

Nutritional composition of protein hydrolyzate produced from fish waste

Balık atıklarından üretilen protein hidrolizatının besinsel kompozisyonu

Türk Denizcilik ve Deniz Bilimleri Dergisi

Cilt: 7 Sayı: 1 (2021) 27-39

Koray KORKMAZ^{1,*} , **Bahar TOKUR¹** 

¹Ordu University, Fatsa Faculty of Marine Sciences, 52400, Fatsa, Ordu

ABSTRACT

Fish by-products are valuable resources with great potential for human consumption. Fish protein hydrolysates (FPH) are used as a functional food, animal feed, organic fertilizer, and pet food as commercial products, as well as in the medicine and pharmacology sector as they show antihypertensive, antithrombotic, anticancer, immunomodulatory, and antioxidant activities with the nutraceutical properties they contain. They can be an important source for obtaining high value-added products such as protein, amino acids, collagen, gelatin, and fat. It will contribute to the sustainability of aquaculture. The quality and functional properties of the product obtained by changing the waste, enzyme and production conditions used to differ. Proteases show the ability to produce low molecular weight peptides by a high rate of hydrolysis. The amino acid composition of fish protein hydrolysates is important due to its impact on nutritional value and functional properties. The protein quality of food and its capacity to meet the needs of organisms is determined by the essential amino acids that food has. Many researchers have reported that the amino acid content of fish protein hydrolysates varies according to the species of fish and the type of enzyme. In this article, the properties of fish protein hydrolysates obtained according to different fish waste composition, enzyme concentration, temperature, time, and pH conditions were investigated.

Keywords: Fish protein hydrolysate, amino acid, nutritional composition, sds-page

Article Info

Received: 31 March 2021

Revised: 25 April 2021

Accepted: 26 April 2021

* (corresponding author)

E-mail: koraykorkmaz@odu.edu.tr

To cite this article: Korkmaz, K., Tokur, B., (2021). Nutritional composition of protein hydrolyzate produced from fish waste, *Turkish Journal of Maritime and Marine Science* 7 (1): 27-39, DOI: <https://doi.org/10.52998/trjmms.907350>.

ÖZET

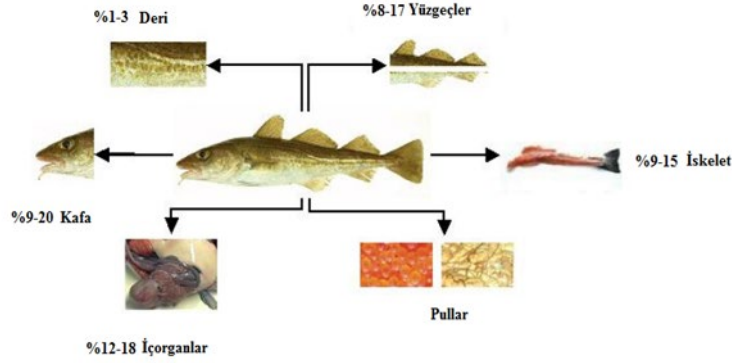
Balık yan ürünleri, insan tüketimi için büyük potansiyele sahip değerli kaynaklardır. Balık protein hidrolizatları (BPH) ticari ürün olarak fonksiyonel gıda, hayvansal yem, organik gübre ve evcil hayvan gıdası olarak kullanıldığı gibi BPH' larının içerdikleri nutrasötik özellikteki biyoaktif peptitler ile antihipertensif, antitrombotik, antikanser, immunomodulator ve antioksidan aktivitesi gösterdikleri için tıp ve farmakoloji alanında da değerlendirilmektedir. Protein, amino asit, kollajen, jelatin ve yağ gibi katma değeri yüksek ürünler elde etmek için önemli bir kaynak olabilirler. Su ürünleri yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliğine katkı sağlayacaktır. Kullanılan atık, enzim ve üretim şartlarının değişmesiyle elde edilen ürünün kalite ve fonksiyonel özellikleri farklılık göstermektedir. Proteazlar yüksek oranda hidroliz ile düşük molekül ağırlıklı peptit üretme kabiliyeti göstermektedir. Balık protein hidrolizatlarının amino asit bileşimi, besin değeri ve fonksiyonel özelliklere olan etkisinden dolayı önemlidir. Bir gıdanın protein kalitesini ve organizmaların ihtiyaçlarını karşılama kapasitesini o gıdanın sahip olduğu esansiyel amino asitler belirler. Birçok araştırmacı balık protein hidrolizatlarının amino asit içeriklerinin, balıkların türüne ve enzim çeşidine göre değişiklik sergilediğini bildirmişlerdir. Bu makalede farklı balık atık kompozisyonları, enzim konsantrasyonu, sıcaklık, zaman ve ph şartlarına göre elde edilen balık protein hidrolizatlarının özellikleri derlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Balık protein hidrolizatı, amino asit, besinsel kompozisyon, sds-page

1. GİRİŞ

İnsanlığın şu anda karşı karşıya olduğu en kritik zorluklardan biri, 2050 yılına kadar beklenen 9.6 milyarlık nüfus için, yeterli miktarda gıda üretim yapmaktır. Balık ve diğer su ürünleri önemli protein kaynaklarıdır. Dünya protein tüketiminin yaklaşık %17'si bu kaynaklardan sağlanmaktadır. Su ürünleri konusunda dünya balık üretimi 2018 yılında 178.5 milyon tona ulaştı ve yaklaşık %46'sı su ürünleri yetiştiriciliğinden elde edildi (FAO, 2020). Dünyada su ürünleri taze-soğutulmuş (%46) ve farklı teknolojilerle işlenerek (%54, yaklaşık 75 milyon ton) tüketilmektedir. Yetiştiricilik, avcılık ve işleme kaynaklı büyük miktarlardaki atıkların oranı küresel endişe kaynağı oluşturmaktadır (Choe *vd.*, 2020). İşleme sektöründe kullanılan hammaddelerin yapısal özellikleri ve uygulanan teknolojilere bağlı olarak büyük miktarlarda yan ürünler ortaya çıkmaktadır. Genel olarak balık atıklarında,

değerlendirilemeyen balık ve kabuklu deniz hayvanları, iskelet, yüzgeçler, kafa, deri ve iç organlar bulunmaktadır (Kim ve Mendis, 2006). İşleme sektöründe ortaya çıkan bu yan ürünler ve atıklar hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde ciddi kirlilik ve bertaraf sorunları yaratmaktadır. Özellikle hayvan yemi, balık unu-yağı ve gübre üretimi gibi düşük piyasa değerli ürünlere işlenen bu materyaller aslında protein bakımından zengin bileşenleri içerir (Hsu, 2010; FAO, 2017). Dünya su ürünleri endüstrisindeki yüksek öncelikli alanlardan biri, insan tüketimi için balık yan ürünlerinin daha sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasıdır (FAO, 2014). Esteban *vd.* (2007) tarafından balık atığının bileşenleri ; baş %21, iç organlar %7, karaciğer %5, yumurtalık % 4, iskelet %14, yüzgeç ve operkulum %10, deri %3 ve fileto %36 oranında bulunmuştur. Bu atıkları oluşturan bileşenlerin miktarı, türü ve oranları yapılan işleme teknolojisi metoduna, balığın türüne ve büyüklüğüne göre değişebilmektedir (Dumay, 2006) (Şekil 1).



Şekil 1. Balık atıkları bileşenleri

1.1. Balık atıklarının kimyasal kompozisyonu

Çoğu balık türü %80 oranında su içermektedir. Bununla birlikte, bazı balık türlerinin su içeriklerinin %30-90 arasında değişmektedir (Murray *vd.*, 2001). Balıkların besin kompozisyonu balığın türüne, cinsiyete, yaşa, besinsel statüye, mevsime ve sağlığa göre değişmektedir. Çoğu balık %15-30 protein, %0-25 yağ ve %50-80 nem içerir (Ghaedian *vd.*, 1998). Yan ürünlerde protein miktarı ortalama 20 ila 80 g/100 g arasında değişmektedir (Khiari *vd.*, 2015; Abbey *vd.*, 2017). Suvanich *vd.* (2006)'na göre kedibalığı, morina, pisi balığı, uskumru ve somon balığının besinsel kompozisyonundaki değişimlerin türlere göre değişiklik gösterdiği ve bu balıklar arasında en yüksek yağ içeriğinin uskumru %11.7'da olduğu, en düşük yağ içeriğinin ise morina balığında %0.1 bulunduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar ayrıca, yüksek protein içeriğinin % 23.5 ile somon balığında tespit edildiği ve en düşük protein içeriğinin ise

%14 ile pisi balığında bulunduğunu saptamışlardır. Yine aynı çalışmada, beş farklı balık türünün nem içeriğinin ise %69 ile %84.6 olarak değiştiği bildirilmiştir. Estaban *vd.* (2007), balık satışı yapan işletmelerden elde ettiği atıkların besin kompozisyonunu incelemiştir. Buna göre, atıkların besin kompozisyonu protein için %58, eter ekstarktı veya yağ için %19 olarak tespit edilmiştir ve atıkların önemli bir mineral kaynağı olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar, balık atıklarında tek doymamış yağ asitleri, palmitik asit ve oleik asit miktarlarının %22 oranında oldukça yüksek olduğunu bulmuşlardır. Roslan *vd.* (2015), tilapia (*Oreochromis niloticus*) atığında %14.60 ham protein, %66.57 nem, %5.50 yağ ve %8.93 kül içerdiğini bulmuşlardır. Hou *vd.* (2011) tarafından tespit edilen Alaska mezgiti kası ve iskeleti (APF) 'nin kimyasal bileşimleri 18.36 g / 100 g protein, 14.89 g / 100 g kül ile zengin bir içeriğe sahip olduğu ve AFP'nin kimyasal bileşimlerinin kül içeriği dışında, mezgiti kas içeriğine benzer olduğu gözlenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Alaska mezgiti kası ve iskeletinin kimyasal bileşimleri (g/100 g)

Bileşenler	İskelet	Kas
Nem	64.0±2.9	76.8±0.3
Ham protein	18.4±0.8	18.8±0.7
Ham yağ	0.7±0.2	0.6±0.05
Kül	14.9±0.07	3.8±0.3
Karbohidrat	0.2±0.02	0.2±0.01

Detkamhaeng vd. (2016), sarıkuyruk (*Thunnus albacares*) ve Skipjack ton balığı (*Katsuwonus pelamis*)'nın kimyasal kompozisyon oranlarını belirledikleri sırasıyla ham protein için %10.91

ve %17.5, yağ için %4.42 ve %2.60, ham kül için %1.88 ve %1.90 ve nem için %73.17 ve %74.51 olarak bulmuşlardır. (Tablo 2).

Tablo 2. Sarıkuyruk ve Skip jack Tuna iç organlarının kimyasal kompozisyon oranları (%)

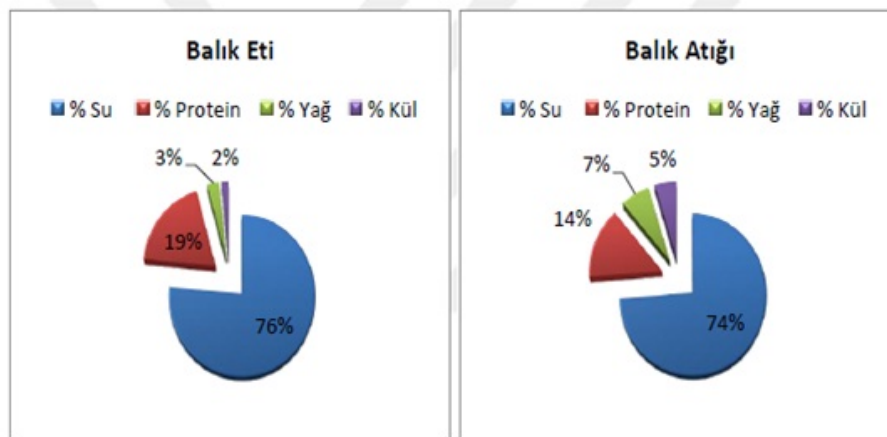
Bileşenler	Sarıkuyruk	Skipjack
Nem	73.17±0.22	74.51±0.13
Ham protein	10.91±1.10	17.51±0.30
Ham yağ	4.42±0.02	2.60±0.37
Kül	1.8±0.07	1.90±0.20
Tuz	2.18±0.12	2.14±0.07

Korkmaz ve Tokur (2019); alabalık (*Onchoryncus mykiss*), hamsi (*Engraulis encrasicolus*) ve mezgıt (*Merlangius merlangus*) atıklarının avlanma mevsimi boyunca (Kasım ile Nisan arası) besin kompozisyonunun belirlenmesi amacı ile yapılan çalışma sonucunda, besin kompozisyonun türler ve aylar arasında değişiklik gösterdiğini tespit etmişlerdir. Yaş ağırlığa göre, toplam lipit; alabalık atığında ocak ayında % 16.4 ile kasım ayında %30.5, hamsi atığında şubat ayında % 5.8 ve aralık ayında %8.9, mezgıt atığında mart ayında %2.5 aralık ayında %9.6 arasında değişmiştir. Tüm türlerin atıkları için protein içeriği, yaş ağırlık bazında %10.4-%16.8 arasında değişmiştir. Kuru ağırlık bazında en yüksek lipid, ham protein ve kül içeriği sırasıyla alabalık atığında kasım ayında %70.7, mezgıt atığında mart ayında %65.6 ve mezgıt atığında mart ayında %20.7 bulunmuştur (p <0.05).

Nguyen vd. (2011) tarafından, sarıkuyruk

(*Thunnus albacares*)' un işleme atıklardan baş, kuyruk ve iç organlarının ortalama kimyasal kompozisyon bileşimleri incelenmiştir. Tüm yan ürünlerin önemli oranda su %58-77 ve protein %15-17' den oluştuğu bulunmuştur. Çalışmada en önemli farklılıkların, lipit ve kül içeriği bakımından olduğu saptanmıştır. Buna göre, lipit içeriği iç organ ve kuyruklarda %3.73 olarak bulunurken kafa bölgesindeki lipit oranının en az 3 kat daha zengin %13 olduğu saptanmıştır. Minerallerin ise iç organlarda %1.9 oranında iken kuyruk bölgesinde %11.8 oranında olduğu belirlenmiştir.

Koç (2016), hamsi etinin makro besin bileşenleri olan su, protein, yağ ve kül değerlerini sırasıyla; %76.35, %19.20, %2.82, %1.60 olarak tespit etmiştir. Hamsiden et ayrıldıktan sonra kalan ve atık olarak nitelendirilen baş, iç organlar ve omurgadan oluşan kısımda ise besin bileşenlerini, %73.85 su, %14.54 protein, %6.60 yağ ve %5.00 kül olarak saptamıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Hamsi etinde ve atıklarında besin bileşenleri

Balık atıklarının kimyasal kompozisyonu balığın türüne, atığın vücut parça oranlarına, mevsime ve balığın büyüklüğüne göre değişebilmektedir (Benjakul ve Morisey, 1990).

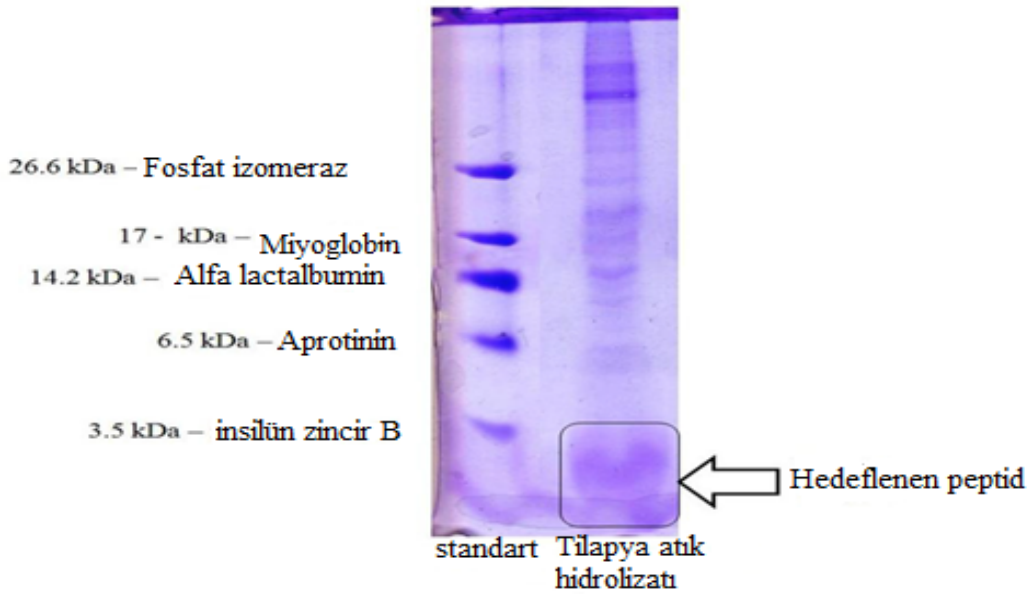
1.2. Hidrolizatların sodyum dodesil sülfat - poliakrilamid jel elektroforezi (SDS- PAGE) profilleri

Aspmo vd. (2005), morina (*Gadus morhua*) iç organları, endojen enzimler tek başına ya da yedi farklı ticari proteazlardan biri ile kombinasyon halinde (Alkalaz 2.4L, Nötraz 0.8L, Protameks TM, Papain, Bromelain, Aktinidin ve bir bitki proteaz karışımı) hidroliz etmişlerdir. Hidrolizatlar çözünebilir kuru madde, bulanıklık, amino gruplarının konsantrasyonu ve peptit molekül ağırlığı dağılımı ile incelenmiştir. Çalışma sonucunda, yüksek konsantrasyonda alkalaz ile hidrolizlerde %95' e yaklaşan en yüksek çözünür kuru madde verimi elde edilmiştir.

Ayrıca, 24 saat sonra hidrolizatların sodyum dodesil sülfat poliakrilamid jel elektroforezi

(SDS-PAGE) analizlerinde, Alkalazın hidrolizatta en güçlü enzim olduğu bulunmuştur. Bromelain, Papain ve Supermiks de daha büyük proteinlerin indirgenmesinde etkili olduğu görülmüştür.

Roslan vd. (2015), tarafından tilapia balıklarının (*Oreochromis niloticus*) fileto haline getirmek için işlenmesi sırasında deri, kemik, pul, kafa ve kuyruk gibi çeşitli yan ürünleri hidrolizat tozu (TBHP) ile yararlı fonksiyonel özelliklere dönüştürülebilmektedir. TBHP'nin moleküler ağırlıklarının SDS-PAGE ile karakterizasyonu, alkalaz enziminin 120 dk içinde küçük boyutlu peptitler üretebildiğini gösteren 3.5–26.6 kDa arasında güçlü bantların varlığı ile göstermiştir (Şekil 3). Birçok çalışma, alkalazın yüksek oranda hidrolizle düşük molekül ağırlıklı peptit üretme kabiliyetini göstermiştir (Benjakul ve Morrissey, 1997; Liaset vd., 2000; Lalasidis vd., 1978). Bhaskar vd. (2008)'a göre, yüksek besin değeri olan balık protein hidrolizatı, düşük molekül ağırlıklı peptit bakımından zengin olmalıdır.



Şekil 3. TBHP'nin moleküler ağırlıklarının SDS-PAGE ile karakterizasyonu

Protein moleküllerinin enzim miktarından daha ziyade sıcaklık ve sürenin hidrolizasyon işlemine etki etmesinin nedeni, hidrolizin zamanla artan hidroliz derecesinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Bakar vd., 2012). Hidrolizasyon süresinin artması, hidroliz

derecesini arttıran bir etkendir (Benjakul ve Morrissey, 1997). Daha düşük moleküler ağırlıklı (10 kDa) benzer bir SDS PAGE profili Meriga protein hidrolizatında da görülmüştür (Chalamaiah vd., 2010).

Hamsi (*Engraulis encrasicolus*) atıklarının 1

saatlik hidrolizasyon süresinde sıcaklık ve enzim oranının hidrolizatların molekül ağırlıklarına olan etkisi incelendiğinde, en büyük farklılığın 50°C de yapılan hidrolizasyon aşamasında olduğu görülmektedir. Benzer etkinin hidrolizasyon işleminin 4.5 ve 8 saatlik zamanda da olduğu belirlenmiştir (Korkmaz, 2018). Benzer sonuçlar somon (Kristinsson ve Rasco, 2000), sardalya (Quaglia ve Orban, 1990) ve Atlantik morina iç organlarından (Aspmo *vd.*, 2005) yapılan protein hidrolizatlarında da gözlenmiştir. Bhaskar *vd.* (2008), benzer şekilde Hindistan Tatlısu balığı sazının (*Catla catla*), iç organlarından elde edilen protein hidrolizatlarında hidrolizden dolayı 8 kDa' dan daha küçük moleküler ağırlığa sahip peptitlerin oluştuğunu belirtmiştir.

Benjakul ve Morrissey (1997), alkalaz ve nötraz enzimlerinin pasifik mezgiti atığı hidrolizatlarının protein profillerine olan etkisini incelemiş ve sonuçta alkalaz enziminin nötraz enzimine göre daha yüksek hidrolitik aktiviteye sahip olduğunu bulmuştur. Bunun sebebinin ise pasifik mezgiti atığının alkalazla hidrolizinden sonra sağlanan hidrolizattaki R-amino asitlerin fazla olmasından kaynaklanabileceğini öne sürmüştür. Bakar *vd.* (2012) tarafından tilapialarda Alkalaz, Flavourenzim ve Protameks enzimi ile 5 saatlik hidrolizasyon işleminde tüm hidrolizatların SDS-PAGE profillerinde zamana bağlı olarak bant sayısında ve yoğunluğunda bir azalma tespit edilmiştir. Flavourenzimin ise diğer enzimlere göre daha düşük hidrolitik aktivite gösterdiğini bulmuşlardır.

Sathivel *vd.* (2008) alkalaz enzimi ile pollock derisinden 10 ve 30 dk'lık hidroliz süresinde elde ettikleri protein hidrolizatlarının 25kDa'dan ve

45 dk'lık hidroliz süresinde elde ettikleri protein hidrolizatlarının 13kDa'dan daha düşük moleküler ağırlıkta peptit ve protein içerdiğini bildirmişlerdir. Šližytė *vd.* (2009) morina balığı omurgasından elde ettikleri protein hidrolizatlarının hidroliz süresi uzadıkça daha fazla hidroliz olmalarından dolayı, düşük moleküler ağırlıklı peptitlerin daha fazla miktarda oluştuğunu bildirmişlerdir. Chalamaiah *vd.* (2010) Hint mrigal sazının yumurtasından hazırladıkları protein hidrolizatlarındaki peptitlerin moleküler ağırlıklarının 10kDa'dan daha küçük olduğunu bildirmişlerdir. Protein hidrolizatlarının düşük moleküler ağırlıklı peptitlere sahip olmasının peptitlerin biyoaktif özellik gösterebileceğinin bir işareti olduğunu vurgulamışlardır. Hidrolizatlarda bulunan düşük moleküler ağırlıklı peptitlerin, daha yüksek hidroliz derecesine sahip olmaları ile bağlantılı olduğunu bildirmişlerdir. Yin *vd.* (2010) yayın balığı derisinden elde ettiği protein hidrolizatlarının, protein bantlarının moleküler ağırlıklarının çoğunun 10kDa'un altında olduğunu bildirmişlerdir. Yüksek hidrolizasyon derecesinden dolayı büyük moleküler ağırlıklı bir bantın protein hidrolizatlarında görünmediğini ve protein hidrolizatlarında daha az protein bandı belirlendiğini tespit etmiştir.

1.3. Balık protein hidrolizatının besinsel kompozisyonu

Balık protein hidrolizatlarının kimyasal bileşimi insan sağlığı bakımından önemlidir. Tablo 3'de çeşitli balık atıklarından üretilen balık protein hidrolizatlarının bileşimlerini göstermektedir (Chalamaiah *vd.*, 2012).

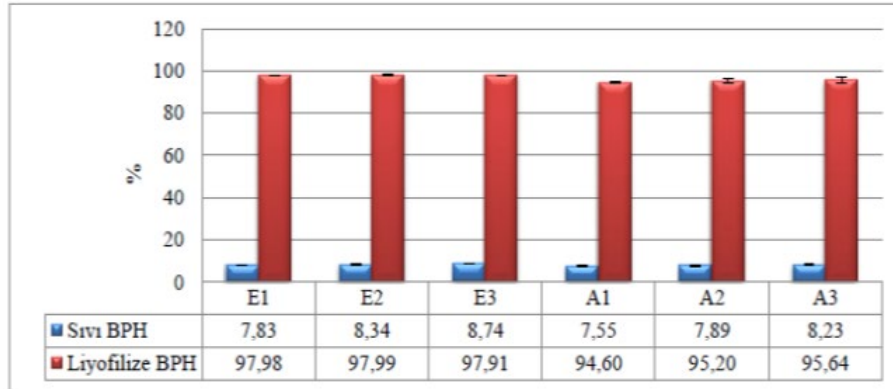
Tablo 3. Çeşitli balık atıklarından üretilen balık protein hidrolizatlarının bileşimleri

Balık Türleri ve bileşenleri	Enzim	Protein (%)	Yağ (%)	Nem (%)	Kül (%)	Kaynaklar	
<i>Clupea harengus</i> Protein hidrolizati	Ham protein					Hoyle ve Merritt (1994)	
	A	87.9	4.0	4.7	12.5		
	P	85.3	4.7	4.8	9.6		
	Ringa keki pres	A	82.3	3.7	3.9		13.3
	P	83.4	3.6	3.2	9.9		
	Ethanol ekstraktı ringa	A	83.7	1.8	3.3		12.0
<i>Merluccius</i> katı atık hidrolizati	P	85.7	0.9	3.9	7.5	Benjakul ve Morrissey (1997)	
		82.25	3.94	–	13.82		
<i>Clupea harengus</i> protein hidrolizati		77.0	0.77	3.98	21.7	Liceaga-Gesualdo ve Li-Chan (1999)	
<i>Clupea harengus</i> atığı hidrolizati	HBH	87	0.4	3.0	10.1	Sathivel vd. (2003)	
	HHH	85.2	1.2	3.5	10.1		
	HGH	77	1.5	6.2	15.3		
<i>Salmo salar</i> başı protein hidrolizati		82.3	0.8	5.3	10.4	Gbogouri vd. (2004)	
Tuna atığı protein hidrolizati		66.40	2.37	7.25	25.94	Nilsang vd. (2005)	
<i>Oncorhynchus nerka</i> başı protein hidrolizati	Alkalaz	63.3	23.7	5.9	7.1	Sathivel vd. (2005)	
	Flavourenzim 500L	62.8	24.5	5.0	7.7		
	Palataz 2000L	62.3	23.9	6.1	7.7		
	Proteks 6L	63.6	23.1	6.2	7.1		
	GC 106	64.8	22.6	5.6	7.2		
	Nötraz	64.8	22.5	5.7	6.9		
<i>Sardinella aurita</i> atığı protein hidrolizati						Souissi vd. (2007)	
	FPH1	75.01	8.53	1.35	14.81		
	FPH2	72.99	10.21	2.83	13.06		
	FPH3	73.05	10.29	4.56	12.10		

FPH = Balık protein hidrolizati; A = Alkalaz; P = Papain; ; HBH = Ringa vucüt hidrolizati, HHH = Ringa vucüt hidrolizati, HGH = Ringa gonad hidrolizati

Koç (2016), sıvı hidrolizatlarda yürütülen makro besin bileşenleri analizlerinde; et materyalde en düşük kurumadde (KM) değeri (%7.70) 1 saatlik hidrolizde, en yüksek KM değeri (%8.84) 3 saatlik hidrolizde elde etmiştir. Atık hidrolizatlarında en küçük KM değeri (%7.5) 1 ve 2 saatlik hidrolizlerde, en yüksek KM değeri (%8.3) ise 3 saatlik hidrolizde elde etmiştir. Et örneklerinin kurutulmuş hidrolizatlarında ise en

küçük (%97.5) ve en büyük (%98.3) kuru madde değerleri 2 saatlik hidroliz ile elde etmiştir. Kurutulmuş atık hidrolizatlarının en küçük KM değeri (%94.0) 1 saatlik hidrolizde, en yüksek KM değeri (%97.0) ise 3 saatlik hidrolizde tespit etmiştir. Sıvı ve kurutulmuş hidrolizatların grup bazında kuru madde değerleri Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Sıvı ve kurutulmuş hidrolizatların % kuru madde (%KM) değerleri

Roslan *vd.* (2015), tilapia atığından elde edilen balık protein hidrolizatında protein, kül, nem ve yağ içeriklerini sırasıyla %62.71, %25.34, %6.48, %0.08 olarak bulmuşlardır. Sathivel *vd.*, (2003) tarafından bulunan ringa hidrolizatları (%77 ile %87.9) ile Kristinsson ve Rasco (2000) tarafından bulunan Atlantik somonu protein hidrolizatlarının (72%-88%) protein değerlerine hemen hemen benzerdir. Bunun nedeninin hidroliz işlemi esnasında, atıkların üç kez ısı işleminden geçmesi (endojen enzimlerin inaktivasyonunu, hidroliz aşaması, santrifüjle lipid fazının ayrılması ve eksojen enzim inaktivasyonu) sonucu yağ fazının proteinli hidrolizat sıvısından ayrılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Ovissipour *vd.*, 2012). Benzer sonuçlar, farklı balık atıklarından elde edilen hidrolizatlarda da elde edilmiştir (Benjakul ve Morrissey, 1997; Bhaskar *vd.*, 2008; Gbogouri *vd.*, 2004; Hoyle ve Merritt, 1994; Kristinsson ve Rasco, 2000). Chalamaiah *vd.* (2012) birçok çalışmada lipid içeriğinin %5' in altında elde edildiğini buna karşın %5' in üzerinde yağ içeriği olan çalışmalarında olduğunu belirtmektedir ve birçok araştırmacının araştırma sonucuna göre balık hidrolizatlarındaki kül miktarının %0.45 ile

%27 arasında değiştiğini belirtmektedir. Balık protein hidrolizatların bu değişiminin, atık profiline, balık türüne ve yöntemde pH düzenlenmesi için kullanılan kimyasallardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

1.4. Protein hidrolizatlarının aminoasit kompozisyonu

Protein hidrolizatlarında, nutrasötikler veya fonksiyonel gıdalar gibi pek çok avantaj ortaya koyan serbest amino asitlerden ve kısa zincirli peptitlerden oluşan bir amino asit profili elde edilir. Herhangi bir gıda maddesinin amino asit kompozisyonu insan vücudu üzerinde çeşitli fizyolojik aktivitelerinde doğrudan ya da dolaylı olarak sağlığın korunması için önemli rol oynamaktadır. Amino asitler oksijen taşıyıcıları da dahil olmak üzere önemli fonksiyonlara sahip proteinler, vitaminler, CO₂, enzimler ve yapısal proteinlerin sentezi için gereklidir. Balık protein hidrolizatlarının amino asit bileşimi, besin değeri ve fonksiyonel özelliklere olan etkisinden dolayı önemlidir (Santos *vd.*, 2011). Balık etlerinden elde edilen BPH'ların önemli derecede esansiyel ve esansiyel olmayan amino asitleri bünyesinde

bulundurduğu, balık etlerinin yanı sıra baş, deri ve iç organlara ait hidrolizatların da tüm esansiyel ve esansiyel olmayan amino asitleri içerdiği de bildirilmiştir. Dolayısıyla, balıkların farklı bölgelerinden üretilen protein hidrolizatlarının, esansiyel amino asitler için iyi birer kaynak olarak kullanılabilceği tespit edilmiştir (Sathivel vd., 2004; Bhaskar vd., 2008; Giménez vd., 2009; Ovissipour vd., 2009; Yin vd., 2010). Ovissipour vd. (2009) BPH'nın amino asit kompozisyonlarında farklılıklar gözlemlendiğini ortaya koymuşlardır. Farklı BPH'larının amino asit kompozisyonlarındaki değişimlerin, esas olarak hammadde, enzim kaynağı ve hidroliz koşulları gibi çeşitli faktörlere bağlı olduğu bildirilmiştir (Klompong vd., 2009a; Klompong vd., 2009b). Alkalaz ile yapılan enzimatik hidrolizlerde bu enzimin hidrolizatta C formdaki hidrofobik amino asitlerce (alanin, valin, metiyonin, lösin, izölösün, fenilalanin ve triptofan) zengin yapı sağladığı bildirilmiştir (Lourenço da Costa vd., 2007; Ahn vd., 2012). Protein hidrolizatlarının yüksek fonksiyonellikte olması bu hidrolizatların fonksiyonel katkı maddesi olarak kullanılmasında istenilen bir özelliktir. Kısa peptit zincirlerinin uzun peptit zincirlerine kıyasla daha yüksek antioksidan ve antihipertansif özellik gösterdiği tespit edilmiştir (Contreras vd., 2009; Di Pierro vd., 2014). Roslan vd., (2015), tilapia yan ürünleri hidrolizat tozu (TBHP)'nun amino asit (AA) bileşiminde en büyük bileşenin glutamik asit olduğunu bulmuşlardır (79.60 mg/g). Bunu sırasıyla glisin, aspartik asit ve alanin (67.82 mg/g, 45.85 mg/g ve 45.64 mg/g) amino asitlerinin izlediğini saptamışlardır. TBHP toplam AA'sı içinde lizin ve lösin en yüksek esansiyel aminoasit olarak bulunmuştur.

Bhaskar vd. (2008) göre, herhangi bir maddenin besleyici değeri, esansiyel AA ihtiyacına dayalı bir organizmanın gereksinimlerini karşılayan proteinin kapasitesine göre değerlendirilir. Tüm AA'ler arasında aspartik ve glutamik asitin, bildirilen balık protein hidrolizatlarının en bol AA olduğu bulunmuştur. Balık proteini hidrolizatların AA bileşiminde hammadde, enzim ve hidroliz koşullarına bağlı olarak farklılıklar sergilediği bildirilmiştir (Benjakul ve Morrissey, 1997; Wasswa vd., 2007; Bhaskar vd., 2008; Klompong vd., 2009a).

Yoon vd. (2015), *Oncorhynchus keta* ve *Oncorhynchus gorboscha* karaciğerini enzimatik yöntemle hidroliz ederek hidrolizatın optimum koşullarını, besinsel değerlerini ve işlevselliğini araştırmışlardır. Proteinlerin besleyici değerini değerlendirmek için esansiyel aminoasit kompozisyonları ve kimyasal skorlar FAO/WHO referans proteine göre verilmiştir. Alkalaz enzimi ile hazırlanan somon karaciğer hidrolizatlarının amino asit profilleri genel olarak *O. keta* ve *O. gorboscha* arasında benzer bulunmuştur. Treonin ve metiyonin konsantrasyonları dışında, türler arasında önemli bir fark bulunmamıştır. En bol esansiyel olmayan aminoasitler olarak glutamik asit (sırasıyla %14.6 ve %17.8), glisin (sırasıyla %9.2 ve %9.9) ve aspartik asit bulunmuştur (sırasıyla %8.6 ve %9.9). Lizin (sırasıyla %8.2 ve %8.9), fenilalanin (sırasıyla %8.1 ve %8.6) ve lösin (sırasıyla %7.8 ve %9.1) gibi bazı esansiyel aminoasitler hidrolizatlarda bulunmuştur. Hidrolizatlar arasındaki amino asit kompozisyonundaki farklılıklar, proteazların özgülüğündeki farklılıklarına bağlanabilir.

Hoskin ve Ramamoorthy (2008), tarafından hidrofobik aminoasitlerin (arginin, tirozin, izölösün, metiyonin, fenilalanin ve valin) yüksek oranı, antioksidan aktiviteleri (Chen vd., 1996) ve sitotoksik ve antikanser etkilerini geliştirdiği bildirilmiştir. *O. keta* ve *O. gorboscha*'dan hazırlanan hidrolizatlarda hidrofobik amino asit oranları sırasıyla %38.4 ve %39.1 olarak saptanmıştır. Dolayısıyla, bu hidrolizatların arzu edilen biyolojik aktivitelere sahip işlevsel gıdaların üretimi için gerekli olan amino asitler bakımından iyi bir kaynak olduğu düşünülmektedir.

Koç (2016), hamsi eti ve atığından elde edilen hidrolizatların amino asit analizi sonuçlarını kuru madde bazında hesaplamış; ve buna göre elde edilen toplam amino asitler ve serbest amino asitler hidrolizatların toplam amino asit bileşimi, et ve atık materyalin amino asit içeriğine paralel olarak şekillenmiştir. Ancak hidrolizat eldesi sırasında protein içermeyen yapılar ayrıldığından amino asit miktarlarında bir artış olmuştur. Ayrılan kısımların nispeten az olduğu et hidrolizatlarında hammaddeye göre ortalama toplam amino asit miktarında artış yaklaşık %8 olarak kaydedilirken, bu oran atık hidrolizatlarında %36 gibi dikkat çekici bir

seviyede gerçekleşmiştir ve en yüksek miktarda bulunan amino asitin tüm balık ve enzim gruplarında aspartik asit ve glutamik asit olduğu görülmektedir. Benzer sonuçlar diğer balık atıklarından elde edilen hidrolizatlarda da saptanmıştır (Benjakul ve Morissey, 1997; Bhaskar *vd.*, 2008; Wisuthiphaet *vd.*, 2016). Bir gıdanın protein kalitesini ve organizmaların ihtiyaçlarını karşılama kapasitesini o gıdanın sahip olduğu esansiyel amino asitler belirler. Bir maddenin besleyici değerini belirlemek için test ve standart protein kaynakları arasındaki amino asit seviyeleri karşılaştırarak değerlendirilen kimyasal skor, birçok araştırmacı tarafından kabul edilen bir yöntemdir (Sgarbieri, 1987; Bhaskar ve Mahendrakar, 2008; Seligson ve Mackey, 1984; Ovissipour *vd.*, 2009). Yapılan araştırmalar balık protein hidrolizatlarının amino asit içeriklerinin, balıkların türüne ve enzim çeşidine göre değişiklik sergilediğini göstermiştir (Bhaskar *vd.*, 2008; Ovissipour *vd.*, 2009; Wasswa *vd.*, 2007). Shahidi *vd.* (1995), protein hidrolizatlarının bileşiminin, kullanılan enzim türüne göre değiştiğini belirtmişlerdir. Bunun yanında, balık protein hidrolizatlarının amino asit kompozisyonundaki varyasyonun esas olarak hammadde, enzim kaynağı ve hidroliz gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak farklılık gösterdiği belirtilmektedir (Benjakul ve Morissey, 1997; Klompong *vd.*, 2009b; Klompong *vd.*, 2009a). Amino asitlerin ve küçük peptitlerin kompozisyon, büyüklük ve seviyelerinin hidrolizatın fonksiyonel özelliklerini etkilediği belirtilmektedir (Wu *vd.*, 2003). Aromatik amino asitler (tirozin, histidin, triptofan, ve fenilalanin), hidrofobik amino asitler (valin, lösin ve alanin) (Rajapakse *vd.*, 2005) ve ayrıca metiyoninin antioksidatif faaliyetlerde hayati rol oynadığı bildirilmiştir. Balık protein hidrolizatlarından örneğin hoki (Mendis *vd.*, 2004), morina (Guerard ve Sumaya-Martinez, 2003) ve uskumru (Wu *vd.*, 2003)' nun, yaygın olarak kullanılan sentetik antioksidanlar olan α -tokoferol ve bütillenmiş hidroksianisol' den daha yüksek anti-oksidatif aktivite sergilediği bulunmuştur. Bunun hidrolizatların serbest radikallerin eşlenmemiş elektronları ile pozitif yüklü proton veya hidrojenin vericileri olan Tirozin, Triptofan, Metiyonin, Lizin, Sistin'i yüksek içeriğinden

kaynaklandığı öne sürülmektedir. (Sarmadi ve İsmail, 2010).

1.5. Hidrolizatlarının İz Element İçerikleri

Sathivel *vd.* (2005), alkalaz, flavourenzim, proteks, palataz 2000 L, GC 106, ve nötraz enzimleri ile hidrolize olan kırmızı somon kafası hidrolizatlarının iz element içeriklerinde farklılıklar bulmuşlardır. Ayrıca bu hidrolizatların K, P, Ca ve Mg kadar Zn ve Fe gibi mikronutrientler bakımından zengin olduğunu ve Pb, Sr ve Cd ise ağır metal içeriklerinin de düşük olduğunu belirtmişlerdir. Sathivel *vd.* (2003) ringa balıklarının farklı vücut parçalarından elde edilen hidrolizatlarda (vücut, gonad, baş ve tüm vücut hidrolizatları) iz element içeriklerini araştırmış ve sonuçta ringa balıklarının gonadlarından elde edilen hidrolizatlarda Cu, Fe ve Zn bakımından en yüksek içeriğe sahip olduğunu bulmuşlardır.

2. SONUÇ

Protein moleküllerinin enzim miktarından daha ziyade sıcaklık ve sürenin hidrolizasyon işlemine etki etmesinin nedeni, hidrolizin zamanla artan hidroliz derecesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Balık proteini hidrolizatların AA bileşiminde hammadde, enzim ve hidroliz koşullarına bağlı olarak farklılıklar sergilemektedir. Hidrolizatlarda önemli düzeyde hidrofobik amino asit oranı arzu edilen biyolojik aktivitelere sahip işlevsel gıdaların üretimi için gerekli olan amino asitler bakımından iyi bir kaynak olduğu düşünülmektedir. Birçok araştırmacı balık protein hidrolizatlarının amino asit içeriklerinin, balıkların türüne ve enzim çeşidine göre değişiklik sergilediğini bildirmişlerdir. Elde edilen protein hidrolizatlarının, balık protein hidrolizatlarının üretiminde ortaya çıkan yan ürünlerin (1. ve 4. fazda bulunan bileşenler) değerlendirilmesine yönelik çalışmaların yapılması gerekmektedir. Hidrolizatların fonksiyonel özelliklerinin ve farklı alanlarda kullanımlarının incelenmesi önerilmektedir.

AÇIKLAMA BİLDİRİMİ

Yazarlar bu makalede çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

ORCID IDs

Koray KORKMAZ:

 <https://orcid.org/0000-0003-2940-6592>

Bahar TOKUR:

 <https://orcid.org/0000-0002-7087-5801>

3. KAYNAKLAR

- Abbey, L., Glover-Amengor, M., Atikpo, M.O., Atter, A., Toppe, J., (2017). Nutrient content of fish powder from low value fish and fish byproducts. *Food Science and Nutrition* 5(3): 374-379. doi:10.1002/fsn3.402
- Ahn, C.B., Jeon, Y.J., Kim, Y.T., Je, J.Y., (2012). Angiotensin I converting enzyme (ACE) inhibitory peptides from salmon byproduct protein hydrolysate by Alcalase hydrolysis. *Process Biochemistry* 47(12): 2240-2245. doi:10.1016/j.procbio.2012.08.019.
- Aspmo, S.I., Horn, S.J., Eijnsink, V.G.H., (2005). Growth of *Lactobacillus plantarum* in media containing hydrolysates of fish viscera. *Journal of Applied Microbiology* 99: 1082–1089.
- Bakar, J., Shamloo, M., Mat Hashim, D., Khatib, A., (2012). Biochemical properties of red Tilapia (*Oreochromis niloticus*) protein hydrolysates. *International Food Research Journal* 19(1): 183-188.
- Benjakul, S., Morrissey, M.T., (1997). Protein hydrolysates from Pacific whiting solidwastes. *Journal of Agricultural ve Food Chemistry* 45(9): 3423–3430.
- Bhaskar, N., Mahendrakar, N.S., (2008). Protein hydrolysate from visceral waste proteins of Catla (*Catla catla*): Optimization of hydrolysis conditions for a commercial neutral protease. *Bioresource Technology* 99: 4105–4111.
- Bhaskar, N., Benila T., Rahda, C., Lalitha R.G., (2008). Optimization of Enzymatic Hydrolysis of Visceral Waste Proteins of Catla (*Catla catla*) For Preparing Protein Hydrolysate Using a Commercial Protease. *Bioresource Technology* 99: 335-343.
- Chalamaiah, M., Narsing Rao, G., Rao, D.G., Jyothirmayi, T., (2010). Protein hydrolysates from meriga (*Cirrhinus mrigala*) egg and evaluation of their functional properties. *Food Chemistry* 120: 652-657.
- Chalamaiah, M., Dinesh K.B., Hemalatha, R., Jyothirmayi, T., (2012). Fish Protein Hydrolysates: Proximate Composition, Amino Acid Composition, Antioxidant Activities ve Applications: A Review. *Food Chemistry* 135: 3020-3038.
- Chen, H.M., Muramoto, K., Yamauchi, F., Nokihara, K., (1996). Antioxidant activity of designed peptides based on the antioxidative peptide isolated from digests of a soybean protein. *Journal of agricultural and food chemistry* 44(9): 2619-2623.
- Choe, U., Mustafa, A.M., Lin, H., Choe, U., Sheng, K., (2020). Anaerobic co-digestion of fish processing waste with a liquid fraction of hydrothermal carbonization of bamboo residue. *Bioresource Technology* 297: 122542.
- Contreras, M.R., Carrón, M.J., Ramos, M.M., Recio, I., (2009). Novel case inderived peptides with antihypertensive activity. *International Dairy Journal* 19(10): 566-573. doi: 10.1016/j.idairyj.2009.05.004.
- Detkamhaeng, N., Warawattanamateekul, W., Hinsui, J., (2016). Production of Protein Hydrolysate from Yellowfin (*Thunnus albacares*) Skipjack Tuna (*Katsuwonous pelamis*) Viscera. *Kasetsart Universty Fisheries Research Bulletin* 40(2): 52.
- Di Pierro, G., O’Keeffe, M.B., Poyarkov, A., Lomolino, G., Richard, J., Gerald, F., (2014). Antioxidant activity of bovine casein hydrolysates produced by *Ficus carica* L.-derived proteinase. *Food Chemistry* 156: 305-311. doi:10.1016/j.foodchem.2014.01.080.
- Dumay, J. (2006). Extraction de lipides en voie aqueuse par bioréacteur enzymatique combiné à l’ultrafiltration: application à la valorisation de co-produits de poisson (*Sardina pilchardus*). Ph.D. Thesis, Université de Nantes.
- Esteban, M.B., Garcia, A.J., Ramos, P., Marquez, M.C., (2007). Evaluation of fruit– vegetable and fish wastes as alternative feedstuffs in pig diets. *Waste Management* 27: 193–200.
- FAO, (2014). The state of world fisheries and aquaculture opportunities and challenges. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 223 s.
- FAO, (2017). Committee on fisheries, sub-committee on fish trade, Sixteenth Session Busan, Republic of Korea, 4-8 September, 2017, Reduction of Fish Food Loss and Waste.
- FAO, (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture Sustainability in action, <http://www.fao.org/3/ca9229en/CA9229EN.pdf> (accessed 03.07.2020), Rome.

- Gbogouri, G.A., Linder, M., Fanni, J., Parmentier, M., (2004).** Influence of hydrolysis degree on the functional properties of salmon byproduct hydrolysates. *Journal of Food Science* 69: 615–622.
- Ghaedian, R., Coupland, J.N., Decker, E.A., McClements, D.J., (1998).** Ultrasonic determination of fish composition. *Journal of Food Engineering* 35(3): 323-337.
- Giménez, B., Gómez-Estaca, J., Alemán, A., Gómez-Guillén, M.C., Montero, P., (2009).** Physico-chemical and film forming properties of giant squid (*Dosidicus gigas*) gelatin. *Food Hydrocolloids* 23: 585-592.
- Guerard, F., Sumaya-Martinez, M.T., (2003).** Antioxidant effects of protein hydrolysates in their reaction with glucose. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 80(5): 467–470.
- Hoskin, D.W., Ramamoorthy, A., (2008).** Studies on anticancer activities of antimicrobial peptides. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Biomembranes* 1778(2): 357-375.
- Hou, H., Li, B., Zhao, X., Zhang, Z., Li, P., (2011).** Optimization of enzymatic hydrolysis of Alaska pollock frame for preparing protein hydrolysates with low-bitterness. *LWT-Food Science and Technology* 44(2): 421-428.
- Hoyle, N.T., Merritt, J.H., (1994).** Quality of fish protein hydrolysates from herring (*Clupea harengus*). *Journal of Food Science* 59(1): 76-79.
- Hsu, K., (2010).** Purification of antioxidative peptides prepared from enzymatic hydrolysates of tuna dark muscle by-product. *Food Chemistry* 122: 42-48
- Khiari, Z., Rico, D., Martín-Diana, A.B., Barry-Ryan, C., (2015).** Valorization of fish by-products: rheological, textural and microstructural properties of mackerel skin gelatins. *Journal of Material Cycles and Waste Management* 19(1): 180-191. doi: 10.1007/s10163-015-0399-2.
- Kim, S.K., Mendis, E., (2006).** Bioactive Compounds from Marine Processing Byproducts-A Review. *Food Research International* 39: 383-393.
- Klompong, V., Benjakul, S., Yachai, M., Visessanguan, W., Shahidi, F., Hayes, K., (2009a).** Amino acid composition and antioxidative peptides from protein hydrolysates of yellow stripe trevally (*Selaroides leptolepis*). *Journal of Food Science* 74: 126-133. doi: 10.1111/j.1750-3841.2009.01047.x.
- Klompong, V., Benjakul, S., Kantachote, D., Shahidi, F. (2009b).** Characteristics ve use of Yellow Stripe Trevally hydrolysate as culture media. *Journal of Food Science* 74: 219–225.
- Koç, S. (2016).** Hamsi (*Engraulis encrasicolus*) ve İşleme Atıklarından Elde Edilen Protein Hidrolizatlarının Besleyici, Fonksiyonel Ve Biyoaktif Özelliklerinin Araştırılması, Doktora Tezi, Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Korkmaz, K., (2018).** Ticari Enzimler Kullanılarak Farklı Balık Türü Atıklarından Hidrolizat Üretimi ve Kalitesinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.
- Korkmaz, K., Tokur, B., (2019).** Proximate Composition of Three Different Fish (Trout, Anchovy and Whiting) Waste During Catching Season. *Turkish Journal of Maritime and Marine Sciences* 5(2): 133-140.
- Kristinsson, H.G., Rasco, B.A., (2000).** Biochemical ve Functional Properties of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Muscle Proteins Hydrolyzed with Various Alkaline Proteases. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48: 657-666.
- Lalasis, G., Bostrom, S., Sjoberg, L.B., (1978).** Low molecular weight enzymatic fish protein hydrolysates: Chemical composition and nutritive value. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 26(3): 751-756.
- Liaset, B., Lied, E., Espe, M., (2000).** Enzymatic hydrolysis of by-products from the fish-filleting industry: Chemical characterisation ve nutritional evaluation. *Journal of the Science of Food ve Agriculture* 80: 581–589.
- Liceaga-Gesualdo, A.M., Li-Chan, E.C.Y., (1999).** Functional properties of fish protein hydrolysate from Herring (*Clupea harengus*). *Journal of Food Science* 64: 1000–1004.
- Lourenço da Costa, E., Antonio da Rocha Gontijo, J., Netto, F.M., (2007).** Effect of heat and enzymatic treatment on the antihypertensive activity of whey protein hydrolysates. *International Dairy Journal* 17(6): 632-640. doi:10.1016/j.idairyj.2006.09.003.
- Mendis, E., Rajapakse, N., Kim, S., (2004).** Antioxidant properties of a radical scavenging peptide purified from enzymatically prepared fish skin gelatine hydrolysate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53(3): 581–587.
- Murray, J., Burt, J.R. (2001).** The Composition of Fish. Ministry of Technology, Torry Research Station, *Torry Advisory Note No. 38*.
- Nguyen, H.T.M., Sylla, K.S.B., Randriamahatody, Z., Donnay-Moreno, C., Moreau, J., Tran, L.T., Bergé, J.P., (2011).** Enzymatic hydrolysis of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) by-products using Protamex protease. *Food Technology and Biotechnology* 49(1): 48-55.

- Nilsang, S., Lertsiri, S., Suphantharika, M., Assavanig, A., (2005). Optimization of enzymatic hydrolysis of fish soluble concentrate by commercial proteases. *Journal of Food Engineering* 70: 571–578.
- Ovissipour, M., Abedian, A.M., Motamedzadegan, A., Rasco, B., Safari, R., Shahiri, H., (2009). The effect of enzymatic hydrolysis time and temperature on the properties of protein hydrolysates from the Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) viscera. *Food Chemistry* 115: 238–242.
- Ovissipour, M., Safari, R., Motamedzadegan, A., Regenstein, J.M., Gildberg, A., Rasco, B., (2012). Use of hydrolysates from Yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) heads as a complex nitrogen source for lactic acid bacteria. *Food and Bioprocess Technology* 5: 73–79.
- Rajapakse, N., Mendis, E., Jung, W.K., Je, J.Y., Kim, S.K., (2005). Purification of a radicals scavenging peptide from fermented mussels auceveits antioxidant properties. *Food Research International* 38: 175–182.
- Roslan, J., Mustapa Kamal, S.M., Yunos, K.F., Abdullah, N., (2015). Optimization of enzymatic hydrolysis of tilapia (*Oreochromis niloticus*) by-product using response surface methodology. *International Food Research Journal* 22(3): 1117–1123.
- Sarmadi, B.H., Ismail, A., (2010). Antioxidative peptides from food proteins: a review. *Peptides* 31(10): 1949–1956.
- Sathivel, S., Bechtel, P.J., Babbitt, J., Smiley, S., Crapo, C., Reppond, K.D., Prinyawiwatkul, W., (2003). Biochemical and functional properties of herring (*Clupea harengus*) byproduct hydrolysates. *Journal of Food Science* 68(7): 2196–2200.
- Sathivel, S., Bechtel, P.J., Babbitt, J., Prinyawiwatkul, W., Negulescu, I.I., Reppond, K.D., (2004). Properties of protein powders from Arrowtooth flounder (*Atheresthes stomias*) and herring (*Clupea harengus*) by-products. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 52: 5040–5046. doi: 10.1021/jf0351422.
- Sathivel, S., Smiley, S., Prinyawiwatkul, W., Bechtel, P.J., (2005). Functional and nutritional properties of red salmon (*oncorhynchus nerka*) enzymatic hydrolysates. *Journal of Food Science* 70(6): 401–406.
- Sathivel, S., Huang, S., BechteL, P.J., (2008). Properties of pollock (*Theragra chalcogramma*) skin hydrolysates and effects on lipid oxidation of skinless pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) fillets during 4 months of frozen storage. *Journal of Food Biochemistry* 32: 247–263.
- Seligson, F.H., Mackey, L.N., (1984). Variable predictions of protein quality by chemical score due to amino acid analysis and reference pattern. *The Journal of Food Nutrition* 114: 682–691.
- Sgarbieri, V.C., (1987). Alimentação e nutrição: fator de saúde e desenvolvimento. In: “Alimentação e nutrição: fator de saúde e desenvolvimento”, pp. 387–387.
- Shahidi, F., Han, X.Q., Synowiecki, J., (1995). Production ve Characteristics of Protein Hydrolysates from Capelin (*Mallotus villosus*). *Food Chemistry* 53: 285–293.
- Šližytė, R., Mozuraitytė, R., Martínez-Alvarez, O., Falch, E., Fouchereau-Peron, M., Rustad, T., (2009). Functional, bioactive and antioxidative properties of hydrolysates obtained from cod (*Gadus morhua*) backbones. *Process Biochemistry* 44(6): 668–677.
- Souissi, N., Bougatef, A., Triki-Ellouz, Y., Nasri, M., (2007). Biochemical and functional properties of sardinella (*Sardinella aurita*) by-product hydrolysates. *Food technology and biotechnology* 45(2): 187–194.
- Suvanich, V., Ghaedian, R., Chanamai, R., Decker, E.A.E.A., McClements, D.J., (2006). Prediction of proximate fish composition from ultrasonic properties: catfish, cod, flounder, mackerel and salmon. *Journal of Food Science* 63: 966–968.
- Wasswa, J., Tang, J., Gub, X., Yuan, X., (2007). Influence of the Extent of Enzymatic Hydrolysis on the Functional Properties of Protein Hydrolysate from Grass Carp (*Ctenopharyngodon idella*) Skin. *Food Chemistry* 104: 1698–1704.
- Wisuthiphaet, N., Klinchan, S., Kongruang, S., (2016). Fish protein hydrolysate production by acid and enzymatic hydrolysis. *Applied Science and Engineering Progress* 9(4).
- Wu, H., Chen, H., Shiau, C., (2003). Free amino acids ve peptides as related to antioxidant properties in protein hydrolysates of Mackerel (*Scomber austriasicus*). *Food Research International* 36: 949–957.
- Yin, H., Pu, J., Wan, Y., Xiang, B., Bechtel, P.J., Sathivel, S., (2010). Rheological and functional properties of catfish skin protein hydrolysates. *Journal of Food Science* 75: 11–17.
- Yoon, S., Watanabe, E., Ueno, H., Kishi, M.J., (2015). Potential habitat for chum salmon (*Oncorhynchus keta*) in the Western Arctic based on a bioenergetics model coupled with a three-dimensional lower trophic ecosystem model. *Progress in Oceanography* 131: 146–158.