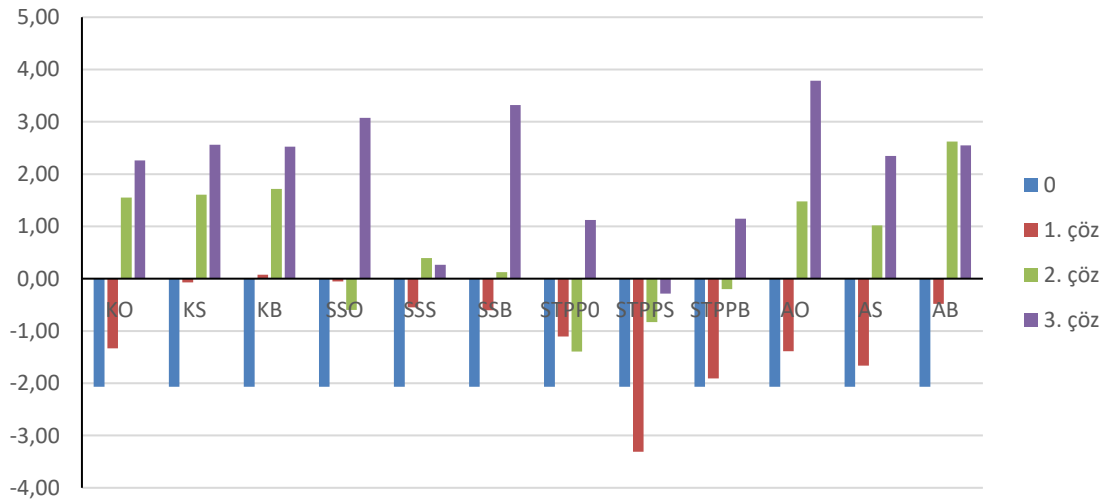
b*	Palamut				Mezgit			
	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz
KO	5,37±0,11	7,60±0,12	7,67±0,26	8,85±0,08	-2,07±0,05	-1,33±0,46	1,55±0,26	2,26±0,34
KS	5,37±0,11	7,47±0,16	8,07±0,47	9,98±0,49	-2,07±0,05	-0,07±0,12	1,61±0,03	2,56±0,14
KB	5,37±0,11	6,56±0,27	7,49±0,07	10,39±0,49	-2,07±0,05	0,08±0,12	1,71±0,02	2,53±0,03
SSO	5,37±0,11	7,59±0,61	7,47±0,32	9,30±0,48	-2,07±0,05	-0,05±0,03	-0,6±0,17	3,08±0,22
SSS	5,37±0,11	7,32±0,29	7,79±0,53	8,91±0,51	-2,07±0,05	-0,55±0,42	0,39±0,20	0,27±0,10
SSB	5,37±0,11	6,84±0,21	7,34±0,23	9,09±0,71	-2,07±0,05	-0,60±0,03	0,13±0,31	3,32±0,04
STPPO	5,37±0,11	5,16±0,07	7,15±0,38	8,57±0,16	-2,07±0,05	-1,11±0,14	-1,39±0,40	1,13±0,04
STPPS	5,37±0,11	5,92±0,37	6,52±0,23	8,69±0,03	-2,07±0,05	-3,31±0,53	-0,83±0,05	-0,29±0,03
STPPB	5,37±0,11	6,86±1,18	7,05±0,24	9,21±0,62	-2,07±0,05	-1,91±0,52	-0,20±0,07	1,14±0,09
AO	5,37±0,11	7,78±0,20	7,88±0,57	9,41±0,15	-2,07±0,05	-1,39±0,18	1,48±0,29	3,79±0,18
AS	5,37±0,11	6,77±0,08	7,34±0,04	10,01±0,02	-2,07±0,05	-1,67±0,22	1,02±0,10	2,35±0,01
AB	5,37±0,11	7,01±0,17	7,55±0,13	9,75±0,07	-2,07±0,05	-0,48±0,23	2,62±0,15	2,55±0,02

KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STTPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STTPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STTPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.47. Yağlı balık filetolarının (Palamut) b* değerleri



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STTPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STTPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STTPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.48. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) b* değerleri

Ürünün görünüşü ve kabul edilebilirliği üzerinde renk büyük etkiye sahiptir. Gıdaların soğukta depolanmasında lipid oksidasyonu ve pigment parçalanması rengi büyük ölçüde etkilemektedir. Bunun dışında balıketinin özelliğine göre de renk değişiklik göstermektedir. Çalışmamızda palamut mezgite göre daha kırmızı renkli kasa sahip olmasından ötürü a^* değeri yüksek çıkmıştır.

Dondurarak depolamada renk değişiklikleri hücre dışı boşluklarda suyun erimesinden kaynaklı olarak ışık emilimindeki ve saçılımındaki değişiklik sebebiyle olmaktadır (Lopkulkiaert vd. 2009; Ma vd. 2015). Ayrıca protein çözünürlüğündeki azalma ve oluşan denatürasyon balık kasının daha opak görünmesine sebep olmaktadır (Einen vd. 2002). Tavuk etinde yapılan çalışmada dondurma-çözündürme sayısı artışıyla a^* değerinde düşüş gözlemlenmişken L^* ve b^* değerleri artış göstermiştir. Aynı çalışmada kırmızı renkteki azalma ve sarılık değerindeki artışın sebebinin metmiyogloblin (miyogloblinin oksidasyonu sonucu oluşur) üretimi olduğu bildirilmektedir (Ali vd. 2015). Sonuçlar çalışmamızla paralellik gösterirler a değerindeki düşmenin sebebi ve L^* ve b^* değerindeki artış bu şekilde açıklanabilmektedir.

Lipid oksidasyonu artışı etin kırmızılığının azalıp sarılaşmasına sebep olabilmektedir. Yine sarı renk oluşumu lipid oksidasyon ürünleri ile fosfolipid ya da proteinlerdeki amin gruplarıyla enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları sebebiyle olabileceği bildirilmiştir (Thanonkaew vd. 2006). Buna bağlı olarak yağ içeriği yüksek olan palamut balığında mezgite balığına göre sarılık değerinin yüksek olması açıklanabilmektedir. Chao vd. (2017) L^* değeri gözönünde bulundurulduğunda trehaloz, aljinat oligosakkarit ve sodyum pirofosfatın dondurarak depolamada pişirilmiş karideslerde renk stabilitesine katkıda bulunduklarını bildirmiştir. Genç vd. (2015) farklı metotlarla çözündürülen (buzdolabı (+4°C'de 6 saat), hava ortamında (+16°C'de 3,5 saat), suda (16°C'de 5 dk), mikrodalga fırında (15 dk, 90W çözündürme modunda) sariağız balığı (*Argyrosomus regius*) filetolarının L^* ve a^* değerlerinin önemli farklılık gösterdiği mikrodalgada çözündürülen balık filetolarının ise daha düşük L^* değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Yine en düşük a^* değerine ise suda çözündürülen olduğu en yüksek a^* değerinin ise buzdolabında çözündürülmüş örneklerde görüldüğü belirlenmiştir. Çözündürme yöntemleri arasında b^* değeri açısından farklılık bulunamamıştır.

Benzer bir çalışmada yılan balığı (*Anguilla Anguilla*) örneklerinde suda çözündürülen örnekler hariç diğer yöntemlerle çözündürülen örneklerin a^* değerinde düşme tespit edilmiş. En düşük a^* değeri mikrodalga da çözündürülen örneklerde bulunurken, bu değeri ortam şartlarında ve buzdolabında çözündürülen örnekler takip etmiştir. L ve b değeri için uygulama grupları arasında bir farklılık tespit edilmemiştir (Ersoy vd. 2008). Genç vd. (2015) balık türlerinin yağ oranının çözündürme işlemlerinde önemli oranda etkili olduğunu bildirmiştir. Jittinandana vd. (2005) sorbitol, sakkaroz ve trehaloz gibi şekerlerin balık etinin nem tutma özelliklerinde ve dolayısıyla su tutma kapasitesindeki değişimlerde etkisinden dolayı serbest su yüzeyindeki değişimleri, ışık yansımaları ve dolayısıyla renk değişikliğini etkilediklerini bildirmiştir. Başka bir çalışmada trehaloz, aljinat ve aljinat oligosakkarit ve sodyum pirofosfat çözeltilerine daldırılan karidesler (*Litopenaeus vannamei*) pişirildikten sonra dondurarak depolanmıştır. Özellikle trehaloz, aljinat ve aljinat oligosakkarit gruplarının renk stabilitesine katkıda bulundukları tespit edilmiştir. a ve b değerleri incelendiğinde gruplar arası bir fark gözlemlenmemiştir. (Chao vd. 2017). Literatürdeki farklılıklar kullanılan materyal farklılığı ve uygulanan kriyoprotektan farklılığından kaynaklanabilmektedir.

4.12. Duyusal Analiz Bulguları

Görünüş değerine ait bulgular

Farklı kriyoprotektan uygulanmış balık filetolarının panelistler tarafından aldığı puanlar istatistiksel olarak incelenmiş ve sonuçlar Çizelge 4.75'te sunulmuştur.

Çizelge 4.75. Balık filetolarının görünüş değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Balık türü	1	2,1399630	5,49*
Dondurma çözündürme döngüsü	3	82,7871075	212,38**
Balık türü x Dondurma çözündürme döngüsü	3	0,8886102	2,28
Kriyoprotektan çeşidi	3	1,4761339	3,79*
Balık türü x Kriyoprotektan çeşidi	3	0,1518477	0,39
Dondurma çözündürme döngüsü x Kriyoprotektan çeşidi	9	0,4069903	1,04
Çözündürme metodu	2	1,3428943	3,44*
Balık türü x Çözündürme metodu	2	0,1568318	0,40
Dondurma çözündürme döngüsü x Çözündürme metodu	6	0,2274554	0,58
Kriyoprotektan çeşidi x Çözündürme metodu	6	0,1608818	0,41
Hata	153		

(**) $p < 0,01$ düzeyinde önemli (*) $p < 0,05$ düzeyinde önemli

Balık türündeki farklılık, farklı kriyoprotektan kullanımı, çözündürme yöntemi ($p < 0,05$) ve çözündürme sayısı ($p < 0,01$) görünüş değerini önemli düzeyde etkilemiştir. Depolama süresince mezgite görünüş açısından daha yüksek puanlar almışken palamutun puanları daha düşük olmuştur. Palamut balığının mezgite göre daha büyük ve lifler arası boşluğun daha fazla olması nedeniyle dondurma çözündürme süresince kas liflerinde açılma daha görülür halde olmasına neden olmaktadır. Bu durum da görünüş açısından mezgite balığının daha yüksek puan almasına neden olmuştur. Görünüş puanları ortalamaları arasındaki farklılıklar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testine tabi tutulmuş ve sonuçlar Çizelge 4.76'da sunulmuştur.

Çizelge 4.76. Balık filetolarının görünüş değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

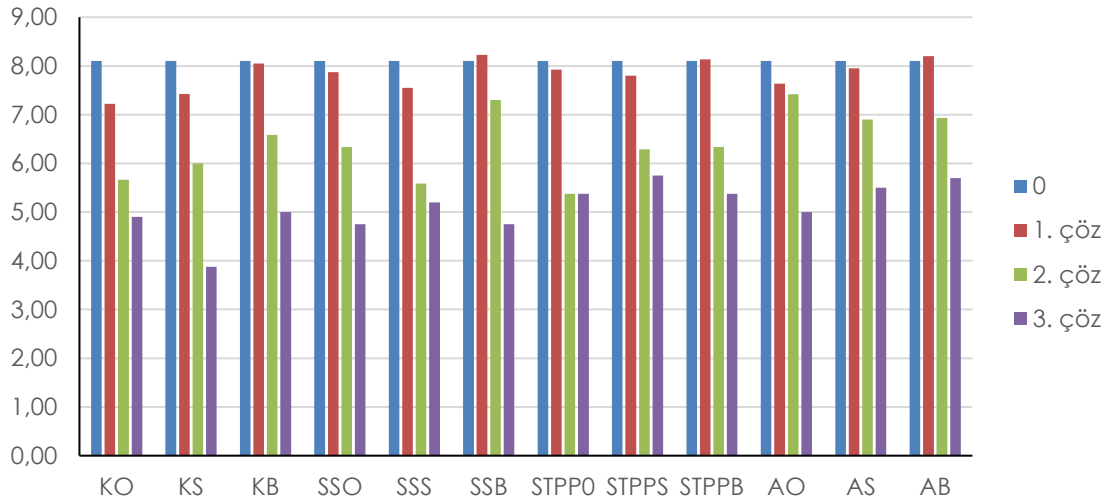
	Görünüş Değeri
Balık türü	
Palamut	6,86 ^b
Mezgit	7,07 ^a
Dondurma çözündürme döngüsü	
0. Gün	8,22 ^a
1. Çözündürme	7,85 ^b
2. Çözündürme	6,38 ^c
3. Çözündürme	5,39 ^d
Kriyoprotektan çeşidi	
Kontrol	6,75 ^b
Sakkaroz-Sorbitol	6,97 ^{ab}
Sodyum tripolifosfat	6,96 ^{ab}
Sodyum aljinat	7,18 ^a
Çözündürme metodu	
Ortam şartlarında çözündürme	6,84 ^b
Akan suda çözündürme	6,92 ^{ab}
Buzdolabında çözündürme	7,12 ^a

Dondurma çözündürme döngüsünün artmasıyla balık filetolarının görünüşünde bozulmalar olmuştur. Uygulama grupları arasında sodyum aljinat çözeltisine daldırılmış balık filetoları görünüşlerini çözündürme işleminin artmasına rağmen daha iyi korumuştur. Çözündürme yöntemleri kıyaslandığında ise buzdolabında çözündürülmüş filetoların görünüş özelliklerini daha iyi muhafaza ettiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.77. Balık filetolarının görünüş değerleri

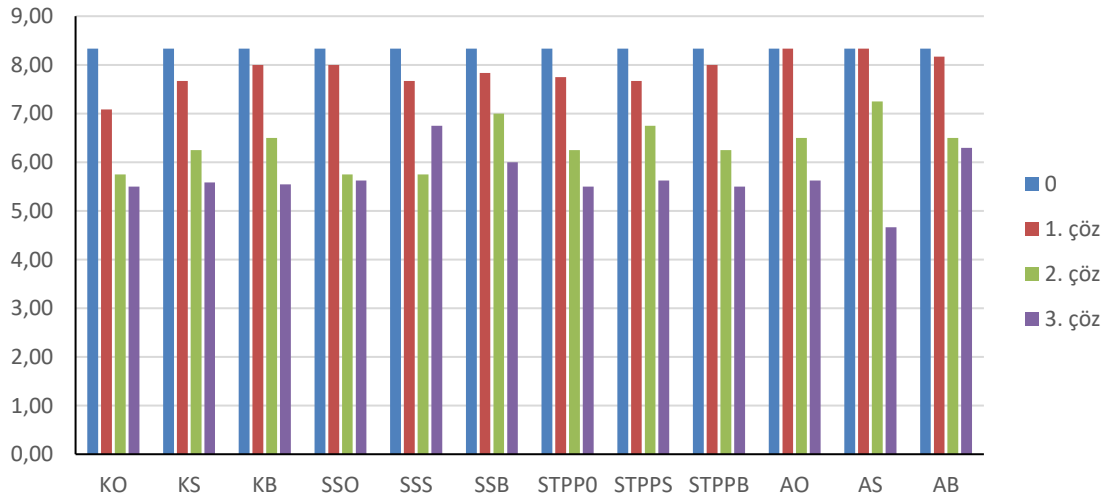
Görünüş	Palamut				Mezgit			
	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz
KO	8,10±0,30	7,23±0,02	5,67±0,17	4,90±0,10	8,33±0,67	7,08±1,42	5,75±0,25	5,50±0,50
KS	8,10±0,30	7,43±0,18	6,00±0,17	3,88±0,63	8,33±0,67	7,67±0,33	6,25±0,25	5,58±0,08
KB	8,10±0,30	8,05±0,55	6,58±0,25	5,00±0,00	8,33±0,67	8,00±0,33	6,50±0,50	5,54±0,21
SSO	8,10±0,30	7,88±0,13	6,33±0,17	4,75±0,5	8,33±0,67	8,00±0,33	5,75±0,25	5,63±0,13
SSS	8,10±0,30	7,55±0,05	5,58±0,42	5,20±0,20	8,33±0,67	7,67±0,33	5,75±0,75	6,75±0,50
SSB	8,10±0,30	8,23±0,03	7,30±0,10	4,75±0,50	8,33±0,67	7,83±0,50	7,00±0,00	6,00±0,00
STPPO	8,10±0,30	7,93±0,33	5,38±0,13	5,38±0,38	8,33±0,67	7,75±0,25	6,25±0,75	5,50±0,25
STPPS	8,10±0,30	7,80±0,20	6,29±0,54	5,75±0,25	8,33±0,67	7,67±0,33	6,75±0,25	5,63±0,63
STPPB	8,10±0,30	8,13±0,53	6,33±0,67	5,38±0,38	8,33±0,67	8,00±0,33	6,25±0,75	5,50±0,50
AO	8,10±0,30	7,63±0,03	7,42±0,58	5,00±1,00	8,33±0,67	8,33±0,33	6,50±0,50	5,63±0,38
AS	8,10±0,30	7,95±0,45	6,90±0,10	5,50±0,50	8,33±0,67	8,33±0,67	7,25±0,75	4,67±0,33
AB	8,10±0,30	8,20±0,20	6,93±0,27	5,70±1,30	8,33±0,67	8,17±0,17	6,50±0,00	6,29±0,04

KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS, Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.49. Yağlı balık filetolarının (Palamut) görünüş değerleri



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.50. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) görünüş değerleri

Koku değerine ait bulgular

Panelistlerce değerlendirilen koku değerlerine ait varyans analzi sonuçları Çizelge 4.78’de sunulmuştur.

Çizelge 4.78. Balık filetolarının koku değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Balık türü	1	0,4303547	1,37
Dondurma çözündürme döngüsü	3	141,4413172	451,10**
Balık türü x Dondurma çözündürme döngüsü	3	1,5135102	4,83**
Kriyoprotektan çeşidi	3	0,7262589	2,32
Balık türü x Kriyoprotektan çeşidi	3	0,2878797	0,92
Dondurma çözündürme döngüsü x Kriyoprotektan çeşidi	9	0,1968033	0,63
Çözündürme metodu	2	0,0733193	0,23
Balık türü x Çözündürme metodu	2	0,0521203	0,17
Dondurma çözündürme döngüsü x Çözündürme metodu	6	0,0322214	0,10
Kriyoprotektan çeşidi x Çözündürme metodu	6	0,1873609	0,60
Hata	153		

(**) $p < 0,01$ düzeyinde önemli (*) $p < 0,05$ düzeyinde önemli

Balık türü, kullanılan kriyoprotektan çeşidi ve çözündürme yönteminin balık filetolarının koku değerini etkilemediği tespit edilmiştir. Kullanılan kriyoprotektanların kokusuz olması sebebiyle koku değerinin etkilenmemiş olduğu düşünülmektedir. Bunun yanı sıra, dondurma çözündürme döngüsü koku değerini önemli ölçüde etkilemiştir ($p < 0,01$). Ortalamalar arasındaki farklılıklar Çizelge 4.79’da sunulmuştur.

Çizelge 4.79. Balık filetolarının koku değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

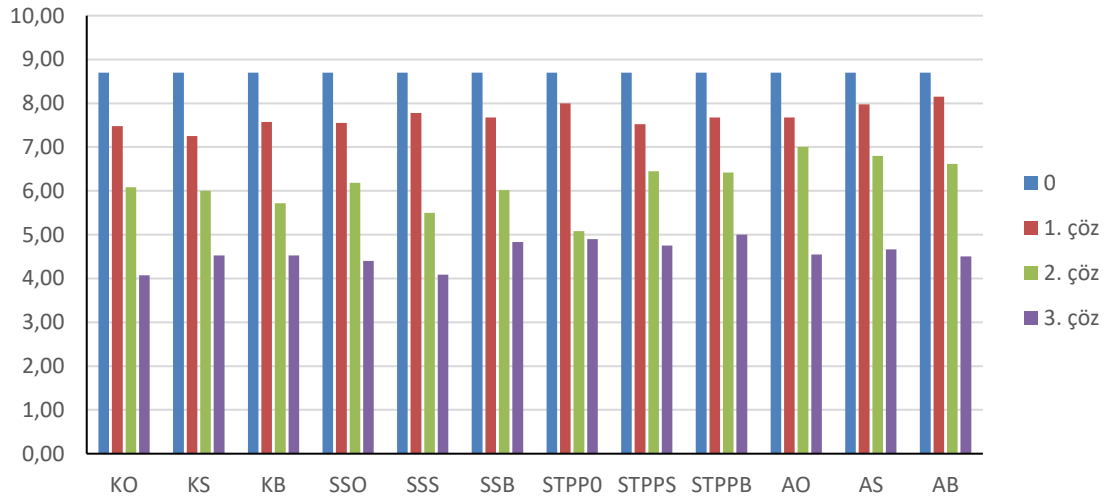
	Koku Değeri
Balık türü	
Palamut	6,78 ^a
Mezgit	6,87 ^a
Dondurma çözündürme döngüsü	
0. Gün	8,60 ^a
1. Çözündürme	7,64 ^b
2. Çözündürme	6,45 ^c
3. Çözündürme	4,61 ^d
Kriyoprotektan çeşidi	
Kontrol	6,73 ^a
Sakkaroz-Sorbitol	6,71 ^a
Sodyum tripolifosfat	6,92 ^a
Sodyum aljinat	6,95 ^a
Çözündürme metodu	
Ortam şartlarında çözündürme	6,79 ^a
Akan suda çözündürme	6,83 ^a
Buzdolabında çözündürme	6,86 ^a

Dondurma çözündürme döngüsünün artmasıyla balık filetolarının koku değerleri düşmüştür. Donduruma, çözündürme işlemlerinde ve dondurarak depolamada protein ve lipidlerde meydana gelen değişimler duyuşal özellikleri de etkilemektedir. Balık etinde tekstür, görünüş ve koku değişimlerine sebep olmaktadır.

Çizelge 4.80. Balık filetolarının koku değerleri

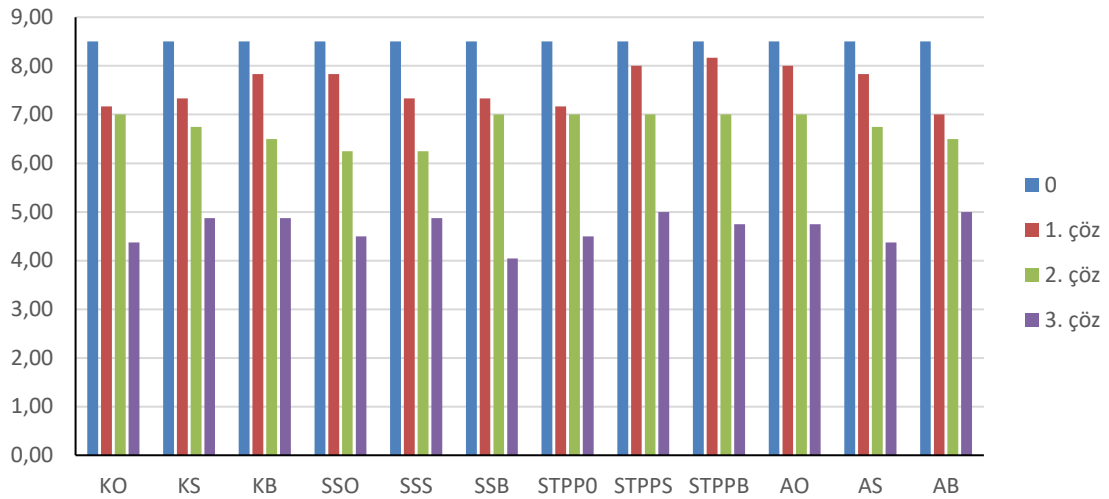
Koku	Palamut				Mezgit			
	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz
KO	8,70±0,10	7,48±0,28	6,08±0,08	4,08±0,33	8,50±0,50	7,17±0,50	7,00±0,00	4,38±0,88
KS	8,70±0,10	7,25±0,25	6,00±0,33	4,53±0,72	8,50±0,50	7,33±0,33	6,75±0,75	4,88±0,38
KB	8,70±0,10	7,58±0,18	5,72±0,12	4,53±0,28	8,50±0,50	7,83±0,17	6,50±0,00	4,88±0,88
SSO	8,70±0,10	7,55±0,05	6,18±0,02	4,40±0,40	8,50±0,50	7,83±0,17	6,25±0,25	4,50±0,50
SSS	8,70±0,10	7,78±0,02	5,50±0,33	4,08±0,42	8,50±0,50	7,33±1,00	6,25±1,25	4,88±0,13
SSB	8,70±0,10	7,68±0,08	6,02±0,18	4,83±0,17	8,50±0,50	7,33±1,00	7,00±0,50	4,04±0,71
STPPO	8,70±0,10	8,00±0,00	5,08±0,25	4,90±0,10	8,50±0,50	7,17±0,50	7,00±0,50	4,50±0,50
STPPS	8,70±0,10	7,53±0,28	6,45±0,05	4,75±0,25	8,50±0,50	8,00±0,33	7,00±0,00	5,00±0,25
STPPB	8,70±0,10	7,68±0,08	6,42±0,42	5,00±0,25	8,50±0,50	8,17±0,17	7,00±0,50	4,75±0,25
AO	8,70±0,10	7,68±0,08	7,00±0,33	4,55±0,95	8,50±0,50	8,00±0,33	7,00±0,00	4,75±0,50
AS	8,70±0,10	7,98±0,23	6,80±0,40	4,67±0,67	8,50±0,50	7,83±0,50	6,75±0,25	4,38±0,13
AB	8,70±0,10	8,15±0,35	6,62±0,22	4,50±0,50	8,50±0,50	7,00±1,33	6,50±0,50	5,00±0,25

KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.51. Yağlı balık filetolarının (Palamut) koku değerleri



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.52. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) koku değerleri

Tekstür değerine ait bulgular

Panelistlerce duyuşal olarak değerlendirilen tekstür değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.81’ de sunulmuştur.

Çizelge 4.81. Balık filetolarının tekstür değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Balık türü	1	11,5591255	23,72**
Dondurma çözündürme döngüsü	3	106,0173019	217,52**
Balık türü x Dondurma çözündürme döngüsü	3	0,2006700	0,41
Kriyoprotektan çeşidi	3	1,7879797	3,67*
Balık türü x Kriyoprotektan çeşidi	3	0,3651394	0,75
Dondurma çözündürme döngüsü x Kriyoprotektan çeşidi	9	0,2778602	0,57
Çözündürme metodu	2	0,5396271	1,11
Balık türü x Çözündürme metodu	2	0,0307271	0,06
Dondurma çözündürme döngüsü x Çözündürme metodu	6	0,3037889	0,62
Kriyoprotektan çeşidi x Çözündürme metodu	6	0,2620000	0,54
Hata	153		

(**) $p < 0,01$ düzeyinde önemli (*) $p < 0,05$ düzeyinde önemli

Balık türü, dondurma çözündürme döngüsü ve kullanılan kriyoprotektan çeşidi tekstür değerini önemli düzeyde ($p < 0,01$) etkilerken, çözündürme yöntemi tekstür üzerinde etkisiz bulunmuştur. Çizelge 4.82’de sunulan ortalamalara ait istatistiksel sonuçlar incelendiğinde dondurma çözündürme döngüsünün artmasıyla tekstür

değerlerinde düşme olduğu kriyoprotektan kullanımının ise tekstür değerini geliştirdiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.82. Balık filetolarının tekstür değerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Tekstür Değeri	
Balık türü	
Palamut	6,45 ^b
Mezgit	6,94 ^a
Dondurma çözündürme döngüsü	
0. Gün	8,07 ^a
1. Çözündürme	7,65 ^b
2. Çözündürme	6,26 ^c
3. Çözündürme	4,79 ^d
Kriyoprotektan çeşidi	
Kontrol	6,42 ^b
Sakkaroz-Sorbitol	6,81 ^a
Sodyum tripolifosfat	6,69 ^{ab}
Sodyum aljinat	6,85 ^a
Çözündürme metodu	
Ortam şartlarında çözündürme	6,59 ^a
Akan suda çözündürme	6,77 ^a
Buzdolabında çözündürme	6,72 ^a

Enstrümantal ölçüm sonuçları gözönünde bulundurulduğunda dondurma çözündürme döngüsü ile balıkentinin sertleştiği fakat kriyoprotektan kullanımının bu sertleşmeyi azalttığı tespit edilmiştir. Duyusal olarak değerlendirilen tekstür değeri ise yine sertlik özelliğini destekler niteliktedir.

Çizelge 4.83. Balık filetolarının tekstür değerleri

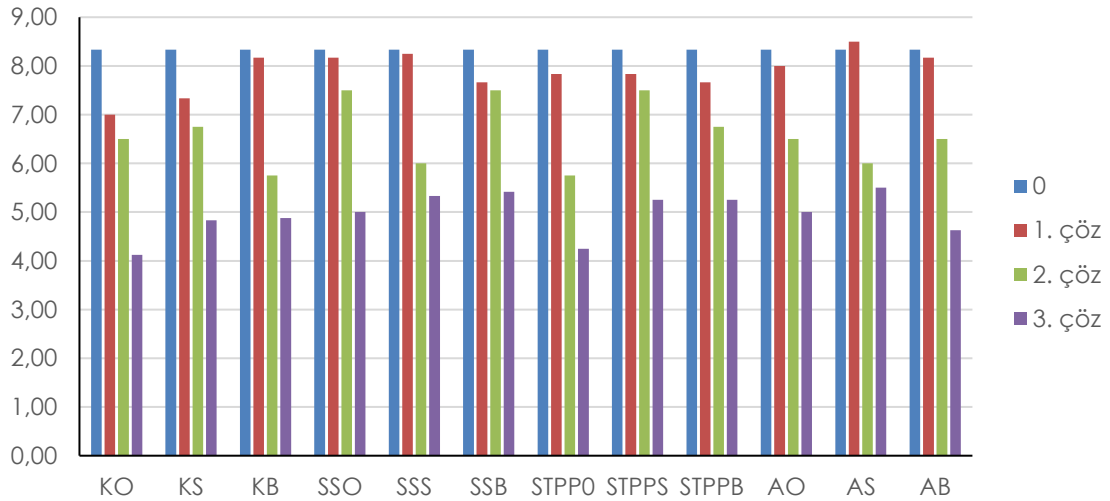
Tekstür	Palamut				Mezgit			
	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz	0	1.çöz	2. çöz	3. çöz
KO	7,80±0,80	7,05±0,55	5,65±0,15	3,73±0,47	8,33±0,67	7,00±0,00	6,50±0,50	4,13±0,38
KS	7,80±0,80	6,53±0,28	5,88±0,28	4,38±0,38	8,33±0,67	7,33±0,00	6,75±0,25	4,83±0,17
KB	7,80±0,80	7,33±0,08	5,50±0,25	4,33±0,33	8,33±0,67	8,17±0,17	5,75±0,25	4,88±0,13
SSO	7,80±0,80	7,17±0,17	6,00±0,33	4,58±0,08	8,33±0,67	8,17±0,50	7,50±0,50	5,00±0,00
SSS	7,80±0,80	7,73±0,07	5,90±0,10	4,83±0,17	8,33±0,67	8,25±0,75	6,00±0,00	5,33±0,33
SSB	7,80±0,80	7,75±0,25	5,70±1,30	4,53±0,13	8,33±0,67	7,67±1,00	7,50±0,50	5,42±0,08
STPPO	7,80±0,80	7,80±0,20	5,13±0,13	4,50±0,00	8,33±0,67	7,83±0,83	5,75±0,25	4,25±0,75
STPPS	7,80±0,80	7,47±0,87	5,67±0,33	5,13±0,13	8,33±0,67	7,83±0,17	7,50±0,50	5,25±0,25
STPPB	7,80±0,80	7,83±0,83	5,83±0,83	4,83±0,50	8,33±0,67	7,67±0,33	6,75±0,75	5,25±0,50
AO	7,80±0,80	7,50±0,50	6,83±0,67	4,79±0,46	8,33±0,67	8,00±0,00	6,50±0,00	5,00±1,00
AS	7,80±0,80	7,38±0,63	6,90±1,10	5,13±0,13	8,33±0,67	8,50±0,17	6,00±0,50	5,50±0,50
AB	7,80±0,80	7,60±0,40	6,33±0,00	4,70±0,30	8,33±0,67	8,17±0,17	6,50±0,50	4,63±0,63

KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.53. Yağlı balık filetolarının (Palamut) tekstür değerleri



KO: Kontrol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; KS: Kontrol, akan suda çözündürülmüş; KB: Kontrol, buzdolabında çözündürülmüş; SSO: Sakkaroz-Sorbitol, Ortam şartlarında çözündürülmüş; SSS: Sakkaroz-Sorbitol, akan suda çözündürülmüş; SSB: Sakkaroz-Sorbitol, buzdolabında çözündürülmüş; STPPO: Sodyum tripolifosfat, ortam sıcaklığında çözündürülmüş; STPPS: Sodyum tripolifosfat, akan suda çözündürülmüş; STPPB: Sodyum tripolifosfat, buzdolabında çözündürülmüş; AO: Sodyum aljinat, ortam şartlarında çözündürülmüş; AS: Sodyum aljinat, akan suda çözündürülmüş; AB: Sodyum aljinat, buzdolabında çözündürülmüş

Şekil 4.54. Yağsız balık filetolarının (Mezgit) tekstür değerleri

Alparslan vd. (2013) ortam şartları kullanılarak ($23\pm4^{\circ}\text{C}$) çoklu dondurma ve çözündürme işlemine tabi tuttuğu bütün halde, temizlenmiş ve fileto halindeki levrek balıklarının (*Dicentrarchus labrax*, L., 1758) çözündürme işlemlerinden sonra kas dokusunda yumuşama meydana geldiği bildirilmiştir. Bunun dışında balıklarda renk ve koku değişimleri de meydana geldiği bildirmişlerdir. Benzer bir çalışmada buzdolabında çözündürme yöntemi kullanılmış ve genel kabul edilebilirlik değerleri incelendiğinde uygulama grupları arasında farklılık tespit edilmemiştir (Baygar vd. 2013). Farklı çözündürme yöntemleri kullanılarak çoklu dondurma ve çözündürmenin hamsi (*Engraulis engrasicholus*, L. 1758) ve çinekop (*Pomatomus saltatrix*, L. 1766) balıklarının kalitesi üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada buzdolabı ve suda çözündürülen balıkların duyusal olarak 3.çözündürmeden sonra tüketilemez boyutlara ulaşırken mikrodalgada çözündürülen örneklerin ise 4. çözündürmeden sonra duyusal olarak tüketilemez boyutlara ulaştığı tespit edilmiştir (Baygar vd. 2004).

Bigelow ve Lee (2007) %60'lık sorbitol çözeltisinin kırmızı berlam balığı filetolarında etin daha fazla su tutmasına yardımcı olarak daha az protein denatürasyonu ve çapraz bağlamasından dolayı daha sulu et yapısına neden olduğu tespit edilmiştir. En yüksek nemlilik oranına %10 soya protein izolatı+%40 sorbitol eklenmiş grup sahip olmuştur. %1,5 sodyum aljinat enjekte edilmiş dondurulmuş kırmızı berlam balığı filetolarının 6 aylık depolama süresince genel beğenilirlik açısından en yüksek puanı aldığı belirlenmiştir.

Etemadan vd. (2011) soğukta depolanan levkit (*Rutilus frisii kutum*) filetolarının farklı fosfat çözeltilerine daldırmanın depolama süresince tat ve koku özelliklerini kontrol grubuna göre daha iyi koruduğunu bildirmişleridir.

5. SONUÇLAR

Araştırmamızda yağlı ve yağsız balıklarda çoklu dondurma ve çözündürme işlemine kriyoprotektan kullanımı ve farklı çözündürme metotları kullanımının etkisi incelenmiştir. Yağlı balık olarak palamut (*Sarda sarda*) (%18,4±0,56), yağsız balık olarak ise mezgit (*Merlangius merlangus*) (%1,07±0,31) kullanılmıştır.

Kalite analizleri kapsamında gerçekleştirilen TMA-N değeri incelendiğinde kullanılan kriyoprotektan çeşidine bağlı olarak çözündürme işlemlerinin TMA-N miktarının önemli ölçüde etkilendiği saptanmıştır. Ayrıca balık filetolarına 16 saat süresince uygulanan buzdolabında çözündürülmüş ve sodyum aljinat çözeltisine daldırılmış filetoları TMA-N değeri diğer gruplara göre daha yüksek bulunmuştur. Çoklu dondurma ve çözündürme işlemleri sonunda balık filetolarında TMA-N değeri sınır değerinin altında kalmıştır.

TMA-N değeri gibi TVB-N değeri de kalite analizlerinden biri olup balıklarda bozulmayı gösteren parametrelerden biridir. Filetoların TVB-N değerleri değerlendirildiğinde TMA-N değerine benzer şekilde palamut filetolarında mezgit filetolarına göre daha yüksek değerler tespit edilmiştir. Kontrol grubu örnekleri çözündürme işlemlerinde en yüksek TVB-N değerlerine ulaşmıştır. Bu durum balıkta kalite korunumunda kriyoprotektan kullanımının etkili olduğunu göstermiştir. Buna karşılık kriyoprotektan kullanılan balık filetolarının TVB-N değerleri arasında istatistiksel olarak farklılık tespit edilmemiştir. Çözündürme işlemleri ile beklendiği gibi balık filetolarının TVB-N değerlerinde artış görülmüş fakat üçüncü çözündürme işleminden sonra bile balıklar için ‘çok iyi’ olarak nitelendirilen kalite sınırının altında kalmıştır. Çözündürme metotlarının TVB-N değeri üzerinde bir etkisi olmamıştır. Dondurma ve çözündürme işlemi tekrarlandıkça beklenildiği gibi pH değeri artış göstermiştir. TVB-N değerinde olduğu gibi palamut mezgit göre daha yüksek pH değerleri elde etmiştir. Kriyoprotektan kullanımı pH değişimini önemli düzeyde etkilemiş ve sodyum tripolifosfat çözeltisine daldırılmış balık filetoları diğer gruplara göre daha yüksek pH değerlerine ulaşmıştır. Çözündürme metotlarının etkisi incelendiğinde ise en yüksek pH değeri ortam şartlarında çözündürülmüş örneklerde tespit edilmiştir.

Dondurma, çözündürmede ve dondurulmuş depolamada en yıkıcı etkiler proteinlerde meydana gelmektedir. Özellikle kötü işleme koşullarında proteinlerdeki bozulma daha belirgin olmaktadır. Proteinlerin bozulması fonksiyonel özelliklerin kaybına sebep olmakta bu özelliklerden biri de çözünürlük kaybı olmaktadır. Çalışmamızda da her iki balık türünde de çözündürme işlemleri ile çözünür protein miktarında azalma meydana gelmiştir. Kriyoprotektan kullanımı proteinlerde meydana gelen çözünürlük kaybında önemsiz bulunmuş yine yüksek çözünür protein içeriği sodyum aljinat uygulanmış filetoları tespit edilmiştir. Akan suda ve buzdolabında çözündürme işlemi proteinlerin yapısının korunmasına yardımcı olmuştur.

Dondurulmuş depolamada ve dondurma çözündürme işlemleriyle proteinlerde meydana gelen bozulma sonucu serbest amino asit miktarında artış olmaktadır. Çalışmamızda da benzer şekilde dondurma çözündürme işlemi ile bütün gruplarda artış göstermiş palamut balığı içeriğindeki yüksek miktardaki serbest aminoasit miktarı sebebiyle mezgit göre daha yüksek değerler almıştır. Sodyum aljinat dondurma ve çözündürme ile meydana gelen serbest aminoasit miktarı oluşumunda etkili olmuştur.

Çözündürme metotlarındaki farklılık serbest aminoasit oluşumundaki etkisi önemsiz olmuştur.

Bir başka tazelik kriteri olan K değeri sonuçlarına göre çözündürme işlemlerinin artması ile K değeri artış göstermiş balık vücut kompozisyonuna bağlı olarak palamut filetolarının K değeri daha yüksek değerler almıştır. Uygulama gruplarından sodyum tripolifosfat ile muamele edilmiş balık filetolarda K değeri artışı çözündürme işlemlerinde daha yavaş olmuştur. Buzdolabında çözündürülmüş örneklerde K değeri daha hızlı yükselmiştir. Biyojen aminlerden agmatin ve 2-feniletılamin ön planda olmuş özellikle agmatin oluşumunda kriyoprotektan kullanımı agmatin oluşumunu azaltmıştır. Yine 2-feniletıl oluşumunda kontrol grubu örnekleri diğer gruplara göre daha yüksek değerler alsa da istatistiksel olarak diğer gruplardan farklı bulunmamıştır. Çözündürme metotlarının biyojen amin oluşumundaki etkisi ise önemsiz bulunmuştur. Su tutma kapasitesi sonuçlarına göre ise benzer şekilde sodyum tripolifosfat ve sodyum aljinat uygulanmış örneklerde protein yapısının ve su tutma kapasitesinin diğer gruplara göre daha iyi korunduğu belirlenmiştir.

Enstrümetal tekstür ölçüm sonuçlarına göre dondurma çözündürme işlemiyle balık filetolarında sertleşme tespit edilmiş kontrol grubu örnekleri en sert örnekler olmuştur. Kriyoprotektan kullanımı dondurma çözündürme işlemi sonucu oluşan sertleşmeyi etkilemiş sodyum aljinat ile muamele edilmiş balık filetolarında etin yapısı daha iyi korunmuştur. Yağsız balık olan mezzit dondurma çözündürme işlemleri boyunca daha yüksek sertlik değerleri almıştır. Diğer tekstürel parametreler arasında yapışkanlık, esneklik, sakızimsılık ve çiğnenabilirlik üzerinde kriyoprotektan kullanımı etkili olmuş fakat kohezyon değeri üzerinde etkisiz olmuştur. Yine çözündürme yöntemi farklılığının sakızimsılık parametresi hariç diğer tekstür parametreleri üzerinde etkisi olmamıştır. Sodyum tripolifosfat balık etlerindeki kırmızı rengin korunmasında etkili olmuş yine sarılık değerinin korunmasında da söz konusu kriyoprotektan uygulamanın etkili olduğu belirlenmiştir.

Duyusal değerlendirme sonuçlarına göre kriyoprotektan uygulamanın koku üzerinde bir etkisi olmadığı tekstür ve görünüş üzerinde sodyum aljinat uygulanmış balık filetolarının panelistler tarafından daha çok beğenildiği ortaya konmuştur. Farklı çözündürme metotları ise sadece görünüş üzerinde etki göstermiş buzdolabında çözündürülen örneklerin daha iyi görünüşe sahip olduğu belirlenmiştir.

Tüm bu sonuçlar değerlendirildiğinde kriyoprotektan ve farklı çözündürme yöntemleri uygulamasının çoklu dondurma ve çözündürme işlemlerinde yağlı ve yağsız balıkların kalitesini önemli düzeyde etkilediği görülmektedir. Bu işlemler sırasında fiziksel, kimyasal, tekstürel ve duyusal kalite parametreleri incelenmiştir. Genel olarak bu parametrelerin analizi sonucunda yağlı ve yağsız balık filetolarında sodyum tripolifosfat ve sodyum aljinat başarılı sonuçlar vermesine karşın yapılan analizlere göre balık filetolarındaki bozulma tüketilemeyecek boyutlara ulaşmamıştır. Çözündürme yöntemi balık filetolarında tekstür ve buna bağlı olarak çözünür protein, su tutma kapasitesi ve renk gibi parametreleri etkilediği tespit edilmiştir.

Üç kez dondurma ve çözündürme işleminin balık filetolarında kimyasal kalite olarak bozulmaya sebep olmadığı fakat balık etinde proteinlere bağlı fizikokimyasal özellikleri etkilediği belirlenmiştir.

Kriyoprotektanların balıketindeki etkileri kullanılan kriyoprotektan, konsantrasyon, kullanım şekli (daldırma, enjeksiyon, içeriğe ekleme), balığın başlangıç kalitesi ve depolama metoduna göre büyük farklılıklar göstermektedir. Literatürde balık kıymaları ve surimide kullanımı yaygın olan kriyoprotektanların, balık filetolarında kullanımı daha az olmakla birlikte kriyoprotektanın balıketine nüfuzu burada ön plana çıkmaktadır. Farklı kriyoprotektanların yine farklı kompozisyondaki balıklarda kullanımı denenmeli ve yine sinerjik etkileri olup olmadığı belirlenmesi amacıyla çoklu kullanılmaları araştırılmalıdır.

Su ürünleri tüketiminin fazla olduğu bazı restoran ve balık marketlerde ürünlerin çoklu dondurma ve çözündürme işlemine maruz kalması ürün kalitesini düşürmekte ve ürünü daha kolay bozulur hale getirmektedir. Bununla birlikte uygun olmayan koşullarda bekletilmiş ve ileri derecede çoklu dondurma ve çözündürmeye maruz kalmış ürünlerin de kalitesi tüketilemeyecek boyutlara ulaşabilmektedir. Çalışmamızın sonuçları ile balıkların fileto halinde muhafazasında kalitenin korunması ve bu şekilde insan sağlığı ve beslenmesine katkı sağlanarak ekonomik kayıpların önüne geçilebileceği düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Aguilera-Barazza, F.A., Quevedo-Leon, R.A., and Lopez-Alvarez, P. X. 2015. Kinetics of protein and textural changes in Atlantic salmon under frozen storage. *Food Chem*, 182:120-127.
- Aitken, A. 2001. Polyphosphates in fish processing. *Torry Advisory Note*, 31, 1-4.
- Ali, S., Zhang, W., Rajput, N., Khan, M.A., Li, C., and Zhou, G. 2015. Effect of multiple freeze-thaw cycles on the quality of chicken breast meat. *Food Chem*, 173:808-814.
- Ali, S., Rajpur, N., Li, C., Zhang, W., and Zhou, G. 2016. Effect of freeze-thaw cycles on lipid oxidation and myowater in broiler chickens. *Braz J Poultry Sci*, 18(1), 35-40.
- Alizadeh, E., Chapleau, N., De Lamballerie, M., and Le-Bail, A. 2007. Effect of different freezing processes on the microstructure of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 8:493-499.
- Alparslan, Y., Hasanhocaoğlu, H., ve Baygar, T. 2013. Ortam şartlarında (23±4°C) birden fazla uygulanan çözündürme işleminin levrek balığı (*Dicentrarchus labrax*, L., 1958)'nın et kalitesine etkisi. *Journal of Fisheries Sciences*, 7(1):12-21.
- Amerina, M.A., Pangborn, R.V., and Roessler, E.B. 1965. Principles of sensory evaluation of food. Academic, New York, 602 s.
- Anonim 1: <http://www.tarim.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/BSGM.pdf> [Son erişim tarihi: 02.10.2017]
- Anonim 2: Türkiye İstatistik Kurumu, Su Ürünleri İstatistikleri. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1005 [Son erişim tarihi: 02.10.2017]
- Anonymous 1: Species Fact Sheet. *Sarda sarda* (Bloch, 1973). <http://www.fao.org/fishery/species/2471/en> [Son erişim tarihi: 26.09.2017]
- Anonymous 2: Fish Base. Species Summary. <http://www.fishbase.se/summary/115> [Son erişim tarihi: 26.09.2017]
- Anonymous 3: Species Fact Sheet. *Merlangius merlangus* (Linnaeus, 1758). <http://www.fao.org/fishery/species/3022/en> [Son erişim tarihi: 26.09.2017]
- Anonymous 4: Post-mortem changes in fish. Fao Fisheries Technical Paper. F AO Fisheries and Aquaculture Department, Food and Agriculture Organization, Rome, Italy. <http://www.fao.org/docrep/v7180e/v7180e06.htm> [Son erişim tarihi: 05.10.2017]
- Aras Hisar, Ş., Hisar, O., ve Yanık, T. 2004. Balıklarda mikrobiyolojik, enzimatik ve kimyasal bozulmalar. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(3-4):261-265.
- Badii, F. ve Howell, N.K. 2002. Effect of Antioxidants, citrate, and cryoprotectants on protein denaturation and texture of frozen cod (*Gadus morhua*). *J Agr Food Chem* 50:2053-2061.
- Barroso, M., Careche, M., and Borderial, A.J. 1998. Quality control of frozen fish using rheological techniques. *Trends Food Sci Tech*, 9:223-229.

- Baygar, T., Özden, Ö., ve Üçok, D. 2004. Dondurma ve çözündürme işleminin balık kalitesi üzerine etkisi. *Turk J Vet Anim Sci*, 28:173-178.
- Baygar, T., Alparslan, Y., and Çaklı, S. 2013. Effects of Multiple freezing and refrigerator thawing cycles on the quality changes of seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Iran J Fish Sci*, 12(2):289-300.
- Baygar, T., and Alparslan, Y. 2015. Effects of multiğle freezing ($-18\pm 2^{\circ}\text{C}$) ad microwave thawing cycles on the quality changes of sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *J Food Sci Technol*, 52(6): 3458-65.
- Ben-Gigirey, B., Vieites Baptista De Sousa, J.M., Villa, T., and Barros-Velaquez, J. 1998. Changes in biogenic amines and microbial analysis in albacore (*Thunnus alalunga*) muscle during frozen storage. *J Food Protect*, 61(5): 608-615.
- Benjakul, S., and Bauer, F. 2001. Biochemical and physicochemical changes in catfish (*Silurus glanis* Linne) muscle as influenced by different freeze-thaw cycles. *Food Chem*, 72:207-217.
- Benjakul, S., and Visessanguan, W. 2010. Impacts of freezing and frozen storage on quality changes of seafoods. In S. Devahastin (Ed.) *Physicochemical Aspects of Food Engineering and Processing*. New York: CRC press Tylor and Francis group 283-306.
- Bigelow, W., and Lee, C. M. 2007. Evaluation of various Infused cryoprotective ingredients for their freeze-thaw stabilizing and texture improving properties in frozen red Hake muscle. *J Food Sci*, 72(1): C56-C64.
- Boonsumrej, S., Chaiwanichsiri, S., Tantratian, S., Suzuki, T., and Takai, R. 2007. Effects of freezing and thawing on the quality changes of tiger shrimp (*Penaeus monodon*) frozen by air-blast and cryogenic freezing. *J Food Eng*, 80:292-299.
- Burns, G.B., Kee, P.J., and Irvine, B.B. 1985. Objective procedure for fish freshness evaluation based on nucleotide changes using a HPLC system. Canadian Techincal Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 1373.
- Cai, L., Wu, X., Li, X. Zhong, K., Li, Y., and Li, J. 2014. Effects of different freezing treatments on physicochemical responses and microbial characteristic of Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicas*) fillets during refriigerated storage. *LWT-Food Sci Technol*, 59:122-129.
- Campo-Deano, L., Tovar, C.A., Pambo, M.J., Solas, M.T., and Borderias, A.J. 2009. Rheological study of giant squid surimi (*Dosidicus gigas*) made by two methods with different cryoprotectants added. *J Food Eng*, 94:26-33.
- Carvajal, P.A., MacDonald, G.A., and Lanier, T.C. 1999. Cryostabilization mechanism of fish muscle proteins by maltodextrins. *Cryobiology*, 38:16-26.
- Carneiro, C.S., Marsico, E.T., Ribeiro, R.O.R., Junior, C.A.C., Alvares, T.S., and Francisco, E. 2013. Studies of the effect of sodium tripolyphosphate on frozen shrimp by physicochemical analytical methods and Low Field Nucleat Magnetic Resonance (LF ^1H NMR). *LWT-Food Sci Technol*, 50(2):401-407.
- Chao, X. Bin, Z., Lu-Kai, M., and Ji-Peng, S. 2017. Cryoprotective effects of trehalose, alginate, and its oligosaccharide on quality of cooked-shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during frozen storage. *J Food Process Pres*, 41(2):e12825.

- Cheng, J.H., Sun, D.W., and Zhu, Z. 2017. Effect of frozen storage condition abuse on the textural and chemical properties of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) fillets. *J Food Process Pres*, 41:e13002.
- Claus, J.R., Colby, L.W., and Flick, G.J. 1994. Processed meats/poultry/seafood, Ch. 5. In Kinsman, edited by F.M., Kotula, A.W., Breidenstin, B.C. Muscle foods : Meat Poultry and Seafood Technology. Chapman and Hill, New York, NY.,147-162 s.
- Çakmakçı, S. 1994. Gıda katkı maddesi olarak fosfatlar. *Gıda*, 19(1):63-71.
- Dalgaard, P. 2000. Freshness, quality and safety in seafoods. Flair-Flow Europe Technical Manual. F-FE 380A/00.
- Davies, M.J. 2005. The oxidative environment and protein damage. *Biochimica et Biophysica Acta – Proteins and Proteomics*, 17(2), 93-109.
- Decker, E.A., Xiong, Y.L., Calvert, J.T., Crum, A.D., and Blachard, S.P. 1993. Chemical, physical and functional properties of oxidized turkey white muscle myofibrillar proteins. *J Agr Food Chem*, 41:186-189.
- Doğan, K. 2002. Su Ürünleri Sektörünün, Tarım Sektörü İçindeki Yeri ve Önemi. Tarım İstanbul TKB İstanbul İl Müdürlüğü Yayın Organı, 80: 8-12.
- Düzgüneş O., Kesici T., Kavuncu O., Gürbüz F. 1987. Araştırma ve Deneme Metodları (İstatistik II). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın no: 1021, 381 pp., Ankara.
- Einen, O., Guerin, T., Fjæra, S.O., and Skjervold, P.O. 2002. Freezing of pre-rigor fillets of Atlantic salmon. *Aquaculture*, 212: 129–140.
- Ekici, R. ve Yapar, A. 2004. Alabalıkların (*O.mykiss* W., 1792) donma ve çözündürme süreleri üzerine dondurma sıcaklığı ve hava sirkülasyonunun etkileri. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16(1):61-68.
- Ersoy, B., Aksan, E., and Özeren, A. 2008. The effect of thawing methods on the quality of eels (*Anguilla Anguilla*). *Food Chem*, 111:377-380.
- Etemadian, Y., Shabanpour, B., Mahoonak, A.R.S., Shabani, A., and Alami, M. 2011. Cryoprotective effects of pollophosphates on *Rutilus frisii* kutum fillets during ice storage. *Food Chem*, 129(4):1544-1551.
- Fan, W., Sun, J., Chen, Y., Qiu, J., Zhang, Y., and Chi, Y. 2009. Effects of chitosan coating on quality and shelf life of silver carp during frozen storage. *Food Chem*, 115(1):66-70.
- Fernandez-Segovia, I., Fuentes, A., Alino, M., Masot, R., and Alcaniz, M. 2012. Detection of frozen-thawed salmon (*Salmo salar*) by a rapid low-cost method. *J Food Eng*, 113:210-216.
- Fuentes, A., Masot, R., Fernandez-Segovia, I., Ruiz-Rico, M., Alcaniz, M., and Barat, M.H. 2013. Differentiation between fresh and frozen-thawed sea bream (*Sparus aurata*) using impedance spectroscopy techniques. *Innov Food Sci Emerg*, 19:210-217.
- Fuller, B.J. 2004. Cryoprotectants: the essential antifreezes to protect life in the frozen state. *Cryo Lett*, 25(6): 375-88.

- Garcia-Arias, M.T., Alvarez Pontes, E., Garcia-Linares, M.C., Garcia-Fernandez, M.C., and Sanchez-Muniz, F.J. 2003. Grilling of sardine fillets. Effect of frozen and thawed modality on their protein quality. *LWT-Food Sci Technol*, 36:763-769.
- Garthwaite, G.A. 1992. 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.
- Genç, İ.Y., Esteves, E., Anibal, J., and Diler, A. 2015. Effects of different thawing methods on the quality of meagre fillets. *Ankara Univ Vet Fak*, 62:153-159.
- Ghaly, A.E., Dave, D., Budge, S., and Brooks, M.S. 2010. Fish spoilage mechanisms and preservation techniques: Review. *Am J Appl Sci*, 7(7):859-877.
- Gonçalves, A.A., and Ribeiro, J.L.D. 2009. Effect of phosphate treatment on quality of red shrimp (*Pleoticus muelleri*) processed with cryomechanical freezing. *LWT-Food Sci Technol*, 42:1435-1438.
- Gökoğlu, N. 2002. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi. Su Vakfı yayınları, İstanbul, 83-93.
- Gökoğlu, N., and Yerlikaya, P. 2015. Seafood chilling, refrigeration and freezing. Wiley Blackwell, Chapter 1, United Kingdom.
- Gram, L., and Huss, H.H. 1996. Microbiological spoilage of fish and fish products. *Int J Food Microbiol*, 33(1):121-137.
- Greene, D.H., and Bematt-Byrne, E.I. 1990. Adenosine triphosphate catabolites as flavour compounds and freshness indicators in Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) and pollock (*Theragra chalcogramma*). *J Food Sci*, 55: 257-258.
- Hale, M.B., and Waters, M.E. 1981. Frozen storage stability of whole and headless freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii*. *Mar Fish Rev*, 42, 18-21.
- Hallier, A., Chevallier, S., Serot, T., and Prost, C. 2008. Freezing-thawing effects on the colour and texture of European catfish flesh. *Int J Food Sci Tech*, 43:1253-1262.
- Hamm, R. 1979. Delocalization of mitochondrial enzymes during freezing and thawing of skeletal muscle. In O. R. Fennema (Ed.), Proteins at low temperatures. Advances in chemistry series (vol. 180, s. 191). Washington, DC: American Chemical Society.
- Hansen, L.T., Gill, T., Rontved, S.D., and Huss, H.H. 1996. Importance of autolysis and microbiological activity on quality of cold-smoked salmon. *Food Res Int*, 29(2):181-188.
- Hattula, T., Kiesvaara, M. 1996. Breakdown products of adenosine triphosphate in treated fishery products as an indicator of raw material freshness and of storage quality. *LWT-Food Sci Technol*, 29(1-2):135-139.
- Herrera, J.R., and Mackie, I.M. 2004. Cryoprotection of frozen-stored actomyosin of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by some sugars and polyols. *Food Chem*, 84(1):91-97.
- Herrero, A.M., Carmona, P., Garcia, M.L., Solas, M.T., and Careche, M. 2005. Ultrastructural changes and structure and mobility of myofibrils in frozen-stored hake (*Merluccius merluccius* L.) muscle: Relationship with functionality and texture. *J Agr Food Chem*, 53, 2558-2566.

- Hong, H., Luo, Y., Zhou, Z., Bao, Y., Lu, H., and Shen, H. 2013. Effects of different freezing treatments on the biogenic amine and quality changes of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) heads during ice storage. *Food Chem*, 138:1476-1482.
- Hong, P.H., and Chin, K.B. 2010. Effects of microbial transglutaminase and sodium alginate on cold-set gelation of porcine myofibrillar protein with various salt levels. *Food Hydrocolloid*, 24(4):444-451.
- Huff-Lonergan, E., and Lonergan, S.M. 2005. Mechanism of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Sci*, 71, 194-204.
- Hughes, E., Cofrades, S., and Troy, D.J. 1997. Effects of fat level, oat fibre and carragenan on frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat. *Meat Sci*, 45(3): 273-281.
- Hultmann, L., and Rustad, T. 2002. Textural changes during iced storage of salmon (*Salmo salar*) and cod (*Gadus morhua*). *J Aquat Food Prod T*, 11:105-123.
- Jiang, S.T., and Lee, Y.C. 1985. Changes in free amino acids and protein denaturation of fish muscle during frozen storage. *Journal of Agricultural and Food Chem*, 33:839-844.
- Jenkelunas, P.J., and Li-Chan, E.C.Y. 2018. Production and assessment of Pacific hake (*Merluccius productus*) hydrolysates as cryoprotectants for frozen fish mince. *Food Chem*, 239:535-543.
- Jittinandana, S., Kenney, P.B., and Slider, S.D. 2005. Cryoprotectants preserve quality of restructured trout products following freeze-thaw cycling. *J Muscle Foods*, 16:354-378.
- Karube, I., Matsuoka, H., Suzui, S., Watanabe, E., and Toyama, K. 1984. Determination of fish freshness with an enzyme sensor system, *J Agr Food Chem*, 32:314-319.
- Kasemsarn, B.O., Sanz Perez, B., Murray, J., and Jones, N.R. 1963. Nucleotide degradation in the muscle of iced haddock (*Gadus aeglefnus*), lemon sole (*Pleuronectes microcephalus*), and plaice (*Pleuronectes platessa*). *J Food Sci*, 28:28-30.
- Kıvrak, İ., Kıvrak, Ş., and Harmandar, M. Free amino acid profiling in the giant puffball mushroom (*Calvatia gigantea*) using UPLC-MS/MS. *Food Chem*, 158:88-92.
- Kingwascharapong, P., and Benjakul, S. 2016. Effect of phosphate and bicarbonate replacers on quality changes of raw and cooked Pacific White shrimp as influenced by the repeated freeze-thawing. *Int J Refrig*, 67:345-354.
- Kong, B., Guo Y., Xia, X., Liu, Q., Li, Y., and Chen, H. 2013. Cryoprotectants reduce protein oxidation and structure deterioration induced by freeze-thaw cycles common carp (*Cyprinus carpio*) surimi. *Food Biophys*, 8(2): 104-111.
- Korzeniowska, M., Cheung, I.W.Y., and Li-Chan, E. 2013. Effects of fish protein hydrolysate and freeze-thaw treatment on physicochemical and gel properties of natural actomyosin from Pacific cod. *Food Chem*, 138, 1967-1975.

- Lee, C.M., and Lian, P.Z. 2002. Cryostabilization of unwashed fish mince. Proceedings of International Commemorative Symposium, 70th Anniversary of the Japanese Society Fisheries Science II. Fisheries Science 68(Suppl II): 1355-1358.
- Li, B., and Sun, D.W. 2002. Novel methods for rapid freezing and thawing of foods- a review. *J Food Eng*, 54:175-182.
- Lian, P.Z., Lee, C.M., and Hufnagel, L. 2000. Physicochemical properties of frozen red hake (*Urophycis chuss*) mince as affected by cryoprotective ingredients. *Food Chem Toxicol*, 65(7):1117-1123.
- Liceaga, A. 2006. Investigation of antifreeze proteins as cryoprotectants for ling cod (*Ophiodon elongatus*) mince and natural actomyosin. Doctor of philosophy thesis, The University of British Columbia.
- Liu, Q., Kong, B., Han, J., Chen, Q., and He, X. 2014 a. Effects of superchilling and cryoprotectants on the quality of common carp (*Cyprinus carpio*) surimi: microbial growth, oxidation, and physiochemical properties. *LWT- Food Sci Technol*, 57:165-171.
- Liu, Q., Chen, Q., Kong, B., Han, J., and He, X. 2014 b. The influence of superchilling and cryoprotectants on protein oxidation and structural changes in the myofibrillar proteins of common carp (*Cyprinus carpio*) surimi. *LWT-Food Sci Technol*, 57:603-611.
- Lopkulkiaert, W., Prapatsornwattana, K., and Rungsardthong, V., 2009. Effects of sodium bicarbonate containing traces of citric acid in combination with sodium chloride on yield and some properties of White shrimp (*Penaeus vannamei*) frozen by shelf freezing, air-blast and cryogenic freezing. *LWT- Food Sci Technol*, 43(3):768-776.
- Lowry, O.H., Rosenbrough, N.J., Farr, A.L. and Randall, R.J. 1951. Protein measurement with the Folin Phenol Reagent. *J Biol Chem*, 193, 265-275.
- Lu, F., Liu, D. H., and Ye, X.Q. 2009. Alginate-calcium coating incorporating nisin and EDTA maintains the quality of fresh northern snakehead (*Channa argus*) fillets stored at 4°C. *J Sci Food Agr*, 89, 848-854.
- Ma, L., Zhang, B., Deng, S., and Xie, C. 2015. Comparison of the cryoprotective effects of trehalose, alginate and its oligosaccharides on peeled shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during frozen storage. *J Food Sci*, 80(3):C540-C546.
- Macdonald, G.A., Lanier, T.C., Swaisgood, H.E., and Hamman, D.D. 1997. Mechanism for stabilization of fish actomyosin by sodium lactate. *J Agr Food Chem*, 44,106–112.
- Macdonald, G.A., Lanier, T.C., and Carvajal, P.A. 2000. Stabilization of proteins in surimi, chapter 5. In Park, J.W. (ed). Surimi and Surimi Seafood. Marcel Dekker, Inc. NY, 91-125.
- Mackie, I.M. 1993. Effects of freezing on flesh proteins. *Food Rev Int*, 9:575-610.
- Manju, S., Jose, L., Srinivasa Gopal, T.K., Ravishankar, C.N., and Lalitha, K.V. 2007. Effects of sodium citrate dip treatment and vacuum -packing on chemical, microbiological, textural and sensory changes of Pearlscale (*Etroplus suratensis*) during chill storage. *Food Chem*, 102:27-35.

- Manthey M, Karnop G, and Rehbein H. 1988. Quality changes of European catfish (*Silurus glanis*) from warm water aquaculture during storage in ice. *Int J Food Sci Tech*, 23,1-9.
- Mendes, R., Gonçalves, A., and Nunes, M.L. 1999. Changes in free amino acids and biogenic amines during ripening of fresh and frozen sardine. *J Food Biochem*, 23:295-306.
- Mohamed, R., Livia, S.S., Hassan, S., Soher, E.S., and Ahmed-Adel, E.B.. 2009. Changes in free amino acids and biogenic amines of Egyptian salted- fermented fish (Feseekh) during ripening and storage. *Food Chem*, 115, 635-638.
- Mørkøre, T., Rødbotten, M., Vogt, G., Fjæra, S.O., Kristiansen, I. Ø., and Manseth, E. 2010. Relevance of season and nucleotide catabolism on changes in fillet quality during chilled storage of raw Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Food Chem*, 119(4): 1417-1425.
- Okuma, H., and Watanabe, E. 2002. Flow system for fish freshness determination based on double multi-enzyme reactor electrodes. *Biosensors and Bioelectronics*, 17:367-372.
- Osako, K., Hossain, M.A., Kuwahara, K., and Nozaki, Y. 2005. Effect of trehalose on the gel-forming ability, state of water and myofibril denaturation of horse mackerel *Trachurus japonicus* surimi during frozen storage. *Fisheries Sci*, 71(2):367-373.
- Özden, Ö. 2010. Micro, macro mineral and proximate composition of Atlantic bonito and horse mackerel: a monthly differentiation. *Int J Food Sci Tech*, 45:578-586.
- Özoğul, F., Küley, E., ve Özoğul, Y. 2004. Balık ve balık ürünlerinde oluşan biyojenik aminler. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 21(3-4):375-381.
- Park, J.W., and Lanier T. C. 1987. Combined effects of phosphates and sugar or polyol on protein stabilization of fish myofibrils. *J Food Sci*, 52(6):1509-13.
- Park, J.S., Lee, C.H., Kwon, E.Y., Lee, H.J., Kim, J.Y., and Kim, S.H. 2010. Monitoring the contents of biogenic amines in fish and fish products consumed in Korea. *Food Control*, 21:1219-1226.
- Prabpree, R., and Pongsawatmanit, R. 2011. Effect of tapioca starch concentration on quality and freeze-thaw stability of fish sausage. *Natural Science*, 45:314-324.
- Randell, K., Hattula, T., Skytta, E., Sivertsvik, M., Bergslien, H., and Havenainen, R. 1999. Quality of filleted salmon in various retail packages. *J Food Quality*, 22(5):483-497.
- Refsgaard, H.H.F., Brockhoff, P.B., and Jersen, B. 1999. Sensory and chemical changes in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) during frozen storage. *J Agr Food Chem*, 46:3473-3479.
- Ronsivalli, L.J. and Baker, D.W. 1981. Low Temperature Preservation of Seafoods: A Review. *Mar Fish Rev*, 43, 1-15.
- Ryder, J.M. 1985. Determination of adenosine triphosphate and its breakdown products in fish muscle by high performance liquid chromatography. *J Agr Food Chem*, 33:678-680.

- Rzepka, M., Özoğul, F., Surowka, K., Michalczyk, M. 2013. Freshness and quality attributes of cold stored Atlantic bonito (*Sarda sarda*) gravid. *Int J Food Sci Tech*, 48:1318-1326.
- Saito, T., Arai, K., and Matsuyoshi, M. 1959. A new method for estimating the freshness of fish. *B Jpn Soc Sci Fish*, 24:749-750.
- Sato, T., Ohgami, S., and Kaneniwa, M. 2016. Effects of long-term frozen storage on the compositions of free amino acids and nucleotide related compounds of the coconut crab *Birgus latro*. *Iran J Fish Sci*, 15(4):1269-1278.
- Schormuller, J. 1968. *Handbuch der Lebensmittelchemie*, Band III/2. Springer, Berlin, pp. 1482–1537.
- Schumbring, R. 2001. Double freezing of saithe fillets. Influence on sensory and physical attributes. *Nahrung/Food*, 45(4): 280-285.
- Serdaroğlu, M., ve Deniz, E.E. 2001. Balıklarda ve bazı su ürünlerinde trimetilamin (TMA) ve dimetilamin (DMA) oluşumunu etkileyen koşullar. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Derisi*, 18(3-4):575-581.
- Silla Santos, M.H. Biogenic amines: their importance in foods. *Int J Food Microbiol*, 29:213-231.
- Silva, J.J., and Chamul, R.S. 2000. Composition of marine and freshwater finfish and shellfish species and their products, In Marine and freshwater products handbook (Martin R.E., Paire Carter E., Flick E.J., Davis L.M. (Eds.), Technomic Publishing Company, Inc., Pennsylvania, USA, 31.
- Simat, V., and Dalgaard, P. 2011. Use of small diameter column particles to enhance HPLC determination of histamine and other biogenic amines in seafood. *LWT – Food Sci Technol*, 44:399–406.
- Song, Y., Liu, L., Shen, H., You, J., and Luo, Y. 2011. Effect of sodium alginate-based edible coating containing different anti-oxidants on quality and shelf life of refrigerated bream (*Mergalobrama amblycephala*). *Food Control*, 22:608-615.
- Sriket, P., Benjakul, S., Visessanguan, W., and Kijroongrojana, K. 2007. Comparative studies on the effect of the freeze-thawing process on the physicochemical properties and microstructures of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) and White shrimp (*Penaeus vannamei*) muscle. *Food Chem*, 104:113-121.
- Srinivasan, S., Xiong, Y.L., and Blanchard, S.P. 1997 a. Effects of freezing and thawing methods on storage time on thermal properties of freshwater prawns (*Macrobrachium rosenbergii*). *J Sci Food Agr*, 75:37-44.
- Srinivasan, S., Xiong, Y.L., Blanchard, S.P., and Tidwell, J.H. 1997 b. Physicochemical changes in prawns (*Macrobrachium rosenbergii*) subjected to multiple freeze-thaw cycles. *J Food Sci*, 62(1):123-127.
- Sych, J., Lacroix C., Adamounou I.T., and Castaigne, F. 1990. Cryoprotective effects of some materials on cod surimi proteins during frozen storage. *J Food Sci*, 55(5):1222-1227.
- Sych, J., Lacroix, C., and Carrier, M. 1991. Determination of optimum level of lactitol for surimi. *J Food Sci*, 56(2):285-290.

- Thanonkaew, A., Benjakul, S., Visseguan, W., and Decker, E.A. 2006. Development of yellow pigmentation in squid (*Loligo peali*) as a result of lipid oxidation. *J Agr Food Chem*, 54:956-962.
- Thanonkaew, A., Benjakul, S., Visessanguan, W., Decker, E.A. 2008. The effect of antioxidants on the quality changes of cuttlefish (*Sepia pharaonis*) muscle during frozen storage. *LWT- Food Sci Technol*, 41:161-169.
- Thyholt, K. and Isaksson, T. 1997. Differentiation of frozen and unfrozen beef using near-infrared spectroscopy. *J Sci Food Agr*, 73, 525-532.
- Tokur, B. ve Kandemir, S. 2008. Dondurulmuş balıklarda farklı çözündürme şekillerinin protein kalitesine olan etkileri. *Journal of Fisheries Sciences*, 2(1):100-106.
- Tufan, B., ve Köse, S. 2014. Variations in lipid and fatty acid contents in different body parts of Black Sea whiting, *Merlangius merlangus euxinus* (Nordmann, 1840). *Int J Food Sci Tech*, 49:373-384.
- Turan, H., Kaya, Y., ve Erkoyuncu, İ. 2003. Effects of glazing , packaging and phosphate treatments on drip loss in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W., 1792) during frozen storage. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 3:105-109.
- Turan, H. ve Erkoyuncu, İ. 2004. Farklı işlemler uygulanarak dondurulan palamut balığında (*Sarda sarda* Bloch, 1793) donmuş depolama süresince oluşan kalite değişimleri. *Turk J Vet Anim Sci*, 28:1017-1024.
- Turhan, S., Ustun, N.S., and Bank, I. 2006. Effect of freeze-thaw cycles on total and heme iron contents of bonito (*Sarda sarda* and bluefish (*Pamotomus saltatot*) filets. *J Food Compos Anal*, 19:384-387.
- Uslu, M.K., Erbaş, M., Turhan, İ., ve Tetik, N. 2010. Nişasta miktarının ve çöven suyu ilavesinin lokumların bazı özellikleri üzerine etkileri. *Gıda*, 35(5):331-337.
- Varlık, C., Gökoğlu, N., ve Gün, H. 1993. Dondurulmuş karideslerin (*Parapenaeus longirostris*, Lucas 1846) depolanması. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 10 (37-38-39):71-78.
- Varlık, C., Erkan, E., Özden, Ö., Mol, S., ve Baygar, T. 2004. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi. İstanbul Üniversitesi Basım ve Yayınevi Müdürlüğü, İstanbul, 95-127 s.
- Veland, J.O., and Torrissen, O.J. 1999. The texture of Atlantic salmon (*Salmo salar*) muscle as measured instrumentally using TPA and Warner-Brazler shear test. *J Sci Food Agr*, 79:1737-1746.
- Velioğlu, H.M., Temiz, H.T., ve Boyacı, İ. H. 2015. Differentiation of fresh and frozen-thawed fish samples using Raman spectroscopy coupled with chemometric analysis. *Food Chem*, 172, 283-290.
- Vojdani, F. 1996. Solubility. In G. M. Hall (Ed.), Method of testing protein functionality (s. 11–60). London: Chapman & Hall.
- Wang, T., Li, Z., Mi, N., Yuan, F., Zou, L., Lin, H., and Pavase, T. 2017. Effects of Brown algal phlorotannins and ascorbic acid on the physiochemical properties of minced fish (*Pagrosomus major*) during freeze- thaw cycles. *Int J Food Sci Tech*, 52:706-713.

- Wu, S., Pan, S., and Wang, H. 2014. Effect of trehalose on *Lateolabrax japonicus* myofibrillar protein during frozen storage. *Food Chem*, 160(1):281-285.
- Yasemi, M. 2017. Prevention of denaturation of freshwater crayfish muscle subjected to different freeze-thaw cycles by gelatin hydrolysate. *Food Chem*, 234:199-204.
- Yerlikaya, P., ve Gökoğlu, N., 2002. Gıdalarda biyojen aminler ve önemi. *Gıda Mühendisliği Dergisi*, 6:24-30.
- Yokoyama, S., and Hiramatsu, J-I. 2003. A modified ninhydrin reagent using ascorbic acid instead of potassium cyanide. *J Biosci Bioeng*, 95 (2), 204-205.
- Yoon, K.S., and Lee, C.M. 1990. Cryoprotectant effects in surimi and surimi/mince-based extruded products. *J Food Sci*, 55(5): 1210-1216.
- Yoon, K.S., Lee, C.M., and Hufnagel, L.A. 1991. Textural and microstructural proteins of frozen fish mince as affected by the addition of nonfish proteins and sorbitol. *Food Struct*, 10:255-265.
- Zaboukas, N., Miliou, H., and Moraitou-Apostolopoulou, M. 2006. Biochemical composition of the Atlantic bonito *Sarda sarda* from the Aegean Sea (Eastern Mediterranean Sea) in different stages of sexual maturity. *J Fish Biol*, 69:347-362.
- Zhou, A., Benjakul, S., Pan, K., Gong, J., and Liu, X. 2006. Cryoprotective effects of trehalose and sodium lactate on tilapia (*Sarotherodon nilotica*) surimi during frozen storage. *Food Chem*, 96(1):63-103.
- Zhou, C., Li, J., Tan, S., Sun, G. 2014a. Effects of L-arginine on physicochemical and sensory characteristics of pork sausage. *Advanced Journal of Food Science and Technology*, 6(5):660-667.
- Zhou, C., Li, J., Tan, S. 2014b. Effect of L-lysine on the physicochemical properties of pork sausage. *Food Sci Tech*, 23(3):775-780.
- Zhu, S., Zhou, Z., Feng, L., and Lou, Y. 2015. Postmortem changes in physicochemical properties of songpi mirror carp (*Cyprinus carpio*) during iced storage. *Food Bioscience*, 9:75-79.
- Xia, X., Kong, B., Liu, Q., and Liu, J. 2009. Physicochemical change and protein oxidation in porcine longissimus dorsi as influenced by different freeze-thaw cycles. *Meat Sci*, 83:239-245.

ÖZGEÇMİŞ

Uzm. Hanife Aydan YATMAZ
aydan@akdeniz.edu.tr



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Y. Lisans 2008-2010	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Bölümü, Antalya
Lisans 2004-2008	Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Antalya

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Uzman 2011- Devam Ediyor	Akdeniz Üniversitesi Gıda Güvenliği ve Tarımsal araştırmalar Merkezi, Antalya
--------------------------------	---

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

1. Gokoglu, N., Topuz, O.K., **Buyukbenli, H.A.**, yerlikaya, P. 2012. Inhibition of lipid oxidation in anchovy oil (*Engraulis encrasicolus*) enriched emulsions during refrigerated storage. *International Journal of Food Science and Technology*. 47: 1398-1403.

2. Yerlikaya, P., Topuz, O.K., **Buyukbenli, H.A.**, GOKOGLU, N. 2013. Fatty Acid Profiles of Different Shrimp Species: Effect of Depth of Catching. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. Doi: 10.1080/10498850.2011.646388
3. Gokoglu, N., Yerlikaya, P., Topuz, O.K., **Buyukbenli, H.A.** 2012. Effects of Plant Extracts on Lipid Oxidation in Fish Croquette during Frozen Storage. *Food Science and Biotechnology*. 21(6): 1641-1645.
4. Topuz, O.K., Yerlikaya, P., Ucak, İ., Gumus, B., **Buyukbenli, H.A.** 2014 Effects of olive oil and olive oil-pomegranate juice sauces on chemical, oxidative and sensorial quality of marinated anchovy. *Food Chemistry*, 154, 63-70.
5. Topuz, O.K., Yerlikaya, P., Ucak, İ., Gumus, B., **Buyukbenli, H.A.** Gokoglu, N. 2015. Influence of pomegranate peel (*Punica granatum*) extract on lipid oxidation in anchovy fish oil under heat accelerated conditions. *Journal of Food Science and Technology*, 52(1):625-532.
6. Yerlikaya, P., Gokoglu, N., Ucak, İ., **Yatmaz, H.A.**, Benjakul, SOOTTAWAT. 2015. Suppression of the formation of biogenic amines in mince by microbial transglutaminase. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(11):2215-2221.
7. **Yatmaz, H.A.**, Gokoglu, N. Effects of plant extract-sulphite combinations on melanosis inhibition and quality in shrimp (*Aristeus antennatus*). *International Journal of Food Properties*. DOI: 10.1080/10942912.2015.1031247
8. Sık, B., Tongur, T., ErKaymaz, T., Yatmaz, H.A. 2016. Development and validation if a rapid and eviromentally friendly analysis method for determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in water by modification of QuEChERS extraction method. *Journal of Enviromental Protection and Ecology*, 17(2):435-444.
9. Yerlikaya, P., Gokoglu, N., Topuz, O.K., Gumus, B., Yatmaz, H.A. Antioxidant activities of citrus albedo and flavedo fragments against fish lipid oxidation. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. <http://dx.doi.org/10.1080/10498850.2015.1059917>
10. Gokoglu, N., Yerlikaya, P., Ucak, I., **Yatmaz, H.A.** 2017. Effect of bromealin and papain enzymes addition on physicochemical and textural properties of squid (*Loligo vulgaris*). *Food Measure*, 11(1):347-353.
11. Yerlikaya, P., **Yatmaz, H.A.**, Gokoglu, N., Ucak, I. The quality alterations of rainbow trout mince treated with transglutaminase. *LWT-Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.06.034>

Uluslararası kongrelerde sunulan bildiriler

1. **Büyükbenli, H.A.**, Gökoğlu, N. 2011. Sulphides and alternative agents to prevent melanosis in shrimps. International Food Congress, Novel Approaches in Food Industry 2011, 26-29 May. Çeşme, Türkiye.

2. Gökoğlu N., Yerlikaya P., Topuz O., **Büyükbenli H.** 2012. Fatty Acids Of Different Shrimp Species Caught From The Gulf Of Antalya, Mediterranean Sea. Chemical reactions in Foods VII, CEK CUM., 14-16 KASIM, pp.181.
3. Gumus, B., Topuz, O.K., Yerlikaya, P., Ucak, İ., **Buyukbenli, H.A.** 2014 Optimization of the ultrasonically assisted extraction conditions of phenolic compounds from green alga (*Enteromorpha linza*). Alg'n' Chem 2014, Which future for algae in industry, Montpellier, FRANSA, 31 March-3 April, pp. 55.
4. Yatmaz, H.A., Yerlikaya, P., Gokoglu, N., Ucak, I. 2015. Inhibition of lipid oxidation in anchovy oil by grapefruit albedo extract. VII. International Water and Fish Conference, Belgrad, SIRBISTAN, 10-12 Haziran 2015, pp.151-152. (Oral Presentation)
5. Gökoğlu, N., Yerlikaya, P., Uçak, İ., Yatmaz, H.A. Effects Of Tumbling Process On Physicochemical Properties Of Octopus (*Octopus Vulgaris*). VII. International Water and Fish Conference. Belgrad, SIRBISTAN, 10-12 Haziran 2015. pp.241-242.
6. Yerlikaya, P., Gökoğlu, N., Yatmaz, H.A., Uçak, İ. The Effect Of Transglutaminase Addition On The Quality Alterations Of Rainbow Trout Mince. VII. International Water and Fish Conference. Belgrad, SIRBISTAN, 10-12 Haziran 2015. pp.291-292.
7. Yatmaz, H.A., Yerlikaya, P., Tokay, F.G. Effect of transglutaminase coating on the formation of biogenic amines in mackerel fillets. 46. WEFTA conference. Split, HIRVATISTAN, 12-14 Ekim 2016. (Oral presentation)
8. Yatmaz, H.A., Gokoglu, N. Chromatographic analysis of biogenic amines in seafood. 46. WEFTA conference. Split, HIRVATISTAN, 12-14 Ekim 2016.
9. Yerlikaya, P., Tokay, F.G., Yatmaz, H.A. Effect Of Transglutaminase On Fish Medallion Properties Cooked With Different Methods.2. Congress on Food structure Design, Antalya, TÜRKİYE, 26-28 Ekim 2016.
10. Gökoğlu, N., Yatmaz, H.A. Effects of tumbling on proteins and texture of squid (*Loligo vulgaris*) muscle. The Food Factor I, Barcelona, İspanya, 2-4 Kasım 2016.
11. Yatmaz, H.A., Gökoğlu, N. Utilization Of Cryoprotectants In Frozen Seafood Industry. FABA, Antalya, TÜRKİYE, 3-5 Kasım 2016.
12. Topuz, O.K., Yerlikaya, P., Yatmaz, H.A., Kaya, A., Alp, A.C. Polysaturated fatty acid (PUFA) contents of meat and egg of rainbow trout fish (*Oncorhynchus mykiss*). International Conference of 'Agriculture for Life, Life for Agriculture', Bükreş, ROMANYA, 8-10 Haziran 2017. (Oral presentation).
13. Topuz, O.K., Yerlikaya, P., Yatmaz, H.A., Kaya, A., Alp, A.C., Kılıç, M. Comparison of essential trace element profiles of rainbow trout fish (*Oncorhynchus mykiss*) meat and egg. International Conference of 'Agriculture for Life, Life for Agriculture', Bükreş, ROMANYA, 8-10 Haziran 2017. (Oral presentation).

Ulusal kongrelerde sunulan bildiriler

1. Yerlikaya, P., Gokoglu, N., Topuz, O.K. **Buyukbenli, H.** 2012. Balık yağı ile zenginleştirilmiş mayonezlerin besleyici değerleri. Türkiye 11. Gıda Kongresi. Hatay, 10-12 Ekim.
2. **Yatmaz, H.A.**, Gökoğlu, N., Uçak, İ. 2015. Su ürünlerinde organokalay bileşiklerinin kontaminasyonu ve insan sağlığına etkileri. 5. Gıda Güvenliği Kongresi. İstanbul, 7-8 Mayıs, 82 s.
3. Yerlikaya, P., Gökoğlu, N., Topuz, O.K., **Yatmaz, H.A.** 2015. Farklı karides türlerinde kafa ayıklama işleminin melanosis üzerine etkisi. 5. Gıda Güvenliği Kongresi. İstanbul, 8 Mayıs, 105 s.
4. Uçak, İ., Gökoğlu, N., **Yatmaz, H.A.** 2015. Su ürünlerinde histamin oluşumu ve insan sağlığına etkileri. 5. Gıda Güvenliği Kongresi. İstanbul, 7-8 Mayıs, 171s.
5. Yerlikaya, P., **Yatmaz, H.A.**, Uçak, İ., Gökoğlu, N. 2015. Transglutaminaz Enziminin Farklı Balık Türlerinde Biyojen Amin Oluşumu Üzerine Etkisi. 18. Ulusal su Ürünleri Sempozyumu. , İzmir, 1-4 Eylül, 289 s.