

	SAKARYA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ SAKARYA UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE		
	e-ISSN: 2147-835X Dergi sayfası: http://www.saujs.sakarya.edu.tr		
	Geliş/Received 14-03-2017 Kabul/Accepted 20-10-2017	Doi 10.16984/saufenbilder.297833	

Farklı muhafaza sıcaklığı ve sürelerinin Kerevit (*Astacus leptodactylus* Esch. 1823) filetosundaki vitamin A, β -karoten, astaksantin ve lipid peroksidasyon seviyesi üzerine etkisi

Özden Barım-Öz^{1*}, Mustafa Karatepe²

ÖZ

Bu çalışmada, farklı sıcaklık dereceleri ve sürelerinin kerevit (*A. leptodactylus*) filetolarındaki vitamin A, β -karoten, astaksantin ve lipid peroksidasyon seviyesi (malondialdehit (MDA)) üzerine olan etkisi araştırıldı. Bunun için kerevit filetoları +4°C, -12°C ve -18°C’lerde muhafaza edildi. Çalışmada abdomen filetolarındaki analizler, +4°C’de 0., 1., 3., 6., 9. ve 12. günlerde, -12 ve -18°C’lerde ise 0, 2., 4., 6., 8., 10., 12. ve 17. haftalarda yapıldı. Analizlerin yapımında yüksek performanslı sıvı kromatografisi kullanıldı. Elde edilen parametrelerin istatistiksel analizleri sonucunda; vitamin A, β -karoten ve astaksantin miktarındaki azalmanın, MDA miktarındaki yükselmenin +4°C, -18°C ve -12°C’de süreye bağlı olarak artarak meydana geldiği (her biri için p<0,001) belirlendi. Ayrıca çalışmada meydana gelen bu değişimin -18°C ve -12°C göre +4°C’de, -18°C’ye göre ise -12°C’de daha fazla olduğu tespit edildi.

Anahtar Kelimeler: *Astacus leptodactylus*, HPLC, Depolama

Effects on vitamin A, β -caroten, Astaxhantin and Lipid peroxidation levels in filets of Freshwater Crayfish (*Astacus Leptodactylus*, esch., 1823) of various storage temperature and time

ABSTRACT

The study was aimed to determine the effects of various storage temperatures and periods on vitamin A, β -caroten, astaxhantin and lipid peroxidation (Malondialdehyde (MDA)) levels of filets of *A. leptodactylus*. For this purpose, freshwater crayfish samples (*A. leptodactylus*) were stored at +4, -12 and -18°C. The analysis in abdomen filets were made at the beginning of 0, 1, 3, 6, 9, 12 days at +4°C and 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 and 17 weeks at -12 and -18°C. High performance liquid chromatography was used in the construction of the analyzes. In a result of the statistical analysis of the obtained parameters was determined that it occurred depending on the time that the levels of vitamin A, β -caroten, astaxhantin decreased and the level of MDA increased (p<0,001 for each one). Moreover, It was found that this changes in the study were more higher at +4°C according to -18°C and -12°C and at -12°C according to -18°C.

Keywords: *Astacus leptodactylus*, HPLC, Storage

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Crustacea (kabuklular) sınıfında yer alan *Astacus leptodactylus* türü kerevitler fizyolojik, morfolojik ve davranış özellikleri bakımından birçok habitatta yaşama yeteneğine sahip omurgasız canlılardır. Yetiştiriciliği özellikle Kuzey Amerika'nın güney eyaletlerinde, Avrupa ve Avustralya'da yapılmaktadır. Akuatik sistemlerde organik madde dönüşümünü sağlayan besin zinciri için anahtar tür özelliğindedir. Ülkemizde doğal olarak bulunan bu kerevitin birçok ülkede sevilerek tüketilmesi nedeniyle ekonomik değeri her geçen gün yükselmektedir [1-3].

Lipid peroksidasyon (LPO) membranda bulunan fosfolipit, glikolipit, gliserit ve sterol yapısında yer alan poliansature yağ asitlerinin serbest oksijen radikalleri tarafından peroksitler, alkoller, aldehitler, hidroksit yağ asitleri, etan ve pentan gibi çeşitli ürünlere yıkılma reaksiyonudur. Poliansature yağ asitlerinin oksidatif yıkımı olarak da ifade edilen lipid peroksidasyon oldukça zararlıdır. Çünkü, kendi kendini devam ettiren zincir reaksiyonu şeklinde ilerler. Lipid peroksidasyon ile meydana gelen membran hasarı geri dönüşümsüzdür [4,5].

Reaktif oksijen türlerinin oluşumunu ve bunların meydana getirdiği biyolojik etkileri önlemek için vücutta birçok savunma mekanizması oluşmuştur. Bunlar 'antioksidan savunma sistemleri' veya kısaca 'antioksidanlar' olarak bilinirler. Vitamin A, β -karoten ve astaksantin bu savunma mekanizmasını destekleyen önemli antioksidanlar arasında yer almaktadır. Bu özelliğinden dolayı özellikle doymamış yağ asitlerinin oksidasyonunu önlemektedirler [4-6]. Astaksantin ve β -karoten aynı zamanda crustaceaların ana pigment maddesidir. Bu maddeler dokulara kırmızı-turuncu bir renk sağlar. Akuatik organizmaların pazarlanmasında et renginin kalitesi, tüketicinin seçimini etkileyen önemli faktörlerden biri olduğundan dolayı astaksantin ve β -karotenin etteki varlığı oldukça önemlidir [7-9].

Kerevit eti vitamin A, β -karoten ve astaksantin bakımından zengin gıdalar arasında yer almaktadır [10-11]. İnsan beslenmesinde önemli bir yeri olan vitamin A'nın eksikliğinde karanlığa adaptasyon bozukluğu, böbrek taşı oluşumu, ürogenital yollarda bozukluk, büyümede ve protein sentezinde glikosilasyon sorunları gibi belirtiler gözlenmiştir. β -karoten ve astaksantin ise kansere

karşı oldukça etkili maddeler arasında yer alırken, karoten yetersizliğinde şupru, sarılık, karaciğer sirozu ve kistik fibroz gibi belirtiler tespit edilmiştir [12].

Kerevitler pazara sunulduktan sonra ya taze olarak hemen işlenmekte ya da farklı dondurucularda belli bir süre saklandıktan sonra tüketilmektedir. Soğuk depolanma esnasında; sıcaklığa, kullanılan koruyucu maddeye, süreye ve paketleme tekniğine bağlı olarak besin kalitesinde azalma veya oksitlenmeyle oluşan bozulmalar meydana gelebilmektedir [13-17]. Bu nedenle insanlar için bu kadar önemli olan vitamin A, β -karoten ve astaksantin, tüketilen kerevit filetolarında zamana bağlı olarak oluşacak kayıp miktarlarının bilinmesi sağlıklı beslenme açısından oldukça önemlidir.

Bu çalışmada, kerevit (*Astacus leptodactylus*) etindeki vitamin A, β -karoten, astaksantin ve lipid peroksidasyon (MDA) seviyesi üzerine farklı muhafaza sıcaklığı ve sürelerinin etkisi araştırıldı. Böylece insan sağlığı için önemli olan vitamin A, β -karoten ve astaksantin farklı muhafaza sıcaklığı ve sürelerinde, aktivitesini kaybetmeden ne kadar süre kalabileceği ve kas dokusundaki MDA miktarı üzerine etkileri belirlendi.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR (EXPERIMENTAL STUDIES)

Çalışmada kullanılan erkek kerevitler (*Astacus leptodactylus* Esch. 1823) Keban Baraj Gölü Ağın Bölgesi'nden pinter ağları ile yakalandı. Çalışma 15 Temmuz-15 Aralık tarihleri arasında yapıldı.

Bu çalışmada 30-35 g ağırlığında olan kerevitler kullanıldı. Kerevitler avlandıktan 4 saat sonra denemelere alındı. Abdomen kısmındaki kaslar çıkarıldı. Bu dokuların hemen vitamin A, β -karoten, astaksantin ve MDA miktarları analiz edilerek başlangıç değeri yani 0. gün ve 0. hafta olarak kaydedildi. Analizler için yeterli kerevit eti miktarları tespit edilerek vakum paketleme yapıldı. Bu paketler muhafaza sıcaklıklarına (+4°C, -12°C ve -18°C) göre ortamlara yerleştirildi [18-19]. Bu çalışmada filetolar (abdomen eti) +4°C'de 0, 1, 3, 6, 9 ve 12. günlerde, -12°C ve -18°C'de ise 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 ve 17. haftalarda analiz edildi.

2.1. Vitamin A ve β -Karoten Düzeylerinin Analizi (The Analysis of Vitamin A and β -Caroten Levels)

Bu analizler için dokular (200-1000 mg) tartılarak ayrıldı. Kas örnekleri 2 mL sülfirik asit ile cam-cam homejenizatöründe homojenize edildi. Bu örnekler tüplere bırakılarak üzerine 2 mL etanol ilave edildi. Her bir örnek 5 dk vorteks ile karıştırıldıktan sonra üzerine 0,3 ml hekzan bırakıldı. Tüpler 2500 rpm'de 5 dk santrifüj edildi. Elde edilen örneklerde oluşan fazlar ayrılarak farklı tüplere aktarıldı. Bu tüplere 200 μ L hekzan tekrar ilave edilerek 2500 rpm'de 5 dk tekrar santrifüj edildi. Tüplerden alınan örnekler HPLC şişelerine yerleştirilerek okumalar yapıldı [11,20].

2.2. Astaksantin Düzeyinin Analizi (The Analysis of Astaxanthin Level)

Analiz için 250 mg kas doku örnekleri alındı. Daha sonra n-hekzan ve astaksantin ile doku ekstrakte edildi. Azot gazı ile sıvı faz uzaklaştırıldı ve kalıntı hareketli fazda çözüldü. Tüpler 2500 rpm'de 5 dk santrifüj edildi. Elde edilen örneklerde oluşan fazlar ayrılarak farklı tüplere aktarıldı. Bu tüplere 200 μ L hekzan tekrar ilave edilerek 2500 rpm'de 5 dk tekrar santrifüj edildi. Kas dokusundaki astaksantin düzeyleri HPLC ile analiz edildi. Hareketli faz olarak asetonitril: diklorometan: metanol: formik asit (140:20:9:1) kullanıldı. Akış hızı 1 ml/dak. ve PDA detektörde 475 nm dalga boyunda çalışıldı [10,21].

2.3. Lipid Peroksidasyon Düzeyinin Analizi (The Analysis of Lipid Peroxidation Level)

Doku örneğinden 250 mg alınıp üzerine 0.2 ml 0.5 M HClO₄ ilave edildi. Daha sonra bu karışım vortekslenerek üzerine saf su ilave edilip toplam hacim 1 ml'ye tamamlandı. Karışım 5 dakika santrifüjlendikten (4500 devir/dak) sonra örneklerin üzerindeki berrak kısımdan dikkatlice 20 μ L alınarak HPLC'de analiz edildi (Karatepe, 2004). Analizler hareketli faz olarak 30 mM KH₂PO₄ - metanol (% 82,5 – 17,5; pH:4) karışımında 250 nm'de İnertsil 5 μ C-18 (15 cm x 4.6 mm) kolonu kullanılarak akış hızı 1 mL/dakikada yapıldı [11].

İncelenen parametrelere ait değerlerin karşılaştırılmasında 'SPSS 21,0' paket programı kullanılarak One Way Anova-Duncan ve T-Testi uygulandı.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

3.1. Sonuçlar (Results)

Analiz edilen parametrelerin istatistiksel analizleri sonucunda *A. leptodactylus* filetolarındaki astaksantin, vitamin A, β -karoten ve MDA seviyesinin zamana ve farklı muhafaza sıcaklığına bağlı olarak değiştiği tespit edildi.

Elde edilen verilere göre +4°C'de muhafaza edilen kerevit filetolarındaki vitamin A, astaksantin, β -karoten ve MDA miktarlarının 0. güne oranla 1. günde istatistiksel açıdan önemli derecede değişmediği belirlendi. Yapılan analizler sonucunda +4°C'de muhafaza edilen kerevit filetolarındaki vitamin A miktarının 0. güne oranla 3. günde %23,54, 6. günde %44,70, 9. günde %57,88 ve 12. günde %71,85 oranında (p<0,001), β -karoten miktarının 0. güne oranla 3. günde %18,98, 6. günde %24,37, 9. günde %58,01 ve 12. günde %74,16 oranında (p<0,001), astaksantin miktarının ise 0. güne oranla 3. günde %22,64, 6. günde %70,75, 9. günde %84,90 ve 12. günde %96,22 oranında (p<0,001) azaldığı saptandı. Ayrıca bu muhafaza sıcaklığındaki MDA seviyesinin 0. güne oranla 3. günde %131,16, 6. günde %548,83, 9. günde %819,79 ve 12. günde %1040,69 oranında (p<0,001) arttığı belirlendi (Tablo 1).

Tablo 1. *A. leptodactylus* filetolarının +4°C'de farklı muhafaza sürelerinde depolanması sonucunda vitamin A, B-karoten, astaksantin ve lipid peroksidasyon (MDA) miktarlarındaki değişim (Changes in the amounts of vitamin A, β -carotene, astaxanthin and lipid peroxidation (MDA) as a result of storage of *A. leptodactylus* fillets at different storage times at + 4°C)

FMS	Vitamin A	B-karoten	Astaksantin	MDA
0.G	0,463±0,064 ^a	18,729±2,120 ^a	0,106±0,018 ^a	0,430±0,109 ^c
1.G	0,451±0,06 ^a	18,221±1,964 ^a	0,101±0,012 ^a	0,585±0,086 ^c
3.G	0,354±0,051 ^b	15,174±0,919 ^b	0,082±0,012 ^b	0,994±0,113 ^d
6.G	0,256±0,055 ^c	14,164±1,278 ^b	0,031±0,010 ^c	2,790±0,589 ^c
9.G	0,195±0,029 ^d	7,864±0,817 ^c	0,016±0,002 ^d	3,955±0,652 ^b
12.G	0,134±0,016 ^c	4,839±0,961 ^d	0,004±0,001 ^e	4,905±0,552 ^a
P	***	***	***	***

FMS: Filetoların muhafaza süresi, G: Gün, a, b, c, d, e: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir.

Kerevit etinin -12°C ve -18°C de 17 hafta süresince depolanması sonucunda vitamin A, β -karoten ve astaksantin düzeylerinde azalmalar tespit edildi. Bu azalma -12°C ve -18°C'de vitamin A miktarlarında sırasıyla 0. güne oranla 2.

haftada %16,84 ve %2,15, 4. haftada %37,79 ve %20,95, 6. haftada %48,16 ve %22,03, 8. haftada %53,77 ve %37,58, 10. haftada %55,29 ve

%40,60, 12. haftada %61,33 ve %50,32 ve 17. haftada %77,32 ve %60,25 oranında, β-karoten miktarında 0. güne oranla 2. haftada %8,90 ve %0,44, 4. haftada %19,88 ve %20,46, 6. haftada %36,93 ve %20,46, 8. haftada %51,72 ve %35,25, 10. haftada %69,04 ve %49,46, 12. haftada %84,00 ve %71,46 ve 17. haftada %91,90 ve %86,93 oranında, astaksantin miktarında ise 0. güne oranla 2. haftada %26,41 ve %18,86, 4. haftada %50,00 ve %24,52, 6. haftada %73,58 ve

%68,60 ve %33,25, 6. haftada %180,00 ve %112,09, 8. haftada %387,67 ve %307,44, 10. haftada %493,48 ve %326,74, 12 haftada %701,39 ve %477,67 ve 17. haftada %839,53 ve %638,37 oranında olduğu belirlendi (Tablo 2).

3.2. Tartışma (Discussion)

Yapılan araştırmada farklı muhafaza sıcaklıklarının kerevit filetolarının vitamin A, β-karoten, astaksantin ve MDA seviyesi üzerine istatistiksel açıdan önemli derecede etkili olduğu tespit edildi.

Tablo 2. *A. leptodactylus* filetolarının -12°C ve -18°C’de farklı sürelerde depolanması sonucunda vitamin A, B-karoten, astaksantin ve lipid peroksidasyon (MDA) miktarlarındaki değişim (Variation in the amounts of vitamin A, β-carotene, astaxanthin and lipid peroxidation (MDA) as a result of storage of *A. leptodactylus* filets at different temperatures at -12°C and -18°C).

FMS	Sıcaklık (°C)	Vitamin A	P _A	B-karoten	P _β	Astaksantin	P _{AST}	MDA	P _{MDA}
0. H	-	0,463±0,064 ^a	-	18,729±2,120 ^a	-	0,106±0,018 ^a	-	0,430±0,109 ^g	-
	-	0,463±0,064 ^x		18,729±2,120 ^x		0,106±0,018 ^x		0,430±0,109 ^p	
2. H	12	0,385±0,018 ^b	*	17,062±1,347 ^b	*	0,078±0,014 ^b	-	0,563±0,086 ^{fg}	*
	18	0,453±0,015 ^x		18,813±1,815 ^x		0,086±0,007 ^y		0,480±0,067 ^p	
4. H	12	0,288±0,003 ^c	***	15,005±1,307 ^c	*	0,053±0,009 ^c	***	0,725±0,097 ^f	**
	18	0,366±0,009 ^y		16,973±1,304 ^{xy}		0,080±0,011 ^{bz}		0,573±0,085 ^p	
6. H	12	0,240±0,015 ^d	***	11,812±0,816 ^d	**	0,028±0,010 ^d	***	1,204±0,115 ^c	***
	18	0,361±0,010 ^y		14,896±1,162 ^{yz}		0,076±0,006 ^z		0,912±0,030 ^t	
8. H	12	0,214±0,008 ^d	**	9,042±1,000 ^e	***	0,017±0,001 ^e	***	2,097±0,078 ^d	**
	18	0,289±0,016 ^z		12,127±1,542 ^z		0,048±0,007 ^t		1,752±0,085 ^z	
10. H	12	0,207±0,015 ^d	**	5,794±0,369 ^f	***	0,005±0,001 ^f	***	2,552±0,263 ^c	**
	18	0,275±0,017 ^z		9,465±1,373 ^t		0,026±0,003 ^p		1,835±0,127 ^z	
12. H	12	0,179±0,006 ^e	**	2,995±0,439 ^g	**	0,004±0,001 ^f	***	3,446±0,241 ^b	*
	18	0,230±0,006 ^t		5,345±0,386 ^p		0,014±0,001 ^k		2,484±0,144 ^y	
17. H	12	0,105±0,007 ^f	***	1,516±0,117 ^h	***	0,001±0,0001 ^f	***	4,040±0,278 ^a	***
	18	0,184±0,005 ^p		2,447±0,259 ^k		0,011±0,001 ^k		3,175±0,254 ^x	
P ₁₂		***		***		***		***	
P ₁₈		***		***		***		***	

FMS: Filetoların muhafaza süresi, H: Hafta.

P₁₂; -12°C’de muhafaza edilen filetoların vitamin A, B-karoten, astaksantin ve MDA düzeylerinin karşılaştırmasında kullanılan a, b, c, d, e, f, g, h harfleri haftalara göre istatistiksel farklılığı göstermektedir. P₁₈; -18°C’de muhafaza edilen filetoların vitamin A, B-karoten, astaksantin ve MDA düzeylerinin karşılaştırmasında kullanılan x, y, z, t, p, k harfleri haftalara göre istatistiksel farklılığı göstermektedir (One-Way Anova-Duncan testi).

P_A, P_β, P_{AST}, P_{MDA}; Aynı haftalara ait -12 ve 18°C’de muhafaza edilen filetoların vitamin A, B-karoten, astaksantin ve MDA düzeylerinin karşılaştırılmasını göstermektedir. İkili karşılaştırma olduğundan dolayı harflendirme yapılmadı (Independent Samoles-T Testi).

%28,30, 8. haftada %83,96 ve %54,71, 10. haftada %95,28 ve %75,47, 12. haftada %96,22 ve %86,79 ve 17. haftada %99,05 ve %89,62 oranında olduğu saptandı. MDA düzeyinin zamana bağlı olarak yükseldiği -12°C ve -18°C’de sırasıyla, 0. güne oranla 2. haftada %30,93 ve %11,62, 4. haftada

Kerevit filetolarında başlangıç vitamin A miktarı 0.463±0.064 µg g⁻¹ iken β-karoten miktarı 18.729±2.120 µg g⁻¹ olarak belirlendi. Bu değerler *A. leptodactylus* türü kerevit etinin analizini yapan Harlioğlu ve Köprücü [22] (vitamin A₂; 1.33, β-karoten; 5.26 µg g⁻¹) ve Barım ve Karatepe [11]

(vitamin A; 1.27, β -karoten; 13.57 $\mu\text{g g}^{-1}$) tarafından yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen vitamin A değerlerinden düşük, β -karoten değerlerinden yüksek bulunmuştur. Aynı bölgede çalışma yapan Çoban ve Keleştemur [23] kültür alabalığında (*O. mykiss*) β -karoten miktarını 2,33 mg kg^{-1} olarak belirlemiştir. Yanar ve ark., [9] tarafında yapılan çalışmada doğal şartlarda yaşayan *Penaeus semisulcatus*' ların etindeki ortalama total karotenoid miktarı 14,10 mg kg^{-1} , *Metapenaeus monoceros*'larda 16,9 mg kg^{-1} olarak tespit edilmiştir. Ayrıca Nettleton ve Exler [24] ve Linan-Cabello ve ark. [25,26] tarafından yapılan araştırmalara göre, doğal ortamda ve kültür şartlarında yaşayan birçok su canlısının kasındaki vitamin A ve β -karoten miktarı *A. leptodactylus*'dan oldukça düşüktür. Örneğin, bu araştırmada vitamin A miktarı *P. clarkii*, *P. acutus*, ve *I. punctatus* ve *C. virginica*'da yaklaşık olarak 1 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak belirlenirken, β -karoten miktarı aynı türlerde 3 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Veriler arasındaki farklılık; hem tür, mevsim farklılığı ve canlının yaşadığı ortamın besin kalitesinden hem de kullanılan ekstraksiyon yöntemi ve deney koşullarının farklılığından kaynaklanabilir.

Yapılan araştırmalarda farklı muhafaza sıcaklığı ve sürelerinin *A. leptodactylus* türü kerevit filetolarında oluşturduğu değişimleri karşılaştırmak için çalışmalara rastlanılmamıştır. Kong ve ark.[27] tarafından yapılan çalışmada *C. quadricarinatus* filetolarının 0, 3, 5 ve 7. günlerde 2°C' de depolanması sonucunda, depolama süresinin et kalitesini olumsuz yönde etkilediği, lipid oksidasyon değerinin 5. günde büyük oranda arttığı tespit edilmiştir. Bizim çalışmamızda da 4°C'de depoladığımız kerevit filetosundaki MDA düzeyinin özellikle 6. günde büyük bir artma gösterdiği belirlenmiştir. Araştırmalarda MDA değerindeki bu yükselme, depolama esnasında filetolardaki lipid ve doymamış yağ asitlerinin daha sonra bölünerek serbest radikal oluşumuna zemin hazırlayan hidroperoksitleri oluşturmasından kaynaklanabilir.

Su canlılarında depolama sıcaklığı ve süresinin etkisini belirlemek amacıyla yapılan çalışmalar genel olarak yeme ilave edilen antioksidan maddelerin etkinliği ile ilgilidir [13,19]. Örneğin Yanar ve diğ. [19]'nin yaptığı bir çalışmada 60 gün süreyle 100 mg kg^{-1} sentetik astaksantin ilave edilen yemle beslenen gökkuşağı alabalıklarının (*O. mykiss*) -20 °C'de 2., 4. ve 8. aylardaki total karotenoyit miktarının istatistiksel açıdan önemsiz

oranlarda azaldığı tespit edilmiştir. Oysa aynı tür üzerine Emir Çoban ve Keleştemur [23] tarafından yapılan çalışmada karotenoid ilave edilen (30, 70 mg kg^{-1}) ve edilmeyen (kontrol grubu) yemle beslenen balıkların -18 °C'de muhafaza edilen filetolarındaki karotenoid miktarı 6. ayın sonunda karoten ilaveli yemle beslenen balık filetolarında azalırken, kontrol grubunda değişmemiştir. Bizim çalışmamızda doğal ortamdan alınarak farklı muhafaza sıcaklığı ve sürelerine tabii tutulmuş kerevit filetolarında hem β -karoten hem de astaksantin düzeyinde önemli derecede azalmalar tespit edilmiştir. Muhafaza sırasında meydana gelen bu kayıplar tür farklılığından kaynaklanabilir. Ayrıca bu farklılık muhafaza esnasında proteinlerin ve yağların denatüre olmaları ve hücre içi sıvıların serbest kalmaları nedeniyle β -karoten ve astaksantin suya maruz kalmaları ile de açıklanabilir.

Yapılan çalışma sonucunda filetolarda vitamin A miktarında azalma, ancak MDA düzeyinde artma olduğu belirlendi. Vitamin A (retinol), yağda çözünen vitaminlerden biridir ve serbest radikalleri nötralize ettiği için iyi bir antioksidan ajan olarak çalışır. Bu işlevin çoğunluğuna aktif metabolit olan retinoik asit aracılık etmektedir [28,29]. Bu nedenle vitamin A seviyesindeki azalma büyük olasılıkla depolama sıcaklığı ve süreye bağlı olarak artan reaktif oksijen türlerinin üretimine bir cevaptır.

Bu çalışmada depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak β -karoten ve astaksantin miktarlarında da azalma meydana gelmiştir. Lipid peroksidasyonun son ürünü olan MDA düzeyindeki artma vitamin A yanında bu maddelerinde antioksidan özelliği ile bağdaştırılabilir. Çünkü β -karoten ve astaksantin zincir kırıcı bir antioksidan görevi görür. Karotenoidin uygun çift bağına bir ROO* ilavesi, bu ROO*'nin temizlenmesindeki ilk adımdır. Bu radikal oksijene oksidasyonu yoluyla O²* anyonuyla reaksiyona girerken karotenoidlerin antioksidan aktivitesi, peroksitlerin (H₂O₂ / O₂²⁻) oluşumunu ve Fenton yoluyla peroksitlerden türetilen HO* gibi diğer reaktif oksijen türlerini önleme kapasitesinde ortaya çıkmaktadır [30,31]. Ayrıca birçok çalışmada, karotenlerin epitelyal hücrelerin farklılaşması için gerekli olduğunda vitamin A'ya dönüştürüldüğü de bildirilmiştir [32,33]. Bu nedenlerden dolayı, β -karoten ve astaksantin miktarındaki azalma protein ve lipidlerin denatüre olması sonucunda artan radikal üretimini engellemek için antioksidan olarak kullanılması ve provitamin A olarak görev yapma ihtimali ile bağdaştırılabilir.

4. GENEL SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Yapılan çalışma sonunda; vakum paketleme ile korunan kerevit filetolarının farklı muhafaza sıcaklıklarında süreye bağlı olarak vitamin A, β -karoten ve astaksantin değerinin düştüğü, MDA değerinin yükseldiği tespit edilmiştir. Bu nedenle; bu tür paketleme ile kerevit filetosu tüketen insanların tüketim sürelerini bu çalışmanın sonuçlarına göre düzenlemelerinin faydalı olacağı kanaatindeyiz. Ayrıca, vakum paketleme esnasında kerevit filetolarının daha uzun süre besin değerini koruması, peroksidasyondan etkilenme oranının azaltılması için doğal antioksidan maddelerle desteklenerek korunması yönünde çalışmalara ağırlık verilmesi gerekmektedir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENTS)

Bu araştırma Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi tarafından "FÜBAP-1648" nolu proje ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] M. Kumlu, "Karides, istakoz ve midye yetiştiriciliği," *Çukurova Univ. Su Ürün. Fak. Yayınları*, no. 6, 2001.
- [2] Y. Mazlum and E. Yılmaz, "Kerevitlerin biyolojisi ve yetiştiriciliği," *Mustafa Kemal Üniv. Yayınları*, no. 34, 2002.
- [3] Ö. Diler, "Tatlısu istakozu üretimi," *Nobel Yayınevi*, no. 530, 2013.
- [4] A. Ayala, , M. F. Munoz and S. Argüelles, "Lipid Peroxidation: Production, metabolism, and signaling mechanisms of malondialdehyde and 4-Hydroxy-0-Nonenal," *Hindawi Publishing Corporation Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, Article ID 360438, 2014, <http://dx.doi.org/10.1155/2014/360438>.
- [5] G. W. Winston and R.T.D. Giulio, "Prooxidant and antioxidant mechanisms in aquatic organisms," *Aquatic Toxicology A*, vol. 19, pp. 137-161, 1991.
- [6] M.D. Paola Pazolla, "Prooxidant actions of carotenoids in biological systems," *Nutrition Reviews*, vol. 56, pp. 257-265, 1998.
- [7] S.P. Meyers, "Developments in world aquaculture, feed formulations, and role of carotenoids," *Pure and Appl. Chem.*, vol. 66, no. 5, pp. 1069-1076, 1994.
- [8] M. Yanar, M. Çelik, Y. Yanar and M. Kumlu, "Carotenoid pigments stabilization in the filet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during frozen storage," *Tr. J. of Biology*, vol. 22, pp. 61-65, 1998.
- [9] Y. Yanar, M. Çelik and M. Yanar, "Seasonal changes in total carotenoid contents of wild marine shrimps (*Penaeus semisulcatus* and *Metapenaeus monoceros*) inhabiting the eastern Mediterranean," *Food Chemistry*, vol. 88, pp. 267-269, 2004.
- [10] O. Barim and M. Karatepe, "The effects of pollution on the vitamins A, E, C, beta-carotene contents and oxidative stress of the freshwater crayfish, *Astacus leptodactylus*," *Ecotoxicol Environ Saf.*, vol. 73, pp. 138-142. 2010.
- [11] O. Barim and M. Karatepe, "Rasyona astaksantin ilavesinin tatlı su istakozu (*Astacus leptodactylus* Esch., 1823)'nun kas ve hepatopankreasındaki astaksantin düzeyinin karşılaştırılması," *Menba Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, ISSN. 2147-2254, pp. 33-36. 2013.
- [12] M. Aksoy, "Beslenme biyokimyası," *Hatiboğlu Yayınları*, no. 126, 2000.
- [13] D. M. Gatlin III, S. C. Bai and M. N. Erickson, "Effects of dietary vitamin E and synthetic antioxidants on composition and storage quality of channel catfish, *Ictalurus punctatus*," *Aquaculture*, vol. 106, pp. 323-332, 1992.
- [14] M. Pirini, P. P. Gatta, S. Test, G. Trigari and P.G. Monetti, "Effect of refrigerated storage on muscle lipid quality of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed on diets containing diferent levels of vitamin E," *Food Chemistry*, vol. 68, pp. 289-293, 2000.
- [15] L. Taşkaya, Ş. Çaklı and U. Çelik, "A study on the quality changes of cultured gilthead seabream (*Sparus aurata* L., 1758) and eabass (*Dicentrarchus labrax* L., 1758) under the market conditions," *E.U. Journal of Fisheries and Aquatic Science*, vol. 20, pp. 313-320, 2003.
- [16] S.P.O. Dwyer, D.O. Beirne, D.N. Eidhin and B.T.O. Kennedy, "Effects of sodium caseinate concentration and storage conditions on the oxidative stability of oil-in-water emulsions," *Food Chemistry*, vol. 138, pp. 1145-115, 2013.
- [17] M. Timm-Heinrich, S. Eymard, C.P. Baron, H.H., Nielsen and C. Jacobsen, "Oxidative changes during ice storage of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed different ratios

- of marine and vegetable feed ingredients,” *Food Chemistry*, vol. 136, pp. 1220-1230, 2013.
- [18] A. Arslan, M. Nazıroğlu, Z. Gönülalan, C. Sarıgöl and M. Aksakal, “Effects of various storage temperature and storage time on vitamin E levels of fish muscle,” *Tr. J. of Veterinary and Animal Sciences*, vol. 21, pp. 211-214, 1997.
- [19] M. Yanar, M. Çelik, Y. Yanar and M. Kumlu, “Carotenoid pigments stabilization in the filet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during frozen storage,” *Tr. J. of Biology*, vol. 22, pp. 61-65, 1998.
- [20] K.W. Miller, N.A. Lorr and C.S. Yang, “Simultaneous determination of plasma retinol β - tocopherol, lycoperene, β -carotene, and β -carotene by high performance liquid chromatography,” *Analytical Biochem*, vol. 138, pp. 340-345, 1984.
- [21] O. Berticat, K. Negre-Sadargues and R. Castillo, “The metabolism of astaxantin during the embryonic development of the crayfish *Astacus leptodactylus* Eschscholtz (Crustacea, Astacidae),” *Comp. Bioc. and Physiol. Part B*, vol. 127, pp. 309-318, 2000.
- [22] M.M. Harlıoğlu and K. Köprücü, “An investigations on the vitamin A₂, C, E and β -carotene of freshwater crayfish, *Astacus leptodactylus* Eschscholtz,” *Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi*, vol. 12, no. 2, pp. 277-281, 2000.
- [23] Ö. Emir Çoban and G. Tuna Keleştemur, “Farklı oranlardaki sentetik β -karotenin alabalık (*Oncorhynchus mykiss*, W. 1792) filetolarında kas karotenoid stabilitesi ve lipid peroksidasyon düzeyine etkileri,” *F.Ü. Sağ. Bil. Vet. Derg.*, vol. 25, no. 1, pp. 17-21, 2010.
- [24] National Research Council, “Nutrient requirement of coldwater fishes,” *National Academy Press, third printing*, Washington D.C., no. 16, 1990.
- [25] M.N. Linan-Cabello, J. Paniagua-Michel and P.M. Hopkins, “Bioactive roles of carotenoids and retinoids in crustacean,” *Aquaculture Nutrition*, vol. 8, pp. 299-309, 2002.
- [26] M.N. Linan-Cabello, J. Paniagua-Michel and T. Zenteno-Savin, “Carotenoids and retinal levels in captive and wild shrimp, *Litopenaeus vannamei*,” *Aquaculture Nutrition*, vol. 9, pp. 383-389, 2003.
- [27] B. Kong, Y. Xiong, C. Fang, K.R. Thompson, L.S. Metts, L.A. Muzimic and C. Webster, “Influence of gender and spawning on meat quality of australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) stored at 2 °C,” *Journal of Food Science*, vol. 71, no. 6, pp. 320-325, 2006.
- [28] R.R. Banala and P.R. Karnati, “Vitamin A deficiency: An oxidative stress marker in sodium fluoride (NaF) induced oxidative damage in developing rat brain,” *International Journal of Developmental Neuroscience B*, vol. 70, pp. 298-303, 2015.
- [29] Y. Li, R. Li, W. Chen and G. Chen, “Vitamin A status and is metabolism contribute to the regulation of hepatic genes during the cycle of fasting and refeeding in rats,” *Journal of Nutritional Biochemistry*, vol. 30, pp. 33-43, 2016.
- [30] L.H. Skibsted, “Carotenoids in antioxidant Networks. Colorants or radical scavengers,” *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 60, pp. 2409-2417, 2012.
- [31] S. Kiokias and M.H. Gordon, “Antioxidant properties of carotenoids in vitro and in vivo,” *Food Reviews International*, vol. 20, pp. 99-124, 2004.
- [32] E.M. Gozukara, “Biochemistry,” Expanded 5th Edition, *Nobel Medicine Bookstores*, Istanbul, 2011.
- [33] R.R. Banala and P.R. Karnati, “Vitamin A deficiency: An oxidative stress marker in sodium fluoride (NaF) induced oxidative damage in developing rat brain,” *International Journal of Developmental Neuroscience B*, vol. 70, pp. 298-303, 2015