

Farklı Sıcaklık Kombinasyonlarında Sous-Vide Tekniği Uygulanarak +2±1 °C'de Depolanan Sudak Balığı (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758)'nin Kalite Değişimlerinin İncelenmesi

Emre ÇAĞLAK^{1*}, Barış KARSLI¹, Elif ŞİŞMANLAR ALTIKAYA²

¹Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, 53100 Rize, Türkiye

²Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

*Sorumlu Yazar Tel.:+90 464 223 33 85

Geliş Tarihi: 09.12.2016

E-posta: emre.caglak@erdogan.edu.tr

Kabul Tarihi: 26.12.2016

Öz

Bu çalışmada 3 farklı sıcaklıkta (60 °C, 70 °C ve 80 °C) sous-vide tekniği uygulanarak +2±1 °C'de depolanan sudak balığının kalite değişimi ve raf ömrü incelenmiştir. Tüm grupların depolama süresince protein miktarı hariç besinsel kompozisyonlarında önemsiz değişimler bulunmuştur (p>0.05). Taze örnekte tespit edilen mikrobiyal yükün sous-vide işlemi sonucunda azaldığı ve depolama süresine bağlı olarak tüm gruplarda düzenli bir şekilde arttığı tespit edilmiştir. Toplam uçucu bazik azot (TVB-N) değeri 60 °C'lik grupta 35. gün (36.42 mg/100g), 70 °C'lik grupta 49. gün (33.62 mg/100g) sınır değerini aşarken, 80 °C'lik grup depolama süresince sınır değerleri içerisinde kalmıştır. Tüm grupların tiyobarbitürikasit (TBA) değerleri depolama süresince kalite sınır değerleri içerisinde kalmıştır. Sous-vide işleminin pH üzerinde belirgin bir etkisi olmamıştır. Duyusal açıdan 60 °C, 70 °C ve 80 °C'de işlem görmüş grupların ortalama puanları sırasıyla 35. gün, 49. gün ve 63. günde sınır değerlerin altında olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal analiz sonuçlarına göre sous-vide uygulanarak +2±1 °C depolanan sudak balıklarının raf ömrü 60 °C için 28 gün, 70 °C için 35 gün ve 80 °C için 56 gün olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler:Sous-vide, Sudak, Vakum Paket, Raf Ömrü.

Abstract

Investigation of Quality Change of Zander (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758) Stored at +2±1 °C Applying Sous-Vide Technique in Different Temperature Combinations

In this study, quality changes and shelf life of zander fillet stored at +2±1 °C applying sous-vide technology in 3 different temperatures (60 °C, 70 °C and 80 °C) was investigated. No important changes in biochemical composition except for protein of all groups during the storage were found (p>0.05). The microbial load was detected in fresh samples decreased by sous-vide process, and regularly increased in all groups depending on the storage time. Total volatile basic nitrogen (TVB-N) values exceed the limit value for 60 °C group at 35th day (36.42 mg/100g) and 70 °C group at 49th day (33.62 mg/100g), whereas 80 °C group was found in the limit value during the storage. TBA values of all groups were found in quality limit values during the storage. Sous-vide process was not a significant effect on pH. Average sensory scores of sous-vide groups at 60 °C, 70 °C and 80 °C were found below the limit value at 35th day, 49th day and 63th, respectively. According to the result of chemical, microbiological and sensory analyzes, shelf life of zander fish stored at +2±1 °C by applying the sous-vide process was determined as 28 days for 60 °C group, 35 days for 70 °C group and 56 days for 80 °C group.

Keywords:Sous-vide, Zander, Vacuum Package, Shelf Life.

© Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Trabzon

Giriş

Hazır yemek teknolojisi sürekli gelişim içerisinde. Bu gelişim süreci; ürün kalitesinin geliştirilmesi, iyileştirilmesi, mamullerin çeşitlendirilmesi ve tüketici ihtiyaçlarının en iyi şekilde karşılanması şeklindedir (Herborg, 1976; Bochi vd., 2008). Paketleme işlemi; ürünün saklanması, korunması, taşınması ve iyi görünmesini sağlamak amacıyla birçok koruyucu özelliği olan maddelerle teknolojik işlemler sonucunda ürünün çevresi ile olan bağlantısını kesmek olarak tanımlanmaktadır (Gülyavuz ve Ünlüsayın, 1999). Ürünün özelliklerine uygun paket malzemesinin seçilmesi ve tasarlanması kalitenin korunması açısından son derece önemli bir uygulamadır (Özçandır ve Yetim, 2010). Sous-vide ya da vakum altında pişirilmiş gıdalar, ham maddeye ara malzemeler eklenerek ısıya dayanıklı vakum poşetlerde belirli sıcaklık/zaman uygulaması altında kontrollü pişirilmesi olarak tanımlanmaktadır (Schellekens ve Martens, 1992). Özellikle sağladığı duyu kalite ve mikrobiyolojik güvenlik bu ambalajlama tekniğini ön plana çıkarmaktadır (Church ve Parsons, 1993). Sous-vide teknolojisi; ürün kalitesine yönelik vakum paketleme, pastörizasyon ve soğuk depolamanın olumlu etkilerini birleştirmekte böylece ürünün raf ömrünü uzatarak hazır yemek teknolojisine hizmet etmektedir (Mol ve Özturan, 2009). Sous-vide pişirilmiş ürünler genellikle 65-95 °C gibi orta dereceli sıcaklıklarda belirli zaman aralıklarında ısıtılmaktadır. Isıtma işleminden sonra hızlı bir şekilde soğutulur ve buzdolabı sıcaklığında (1-4 °C) muhafaza edilmektedir. Sous-vide pişirilmiş ürünlerin raf ömrünü başlangıçtaki hammaddenin mikrobiyal yükü, kalitesi, paketleme şekli, pişirme ve depolama şartları

etkilemekte ve genellikle ürünün raf ömrü 4-9 hafta arasında değişmektedir (Goussault, 1993; Houben, 1999; Diaz vd., 2011).

Sudak (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758) balığı genel olarak tatlı ve az tuzlu sulara yaşayabilen Percidae familyasına ait yırtıcı bir balık türüdür. Kökeninin Doğu Avrupa olduğu tahmin edilen bu tür uzun levrek olarak da bilinmektedir. Et yapısının besleyiciliği, sağlıklı ve lezzetli oluşu nedeniyle ekonomik açıdan önemli sayılmaktadır. Yağ içeriği bakımından hafif yağlı balıklar grubuna girmektedir (Çaklı, 2007; Çağlak ve Karşı, 2013). Sudak balıklarının üreme dönemi hava şartlarına ve suyun sıcaklığına bağlı olarak Nisan-Haziran aylarında gerçekleşmektedir (Teletchea vd., 2009). 2015 yılında Türkiye'deki toplam avcılığı 465 ton olarak gerçekleşmiştir (TUİK, 2015).

Ülkemizde ve dünyada sous-vide teknolojisi üzerine çeşitli çalışmalar ve araştırmalar halen devam etmektedir. Bu araştırmalarda sous-vide teknolojisinin farklı gıdalara uygulanması, farklı süre ve sıcaklıkların etkinlikleri değerlendirilmektedir (Armstrong ve McIlveen, 2000; Gonzalez-Fandos vd. 2004; Fagan ve Gormley, 2005; Roldan vd., 2013; Dogruyol ve Mol, 2016).

Bu çalışmada, ülkemizde önemli bir ticari tür olan sudak balığının sous-vide teknolojisi ile işlenerek raf ömrünün artırılması, hazır yemek teknolojisine kazandırılması, daha ekonomik ve cazip bir hale getirilmesinin yanında sous-vide teknolojisi uygulanmış sudak balığı örneklerinin duyu, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik değişimleri inceleyerek raf ömürlerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Bu çalışma için Beyşehir Gölü'nden ilkbahar mevsiminde avlanan ortalama boyları 35.75 ± 3.15 cm ve ortalama ağırlıkları 411.87 ± 99.62 g olan toplam 40 adet Percidae familyasına ait sudak (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758) kullanılmıştır. Toplam ağırlığı ortalama 16474 g olan sudak balıkları fileto edildikten sonra 11346 g olarak belirlenmiştir. Yenebilen kısmın toplam ağırlığa oranı ile et verimi hesaplanarak % 68.86 olarak bulunmuştur

Çalışmada kullanılan Sudak balığı Beyşehir Gölü'nden avlandıktan sonra strafor kutular içerisinde buzlanarak soğuk zincir altında 24 saat içerisinde Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi İşleme ve Yem Teknolojisi Laboratuvarına getirilmiştir. Taze sudak balığına analizler yapıldıktan sonra geriye kalan balıklar tartılmış ve fileto çıkarma işlemi yapılmıştır. Elde edilen filetolar 125 g'lık paketler halinde sızdırmaz polietilen poşetlerin içine yerleştirilmiş ve vakumlanmıştır. Vakumlama işleminden sonra ürünler 3 grubu ayrılarak 60 °C, 70 °C ve 80 °C sıcaklık değerlerindeki su banyosunda 10 dakika süre ile ısıtılma tabi tutulup pişirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Pastörize edilen poşetler ısıtılmanın ardından $+10 \pm 1$ °C sıcaklıktaki buzlu su dolu kaplar içerisinde 30 dakika süre ile bekletilerek hızlı soğutma işlemi uygulanmıştır. Hızlı soğutma işleminden sonra tüm gruplar için ilk gün analizleri yapılmıştır. Ardından tüm gruplar $+2 \pm 1$ °C'de muhafazaya alınmıştır. Örneklerin analizleri için her bir gruptan rastgele 2'şer paket seçilmiş ve iki paralelli olacak şekilde analizleri gerçekleştirilmiştir. Ürün gruplarının biyokimyasal kompozisyon değişimlerini izlemek amacıyla, 0., 35., 49. ve 63. günlerde analizleri yapılmıştır. Diğer analiz grupları ise 0. günden sonra haftalık olarak gerçekleştirilmiştir.

Analiz Yöntemleri; Nem içeriği için homojen 5 g örnek 105 °C sıcaklıkta sabit tartım elde edilene kadar bir etüv içerisinde kurutulmuştur (Method 985.14; AOAC, 1995). Ham kül (Method 7.009) ve ham protein (Method 2.507) içeriği AOAC (1980)'e belirlenmiştir. Ham yağ içeriği otomatik yağ ekstraksiyon Velp SER 148/6 (Velp Scientifica, Milano, İtalya) cihazı kullanılarak tespit edilmiştir. Tüm sonuçlar yağ ağırlık üzerinden yüzde (%) olarak ifade edilmiştir. Toplam uçucu bazik azot analizi (TVB-N) Lücke-Geidel metoduna göre belirlenmiş ve mg/100g olarak hesaplanmıştır (İnal, 1992). Tiyobarbitirik asit (TBA) değeri Smith vd. (1992) tarafından ifade edilen Tarladgis vd. (1960) metodu kullanılarak belirlenmiş ve sonuçlar mg malonaldehide (MA)/kg olarak verilmiştir. pH değeri için 10 g örnek 1:1 (örnek:saf su) oranında sulandırılarak pH metre (HI 3220, Hanna Instruments, Woonsocket, RI, USA) ile ölçülmüştür (Curran vd., 1980).

Toplam aerobik mezofilik (TAMB) ve psikrofilik (TAPB) bakterilerin sayımı için Plate Count Agar (PCA) besi yeri kullanılmıştır. Besi yerleri TAMB sayımı için 37 °C'de 48 saat, TAPB sayımı için ise 8 °C'de 10 gün süreyle inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda koloniler sayılmış ve sonuçlar logaritmik değerlere çevrilip log kob (koloni oluşturan birim)/g olarak ifade edilmiştir (Halkman, 2005). Ürün gruplarının duyuşal değerlendirilmesi 5 kişilik panelist grubu tarafından Altuğ ve Elmacı (2005)'nin bildirdiği metoda göre görünüş, koku ve tekstür kriterleri göz önüne alınarak 10 puan üzerinden ifade edilmiştir. Duyusal analiz formuna göre 10-8: kusursuz, 7.9-6: iyi, 5.9-4: orta ve 3.9-1: bozulmuş olarak değerlendirilmiştir. Değerlendirilen parametrelerin ortalamaları alınarak her ürün grubu için kalite sınıflandırması yapılmıştır.

Araştırmada sonunda elde edilen verilerin gruplar arası farkını saptamak amacı ile varyansları homojen bulunan grupların önemlilik testi için 'One Way Anova' uygulanmıştır ($p<0.05$). İstatistikî analizde JMP 5.0.1. SAS (SAS Institute Inc, NC, ABD) paket programı kullanılmıştır (Sokal ve Rohlf, 1987).

Bulgular

Bu çalışmada kullanılan taze sudak balığı % 78.76 nem, % 1.25 ham kül, % 17.81 ham protein ve % 0.47 ham yağ içermektedir (Tablo 1).

Sous-vide gruplarının nem içeriğinde 35. gün 70 °C'lik grup hariç önemli değişimlerin olmadığı tespit edilmiştir. Ham kül miktarı uygulanan sous-vide işleminden sonra 0. günde 60 °C'lik grupta artarken, diğer gruplarda düşmüştür. Buna rağmen, 35. günde gruplar

arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Depolama sonunda 60°C, 70°C ve 80°C'lik grupların protein içerikleri sırasıyla 35. günde % 20.63, 49. günde % 20.84 ve 63. günde % 20.95 olarak belirlenmiştir. Ham yağ miktarı depolama süresince % 0.45-% 0.56 arasında tespit edilmiş ve gruplar arasında bir fark oluşturmadığı saptanmıştır. 60 ve 70 °C'deki örnekler 49 ve 63. günlerde bozulduğu için bu grupların analizleri belirtilen günlere kadar yapılmıştır.

Çalışmada kullanılan taze sudak balığının TVB-N değeri 14.01 mg/100g olarak bulunmuştur (Şekil 1). Bu değer depolama süresince tüm gruplarda artış gösterdiği tespit edilmiştir. Depolama sonunda 60, 70 ve 80°C'lik grupların TVB-N değerleri sırasıyla 35. günde 36.42 mg/100g, 49. günde 33.62 mg/100g ve 63. günde 25.21 mg/100g olarak bulunmuştur.

Tablo 1. Depolama süresince sudak filetoalarının biyokimyasal içeriği üzerine sous-vide teknolojisinin etkisi

Analizler (%)	Gruplar	Depolama Günleri				
		Taze	0	35	49	63
Nem	60 °C	78.76±0.20	78.62±0.52 ^{Aa}	77.64±0.39 ^{Aa}		
	70 °C	78.76±0.20	78.91±0.70 ^{Aa}	75.60±0.61 ^{Bb}	77.23±0.10 ^{ABa}	
	80 °C	78.76±0.20	78.45±0.07 ^{Aa}	76.63±0.14 ^{Ab}	76.18±0.24 ^{Ab}	77.11±1.50 ^A
Ham Kül	60 °C	1.25±0.15	1.38±0.14 ^{Aa}	1.11±0.01 ^{Aa}		
	70 °C	1.25±0.15	0.89±0.05 ^{Ab}	1.08±0.14 ^{Aa}	1.17±0.23 ^{Aa}	
	80 °C	1.25±0.15	0.98±0.00 ^{Ab}	1.00±0.04 ^{Aa}	1.11±0.00 ^{Ba}	1.04±0.01 ^{AB}
Ham Protein	60 °C	17.81±0.27	17.61±0.57 ^{Aa}	20.63±0.22 ^{Ba}		
	70 °C	17.81±0.27	18.73±0.02 ^{Aab}	22.73±0.45 ^{Bb}	20.84±0.47 ^{Ca}	
	80 °C	17.81±0.27	19.51±0.05 ^{Ab}	21.72±0.10 ^{Bab}	21.52±0.27 ^{BCa}	20.95±0.21 ^C
Ham Yağ	60 °C	0.47±0.06	0.45±0.03 ^{Aa}	0.54±0.01 ^{Aa}		
	70 °C	0.47±0.06	0.49±0.01 ^{Aa}	0.50±0.00 ^{Aa}	0.52±0.03 ^{Aa}	
	80 °C	0.47±0.06	0.54±0.04 ^{Aa}	0.50±0.01 ^{Aa}	0.56±0.04 ^{Aa}	0.49±0.02 ^A

Aynı sütündeki farklı büyük harfler (A,B,C,...) farklı günde aynı grup içindeki farkı belirtir ($p<0.05$). Aynı satırdaki farklı küçük harfler (a,b,c,...) aynı günde gruplar arasındaki farkı belirtir ($p<0.05$).

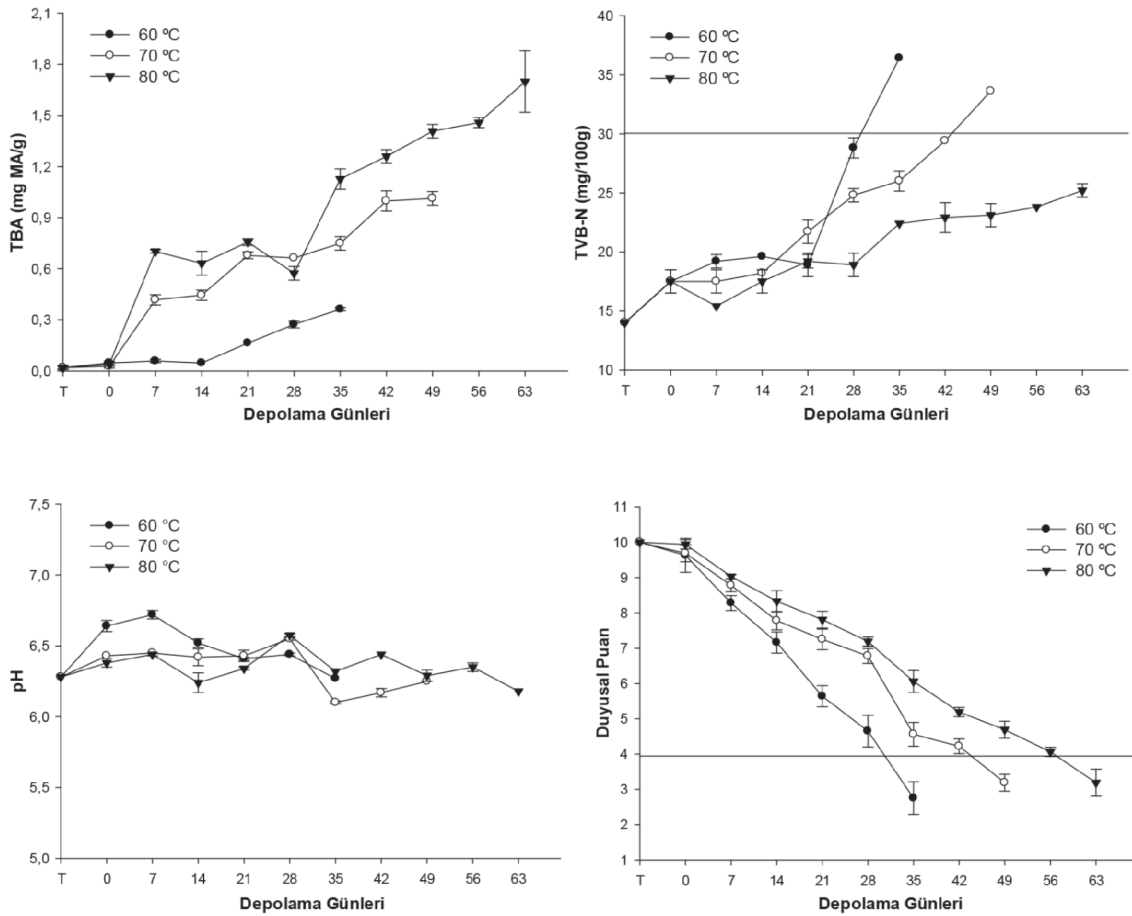
Taze sudak balığında TBA değeri 0.02 mg MA/kg olarak tespit edilmiş ve bu değer depolama süresince tüm gruplarda artış göstermiştir. 60, 70 ve 80 °C'lik grupların 35. günde tespit edilen TBA değerleri sırasıyla 0.36 mg MA/kg, 0.75 mg MA/kg ve 1.12 mg MA/kg bulunmuş ve gruplar arasında farklar istatistik olarak önemlilik göstermiştir ($p < 0.05$). 70 °C'lik grup 49. günde 1.01 mg MA/kg ve 80 °C'lik grup 63. günde 1.70 mg MA/kg olarak tespit edilmiştir.

Taze materyalde 6.28 olarak ölçülen pH değeri sous-vide işlemine bağlı olarak tüm gruplarda inişli çıkışlı değerler göstermiştir. Depolama süresince 60°C, 70°C ve 80°C'lik gruplarda pH değeri sırasıyla 6.27-6.72, 6.17-

6.55 ve 6.18-6.57 arasında ölçülmüştür (Şekil 1).

Sudak balıklarının görünüş, koku ve tekstür değerleri panelistler tarafından değerlendirilmiş ve sous-vide işlemi uygulanan tüm grupların raf ömrü boyunca ortalama duyuşal puanları Şekil 1'de verilmiştir. Taze örnekte duyuşal beğeni 10 puan üzerinden değerlendirilmiş ve depolamaya bağlı olarak tüm gruplarda bu değer düzenli bir azalış göstermiştir ($p < 0,05$). Depolama süresi sonunda 60, 70 ve 80 °C'lik grupların ortalama duyuşal değerleri sırasıyla 35. günde 2.75, 49. günde 3.19 ve 63. günde 3.19 olarak bulunmuştur.

Sous-vide işlemi uygulanan sudak fileto-larının mikrobiyolojik değerlendirme sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Depolama süresince sudak fileto-larının TVB-N, TBA, pH ve genel duyuşal kalitesi üzerine sous-vide teknolojisinin etkisi.

Taze üründe TAMB ve TAPB sayısı sırasıyla 3.80 ve 3.72 bulunmuştur. Sous-vide işlemi ile bu değerler tüm gruplarda ilk 7 gün 1.47 değeri altında belirlenmiştir. Depolama süresince TAMB ve TAPB sayıları 60, 70 ve 80 °C'lik gruplarda sırasıyla 42. günde 6.49-6.29 log kob/g, 63. günde 6.34-6.20 log kob/g ve 63. günde 3.43-3.31 log kob/g olarak bulunmuştur.

Tartışma

Taze sudak balığının nem, ham kül, ham protein ve ham yağ içeriği sırasıyla % 78.76, % 1.25, % 17.81 ve % 0.47 bulunmuştur. Çelik vd. (2005) sudak balığının nem, kül, protein ve yağ içeriğinin Seyhan Gölünden avlananlarda sırasıyla % 79.33, % 1.37, % 18.8, % 0.12, Eğirdir Gölünden avlananlarda ise % 79.80, % 0.75, % 18.1, % 0.10 olduğunu bildirmiştir. Çalışma sonuçları ile bu sonuçlarının uyumlu olduğu

ancak yağ içeriğinin düşük olduğu görülmüştür. Yağ içeriğindeki bu farklılığın cinsiyet, yaş ve avlama mevsiminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çalışmamızda elde edilen nem miktarı depolamanın 35. gününden itibaren tüm gruplarda taze materyale göre düşük bulunmuştur. Benzer şekilde, sous-vide uygulanan palamut balığı (Mol vd., 2012b) ve gökkuşacağı alabalığının (Çetinkaya vd., 2015) nem miktarında benzer düşüşlerin olduğu bildirilmiştir. Kül miktarı depolama süresince tüm gruplarda % 0.89-1.25 arasında belirlenmiş ve elde edilen değerlerde dalgalanmalar gözlenmiştir. Benzer bir çalışmada, sous-vide salmon balıklarında kül miktarının depolama süresince dalgalanma gösterdiği ve % 1.04-1.33 arasında olduğunu belirtilmiştir (Garcia-Linares vd., 2004). Sous-vide işleminden sonra ürünlerin protein miktarında artış gözlenmiş ve bu artışlar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Tablo 2. Depolama süresince sudak filetoalarının mikrobiyal kalitesi üzerine sous-vide teknolojinin etkisi

Depolama Günleri	TAPB (log kob/g)			TAPB (log kob/g)		
	60 °C	70 °C	80 °C	60 °C	70 °C	80 °C
Taze	3.80±0.04	3.80±0.04	3.80±0.04	3.72±0.07	3.72±0.07	3.72±0.07
1	<1.47	<1.47	<1.47	<1.47	<1.47	<1.47
7	<1.47	<1.47	<1.47	<1.47	<1.47	<1.47
14	3.82±0.02 ^A	<1.47	<1.47	<1.47	<1.47	<1.47
21	4.12±0.07 ^B	<1.47	<1.47	2.95±0.10 ^{Aa}	2.13±0.07 ^{Ab}	<1.47
28	5.45±0.11 ^{Ca}	2.78±0.02 ^{Ab}	<1.47	3.36±0.08 ^{Ba}	2.69±0.04 ^{Bb}	2.02±0.03 ^{Ac}
35	5.49±0.09 ^{Ca}	2.79±0.07 ^{Ab}	1.48±0.05 ^{Ac}	5.16±0.04 ^{Ca}	3.27±0.06 ^{Cb}	2.47±0.05 ^{Bc}
42	6.49±0.13 ^{Da}	5.24±0.12 ^{Bb}	1.60±0.03 ^{Bc}	6.29±0.02 ^{Da}	5.17±0.12 ^{Db}	2.62±0.04 ^{Cc}
49		6.04±0.10 ^{Ca}	1.86±0.05 ^{Cb}		5.23±0.05 ^{Da}	2.74±0.08 ^{Cb}
56		6.13±0.08 ^{Ca}	2.31±0.11 ^{Db}		6.04±0.11 ^{Ea}	2.90±0.04 ^{Db}
63		6.34±0.04 ^{Da}	3.43±0.14 ^{Eb}		6.20±0.14 ^{Ea}	3.31±0.09 ^{Eb}

TAMB: toplam aerobik mesofilik bakteri, TAPB: toplam aerobik psikrofilik bakteri. Aynı sütündeki farklı büyük harfler (A,B,C,...) farklı günde aynı grup içindeki farkı belirtir ($p<0.05$). Aynı satırdaki farklı küçük harfler (a,b,c,...) aynı günde gruplar arasındaki farkı belirtir ($p<0.05$).

Bu artışın, depolama süresince ürünlerin su kaybetmesine bağlı oransal bir artış olduğu düşünülmektedir. Benzer şekilde, Garcia-Linares vd. (2004) sous-vide teknolojisi uyguladıkları alabalık (% 16.04) ve salmon (% 18.13) balığının protein değerlerinde depolama sürecinde artış tespit etmişler ve sırasıyla 45. günde % 21.99 ve % 20.17 olarak bildirmişlerdir. Sous-vide gruplarının ham yağ içerikleri depolama süresince % 0.45-% 0.56 arasında tespit edilmiştir. Depolama süresince tüm grupların ham yağ içeriğinin grup içi ve gruplar arası değerlendirmelerine göre istatistiki açıdan benzer bulunmuştur ($p>0.05$). Balıkların lipit içeriği türe, cinsiyete, beslenmeye, mevsimlere ve bölgeye göre değişiklik göstermektedir (Rasoarahona vd., 2005). Özoğul vd., (2007) yürütülen çalışma sonuçlarına benzer olarak sudak balığının yağ içeriğinin % 0.39 olduğunu bildirmişlerdir. Yürütülen çalışmanın sonuçlarına benzer olarak Garcia-Linares vd. (2004), sous-vide uygulanan alabalık ve salmon balıklarında yağ içerikleri yönünden her iki grupta sous-vide işleminin etkisi ile düşen nem miktarına bağlı olarak yağ miktarlarında artış olduğunu açıklamışlardır. Andres-Bello vd. (2009) vakum paketlenerek sous-vide (70 °C, 80 °C, 90 °C ve 100 °C'de) işlemi uygulanan çipura filetolarının protein ve yağ içeriklerinin tüm gruplarda nem miktarındaki düşüşe bağlı olarak artış gösterdiklerini vurgulamışlardır. Benzer sonuçlar bu çalışmada da tespit edilmiştir.

TVB-N değeri depolama süresine bağlı olarak tüm gruplarda artış göstermiştir. TVB-N için literatürde farklı sınır değerleri bildirilmiştir. 60 ve 70°C'lik grupların TVB-N içeriği sınır değeri olarak Connell (1980) tarafından bildirilen 30 mg/100g'ı sırasıyla 35 ve 49. günlerde aştığı belirlenmiştir. 80 °C'lik grubun daha düşük değerler aldığı 63. günde bile sınır değeri aşmadığı gözlenmiştir. Sudak ürününde

TVB-N değerleri yönünden yüksek sıcaklıklarda yapılan uygulamanın olumlu etkisi olduğu ve gruplar arasında yapılan değerlendirmede 80 °C'de işlem gören sous-vide grubunun diğer gruplardan farklılık gösterdiği tespit edilmiştir ($p<0.05$). Bu değişikliğin mikrobiyal gelişimin sıcaklık ile engellenmiş olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Cosansu vd. (2011), sade ve limon suyu katkısı ile vakum paketlenerek 70 °C'de 10 dakika sous-vide teknolojisi ile işlenen palamut balıklarının kalite kriterlerini incelemişlerdir. Depolama süresince elde edilen TVB-N değerleri sonuçlarına göre sade sous-vide grubunun 35. günde limon sulu sous-vide grubunun 49. günde sınır değerleri aştığını ifade etmişlerdir. Mol vd. (2012b) % 0.2'lik tuz ilavesi ile vakum pakettikleri palamut balıklarını sous-vide teknolojisi ile işlemişler ve 4 °C ile 12 °C'deki muhafazalarında kalite değişimlerini incelemişler. Sous-vide palamut ürünlerinin 4 °C'de 42. gün ve 12 °C'de 18. gün TVB-N sınır değerini aştığını ortaya koymuşlardır. Cosansu vd. (2013) vakum paketlenmiş sade ve limon sulu sous-vide mezgit balıklarının TVB-N değerlerinin her iki grupta da 42. günde sınır değerlerini aştığını bildirmişlerdir. Sous-vide işlemi uygulanmış farklı çalışma sonuçları ile araştırma bulgularımız benzer sonuçlar göstermekte, bazı çalışmalarda görülen farklı sonuçların bu çalışmalarda kullanılan farklı teknik, balık türü, katkı maddesi ilavesi, süre ve sıcaklık uygulanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

TBA analizi yağlarda oksitlenmeye bağlı olarak ortaya çıkan acılaştırmanın önemli bir göstergesidir (Cadun vd., 2005). Taze sudak balığında TBA değeri 0.02 mg MA/kg olarak bulunmuş olup çalışma süresince tüm grupların TBA için belirtilen sınır değerleri (7-8 mg MA/kg) aşmadığı görülmüştür (Şekil 1). Sudak balığının yağ miktarının düşük olması ve

vakum paket uygulaması TBA değerlerinin düşük seviyelerde kalmasına neden olmuştur. Depolama süresince 60 °C'de ısı işlem uygulanmış sous-vide grubunun aldığı düşük değerlerin diğer gruplardan farklı olduğu görülmüştür ($p<0.05$). 80 °C'lik ısı işlem uygulanmış sous-vide grubunda sıcaklığın etkisiyle diğer gruplara nazaran daha yüksek TBA değerleri bulunmuştur ($p<0.05$). Diaz vd. (2011), vakum paketlenerek 80 °C'de 45 dakika sous-vide teknolojisi ile işlenen alabalıkların buzdolabı koşullarındaki (2 °C) muhafazası sırasında TBA değerlerinde görülen farkın önemli olmadığını ifade etmişlerdir. TBA değerlerini 5. haftada 2.06 mg MDA/kg ve 10. haftada (2.30 mg MDA/kg) olarak bildirmişlerdir. Shakila-Jeya vd. (2012), cobia balığından yapılan balık köri yemeğini 95 °C'de 20 dakika sous-vide teknolojisi ile paketlemişler. 4 °C 'de 12 haftalık depolama süresi sonunda elde edilen sonuçların TBA sınır değerlerin çok altında kaldığını belirlemişlerdir. Sous-vide işleminde kullanılan vakum paketlemenin yağların oksitlenmesini engellediği ve benzer olarak Shakila-Jeya vd. (2012) ile Diaz vd. (2011)'in yaptıkları çalışma sonuçlarında da rastlanılmıştır.

Taze su ürünleri için pH değerinin 6.0-6.5, tüketilebilirlik sınır değerinin ise 6.8-7.0 olduğu belirtilmiştir (Connell, 1980; Varlık vd., 1993). Taze materyalde pH 6.28 olarak ölçülmüş, sous-vide işleminden sonra yapılan pH ölçümlerinde bütün gruplarda dalgalı bir değişim olduğu belirlenmiştir. Garcia-Linares vd. (2004), sous-vide alabalık ve somon ürünlerinin sırasıyla 45. günde 6.45 ve 6.51 olduğunu ve depolama süresine bağlı olarak pH değişimlerinin etkili olmadığını bildirmişlerdir. Gonzalez-Fandos vd. (2005), salmonlara farklı sıcaklık ve sürelerde uyguladıkları sous-vide işleminin pH üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını

açıklamışlardır. Yapılan araştırma verileri ve bu çalışmanın verileri incelendiğinde sous-vide işleminin pH üzerinde belirgin bir etkisi olmadığı sadece ısı işleme bağlı olarak taze materyale kıyasla pH değerlerinde dalgalanma olduğu tespit edilmiştir.

Ortalama duyuşal değerlendirme sonuçlarına göre 60 °C'lik grup 35. günde, 70 °C'lik grup 49. günde ve 80 °C'lik grup 63. günde sınır değerinin altında kalmıştır. Sous-vide işleminin ürünlerin raf ömrü üzerine olumlu katkısının olduğu, özelliklede yüksek sıcaklıkta yapılan (80 °C) uygulamanın diğer gruplardan daha etkili olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Benzer bir şekilde, Dogruyol ve Mol (2016) sous-vide işleminin (70 °C'de 10 dk) uygulanarak 2 °C'de depolanan istavrit balığının duyuşal sonuçlarına göre kontrol grubunun 6. haftada limit değerlerinin altına düştüğünü bildirmişlerdir. Yine 70 °C'de 10 dk sous-vide işleminin uygulanarak 4 °C'de depolanan palamut (Cosansu vd., 2011; Mol vd., 2012b) ve mezzit (Mol vd., 2012a) balıklarının duyuşal değerlendirme sonuçlarına göre depolamanın 35. gününde bozulduğunu tespit etmişlerdir. Yürütülen bu çalışmadaki 70 °C'lik grubunun literatürdeki çalışmalara göre 7 gün daha fazla raf ömrüne sahip olmasının depolama sıcaklığı ve balık türüne bağlı olarak ortaya çıktığı düşünülmektedir. Diğer taraftan duyuşal açıdan elde edilen bulgular bu çalışma verileri ile benzer sonuçları ortaya koymaktadır.

Balık tüketimi açısından tavsiye edilen toplam aerobik bakteri limit değerleri 6-7 log kob/g (ICMSF, 1992) olarak rapor edilmiştir. Mikrobiyolojik açıdan elde edilen araştırma bulgularımıza göre; 60 °C'de işlem görmüş sous-vide grubunda TMAB ve TPAB sayıları 42. günde belirlenen sınır değerlerinin üzerinde bulunmuştur.

70 °C'de işlem görmüş sous-vide grubun-

da TMAB sayısının 49. günde ve TPAB sayısının 56. günde belirlenen sınır değerleri aşıldığı tespit edilmiştir. 80 °C'de işlem görmüş sous-vide grubunda ise TMAB ve TPAB değerlerinin tüm depolama süresince limit değerler içerisinde kaldığı belirlenmiştir. Özellikle 80 °C'de işlem görmüş grubun elde ettiği değerler neticesinde sous-vide işlemlerinde yüksek sıcaklık uygulamalarının mikrobiyolojik açıdan daha etkili olduğu şeklinde açıklanabilir. Nyati (2000), yaptığı araştırmada 70 °C'de 2 dk sous-vide işlemi uygulanmış balık (*Hyperoglyphe porosus*) filetolarının +3 °C'de 5 haftalık soğuk depolama süresince mikrobiyolojik açıdan toplam mezofilik bakteri sayısının 5 log kob/g'a değerini aldığını belirtmiştir. Garcia-Linares vd. (2004), sous-vide işlemi uygulayarak 45 gün 4 °C'de muhafaza edilen alabalık ve salmon örneklerinin mezofilik ve psikrofilik bakteri seviyelerinin limit değerlerinin altında olduğunu belirtmişlerdir. Cosansu vd. (2011), 70 °C'de 10 dk. sous-vide teknolojisi ile işlenen palamut balıklarının kalite değişimlerini incelemek amacıyla 4±1 °C'de muhafaza altına almışlar ve sade sous-vide uygulanan grubun mezofilik ve psikrofilik aerobik bakteri yükünün 42. günde kabul edilebilir sınır değeri (6 log cfu/g) aştığını ifade etmişlerdir. Farklı bir çalışmada 70 °C'de 10 dk. sous-vide teknolojisi ile işlenmiş fileto palamut balıklarının farklı muhafaza şartlarında (4-12 °C'de) kalite değişimlerini incelemişler. Çalışma sonucunda, mezofilik ve psikrofilik mikrobiyolojik analizlerin değerlendirilmesi neticesinde sınır değerlerin 4 °C'de 42. günde ve 12 °C'de 21. günde aşıldığını belirtmişlerdir (Mol vd., 2012b). Yapılan literatür araştırmaları ile kıyaslandığında elde ettiğimiz veriler benzerlik göstermektedir, fakat bazı çalışmalarda görülen farklılıkların sous-vide işlem sıcaklığı ve süresi, katkı malzemeleri ve kullanılan ham

materyalden kaynaklandığı öngörülmektedir.

Bu çalışma göstermektedir ki Beyşehir gölünden avlanan sudak balıkları gıda olarak insan beslenmesinde önemli düzeyde biyokimyasal içeriğe sahiptir. Bu biyokimyasal içeriğe sous-vide işlemi ile farklı sıcaklık uygulamalarının önemli düzeyde etki etmediği ve besinsel içeriğin korunduğu belirlenmiştir. Sous-vide işleminin ürünlerin kimyasal içeriğinin koruyucu özelliği ile önemli düzeyde etki ettiği gözlenmiştir. Ürünlerin yağlarında meydana gelen acılaşmayı temsil eden TBA değeri depolama süresince tüm gruplarda tüketilebilir sınır değerlerin içerisinde bulunmuştur. Depolama süresine bağlı olarak artan TVB-N içeriği 60 °C ve 70 °C gruplarda sırasıyla 35. gün ve 49. gün sınır değerlerini aşarken, 80°C'lik grupta 63 günlük depolama süresince sınır değerler içerisinde kalmıştır. Sous-vide işleminde ısı uygulamalarının mikrobiyal yükü kısıtladığı ve özellikle 80°C'lik grubun bakteriler üzerinde daha etkin olduğu belirlenmiştir.

Tüketici açısından en önemli etken olan duyuşal değerlendirmelerde yine 80 °C'lik grubun en çok beğeniyi aldığı ve bunu sırasıyla 70 °C ve 60 °C'lik grupların takip ettiği tespit edilmiştir. Ortalama duyuşal değerlendirmeler neticesinde 60 °C, 70 °C ve 80 °C'lik gruplarının sırasıyla 28. gün, 42. gün ve 56. gün tüketilebilir sınır değerleri içerisinde kalmıştır.

Elde edilen tüm sonuçlar değerlendirildiğinde; sous-vide işlemi uygulanmış sudak filetolarının raf ömrü 60 °C'lik grup için 28 gün, 70 °C'lik grup için 35 gün ve 80 °C'lik grup için 56 gün olarak tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda bu tip uygulamalar için kontrol grubuna göre ekstra 28 gün raf ömrüne sahip 80 °C'lik grubun uygun bir işlem olduğu ve su ürünlerinin depolanması sırasında kullanımının ürünlerin kalite kriterlerine önemli katkı sağlayacağı tespit edilmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi BAP birimi tarafından 2012.103.03.2 nolu proje ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Altuğ, T. ve Elmacı, Y. 2005. Sensory evaluation in foods. Meta Press, İzmir, 130 pp.
- Andres-Bello, A., Garcia-Segovia, P. ve Martinez-Monzo, J. 2009. Effects of vacuum cooking (cook-vide) on the physical-chemical properties of sea bream fillets (*Sparus aurata*). Journal of Aquatic Food Product Technology, 18: 79-89.
- AOAC. 1980. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists Washington, DC., 13th edition.
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, MD., 16th edition.
- Armstrong, G.A. ve McIlveen, H. 2000. Effects of prolonged storage on the sensory quality and consumer acceptance of sousvide meat-based recipe dishes. Food Quality and Preference, 11: 377-385.
- Bochi, V.C., Weber, J, Ribeiro, C.P, Victório, A.M. Ve Emanuelli, T. 2008. Fish burgers with silver catfish (*Rhamdia quelen*) filleting residue. Bioresource Technology, 99: 8844-8849.
- Cadun, A., Çaklı, Ş. ve Kışla, D. 2005. Study of marination of deep water pink shrimp (*Parapenaeus longirostris* Lucas, 1846) and its shelf life. Food Chemistry, 90: 53-59.
- Church, I.J. ve Parsons, A.L. 1993. Review: Sous-vide cook-chill technology. International Journal of Food Science and Technology, 28: 563-574.
- Connell, J.J. 1980. Control of Fish Quality. 2nd Ed. Fishing News Books Ltd., Surrey, England, 222 pp.
- Cosansu, S., Mol, S., Alakavuk, D. U. ve Özturan, S. 2011. The effect of lemon juice on bonito (*Sarda sarda*, Bloch, 1793) preserved by sous vide packaging. International Journal of Food Science and Technology, 46: 395-401.
- Cosansu, S., Mol, S., Alakavuk, D.U. ve Özturan, S. 2013. The Effect of lemon juice on shelf life of sous vide packaged whiting (*Merlangius merlangus euxinus* Nordmann, 1840). Food Bioprocess Technology, 6: 283-289.
- Curran, C.A., Nicoladies, L., Poulter, R.G. ve Pors, J. 1980. Spoilage offish from Hong Kong at different storage temperatures. Tropical Science, 22: 367-382.
- Çağlak, E. ve Karşlı, B. 2013. Beyşehir gölü sudak (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758) balıklarının mevsimsel et verimi ve kimyasal kompozisyonu. Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 9: 1-8.
- Çaklı, Ş. 2007. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi-1. Ege Üniversitesi Yayınları, Su Ürünleri Fakültesi Yayın No:76, Bornova-İzmir: 22-23.
- Çelik, M., Diler, A. ve Küçükgülmez, A. 2005. A comparison of the proximate compositions and fatty acid profiles of zander (*Sander lucioperca*) from two different regions and climatic conditions. Food Chemistry, 92: 637-641.
- Çetinkaya, S., Bilgin, Ş., Ertan, Ö.O. ve Bilgin, F. 2015. Vakum paketli pişirme yöntemi (sous-vide) ve gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792)'na uygulanması. Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 11:35-44.
- Diaz, P., Garrido, M.D. ve Banon, S. 2011. Spoilage of sous vide cooked salmon (*Salmo salar*) stored under refrigeration. Food Science and Technology International, 17: 31-37.
- Dogruyol, H. ve Mol, S. 2016. Effect of irradiation on shelf life and microbial quality of cold-stored sous-vide mackerel fillets. Journal of Food Processing and Preservation, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jfpp.12804/epdf>. (November 28, 2016).
- Fagan, J.D. ve Gormley, T.R. 2005. Effect of sousvide cooking, with freezing, on selected quality parameters of seven fish species in a range of sauces. European Food Research and Technology, 220: 299-304.
- Garcia-Linares, M.C., Gonzalez-Fandos, E., Garcia-Arias, M.T. ve Garcia-Fernandez, M.C. 2004. Microbiological and nutritional quality of sous-vide or traditionally processed fish: Influence of fat content, Journal of Food Quality, 27 (5): 371-387.
- Gonzalez-Fandos, E., Garcia-Linares, M.C., Villarino-Rodriguez, A., Garcia-Arias, M.T. ve Garcia-Fernandez, M.C. 2004. Evaluation of the microbiological safety and sensory quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) processed by the sousvide method. Food Microbiology, 21: 193-201.

- Gonzalez-Fandos, E., Villarino-Rodriguez, A., Garcia-Linares, M.C., Garcia-Arias, M.T. ve Garcia-Fernandez, M.C. 2005. Microbiological safety and sensory characteristics of salmon lices processed by the sousvide method. *Food Control*, 16: 77-85.
- Goussault, B. 1993. Survival and activation of microorganisms in sousvide products. In First European Symposium on sous-vide Proceedings, Leuven, Belgium, 26.
- Gülyavuz, H. ve Ünlüsayın, M. 1999. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi Kitabı. Süleyman Demirel Üniversitesi Eğridir Su Ürünleri Fakültesi. Hatiboğlu Yayın Evi, Isparta, 366 pp.
- Halkman, A.K. 2005. Gıda Mikrobiyoloji Uygulamaları. Merck, Başak Matbaası, Ankara, 358 pp.
- Herborg, L. 1976. Production of separated fish mince for traditional and new products. *Food Minced Fish Symposium*, 1: 82-83.
- Houben, K. 1999. Sous-vide cooking: State of the art. In Third European Symposium on sous-vide Proceedings Leuven, Belgium 11-27.
- ICMSF. 1992. Microorganisms in food. In: Sampling for Microbiological Analysis. ICMSF (ed). University of Toronto Press, Toronto, Canada.
- İnal, T. 1992. Besin Hijyeni. Hayvansal Gıdaların Sağlık Kontrolü. Final Ofset. Genişletilmiş 2. Baskı İstanbul, 783 pp.
- Mol, S. ve Özturan, S. 2009. Sousvide teknolojisi ve su ürünlerindeki uygulamalar *Journal of Fisheries Sciences*, 3 (1): 68-75.
- Mol, S., Özturan, S. ve Cosansu, S. 2012a. Determination of the quality and shelf life of sous-vide packaged whiting (*Merlangius merlangus* Nordman, 1840) stored at cold (4 °C) and temperature abuse (12 °C). *Journal of Food Processing and Preservation*, 36: 497-503.
- Mol, S., Özturan, S. ve Cosansu, S. 2012b. Determination of the quality and shelf life of sous-vide packaged bonito (*Sarda sarda* Bloch, 1793) stored at 4 °C and 12 °C. *Journal of Food Quality*, 35: 137-143.
- Nyati, H. 2000. An evaluation of the effect of storage and processing temperatures on the microbiological status of sousvide extended shelf-life products. *Food Control*, 11: 471-476.
- Özçandır, S. ve Yetim, H. 2010. Akıllı Ambalajlama Teknolojisi ve Gıdalarda İzlenebilirlik. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(1): 1-11.
- Özogul, Y., Özogul, F. ve Alagoz, S. 2007. Fatty acid profiles and fat contents of commercially important seawater and fresh water fish species of Turkey: A comparative study. *Food Chemistry*, 103: 217-223.
- Rasoarahona, J.R.E., Barnathan, G., Bianchini, J-P. ve Gaydou, E.M. 2005. Influence of season on the lipid content and fatty acid profiles of three tilapia species (*Oreochromis niloticus*, *O. macrochir* and *Tilapia rendalli*) from Madagascar. *Food Chemistry*, 91: 683-694.
- Roldan, M., Antequera, T., Martin, A., Mayoral, A.I. ve Ruiz, J. 2013. Effect of different temperature time combinations on physico chemical, microbiological, textural and structural features of sous-vide cooked lamb loins. *Meat Science*, 93: 572-578.
- Schellekens, W. ve Martens, T. 1992. Sousvide: State of the Art Publication EUR 15018 EN. Leuven, Belgium: Alma SousVide Competence Centre.
- Shakila-Jeya, R., Edwin-Raj, B. ve Felix, N. 2012. Quality and safety of fish curry processed by sous-vide cook chilled and hot filled technology process during refrigerated storage. *Food Science and Technology International*, 18: 261-269.
- Smith, G., Hole, M. ve Hanson, S.W. 1992. Assessment of lipid oxidation in Indonesian salted-dried marine catfish (*Arius thalassinus*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 51: 193-205.
- Sokal, R. R. ve Rohlf, F. J. 1987. Introduction to Biostatistics (2nd ed.). Freeman, New York, 349 pp.
- Tarladgis, B. G., Margaret B.M., Younathan, T. ve Dugan, L. 1960. Distillation method for the determination of manolaldehyde in rancid foods. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 37: 44-48.
- Teletchea, F., Gardeur, J-N., Psenicka, M., Kaspar, V., Le Doré, Y., Linhart, O. ve Fontaine, P. 2009. Effects of four factors on the quality of malere productive cycle in pikeperch *Sander lucioperca*. *Aquaculture*, 291: 217-223.
- TUİK, 2015. Fisheries Statistics. Turkish Statistical Institute, <http://www.turkstat.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=21720>. (December 20, 2016).
- Varlık, C., Uğur, M., Gökoğlu, N. ve Gün, H. 1993. Su Ürünlerinde Kalite Kontrol İlke ve Yöntemleri. *Gıda Teknolojisi Derneği*, Yayın No: 17, İstanbul.