

Araştırma Makalesi

Karadeniz’de Avlanan Hamsi Balığı, *Engraulis encrasicolus*, Etinin Amino Asit İçeriğinin LC-MS/MS Kullanılarak Tespiti

Özlem BİLGİN^{1*}, Uğur ÇARLI¹, Selahattin ERDOĞAN¹, Murat Emrah MAVIŞ², Gökçe GOKSU GURSU², Muhittin YILMAZ³

¹Sinop Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi (SÜBİTAM), 57000, Sinop, Türkiye

²Barbaros Mahallesi Temmuz Sokak, No:6, 34746, Ataşehir, 34000, İstanbul, Türkiye

³Sinop Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Biyomühendislik Bölümü, 57000, Sinop, Türkiye

*Sorumlu yazar: ozlmbilgin28@gmail.com

Geliş Tarihi: 25.04.2018

Düzeltilme Geliş Tarihi: 03.09.2018

Kabul Tarihi: 17.09.2018

Özet

Bu çalışmada, Karadeniz’de Sinop kıyılarından avlanan hamsi balığı etinin esansiyel amino asit (EAA) ve esansiyel olmayan amino asit (NEAA) profili, LC-MS/MS cihazıyla ve bu cihaza uygun olarak modifiye edilmiş yöntem ile ilk kez analiz edilmiştir. Sonuçlar daha önce diğer balıklar üzerine yapılmış çalışmalarla kıyaslanarak, hamsi balığı etinin amino asit içeriği ve diğer balıklardan farkı tartışılmıştır. Hamsi etinde toplam 19 adet amino asit tespit edilmiş olup arginine, cystine, histidine, isoleucine, leucine, lysine, methionine, phenylalanine, serine, threonine, tyrosine ve valine esansiyel amino asitleri oluşturmuştur. Bu esansiyel amino asitler toplam amino asit (TAA) miktarının %57.6’sını oluşturmuştur. Hamsi etinde en yüksek oranda tespit edilen EAA miktarı sırasıyla lysin (2.74 ± 0.180 mg/100 g), leucine (2.13 ± 0.230 mg/100 g), arginine (1.54 ± 0.025 mg/100 g) ve valine (1.20 ± 0.080 mg/100 g) şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Hamsi etinde en yüksek oranda tespit edilen NEAA miktarının ise sırasıyla, glutamic asit (3.68 ± 0.135 mg/100 g), aspartik asit (2.84 ± 0.270 mg/100 g), alanine (1.52 ± 0.005 mg/100 g) ve glycine (1.22 ± 0.095 mg/100 g) şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar önceki çalışmalardan elde edilen sonuçlarla kıyaslandığı zaman, hamsi etinin EAA ve NEAA bakımından zengin olduğu, elde edilen farklı AA profili sonuçlarının ise balık türü, mevsim ve uygulanan AA belirleme yöntemine göre farklılıklar gösterebileceği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Amino asit, hamsi, *Engraulis encrasicolus*, LC-MS/MS.

Determination of Amino Acid Contents of Anchovy, *Engraulis encrasicolus*, Using LC-MS/MS

Abstract

In this study, the profile of the essential amino acid (EAA) and non-essential amino acid (NEAA) of anchovy fished from the Sinop coast in the Black Sea was first analyzed using LC-MS / MS devices by modified the method according to this device. The results compared with previous studies on other fish, the amino acid content of anchovy meat and the difference from other fish are discussed. A total of 19 amino acids have been identified in anchovy meat, and arginine, cystine, histidine, isoleucine, leucine, lysine, methionine, phenylalanine, serine, threonine, tyrosine and valine are essential amino acids. These essential amino acids accounted for 57.6% of the total amount of amino acid (TAA). The highest amount of EAA determined in anchovy meat was lysine (2.74 ± 0.180 mg / 100 g), leucine (2.13 ± 0.230 mg / 100 g), and arginine (1.54 ± 0.025 mg / (1.20 ± 0.080 mg / 100 g)). The highest amount of NEAA determined in the anchovy meat was glutamic acid (3.68 ± 0.135 mg / 100 g), aspartic acid (2.84 ± 0.270 mg / 100 g), alanine (1.52 ± 0.005 mg / g) and glycine (1.22 ± 0.095 mg / 100 g). When the results obtained in this study were compared with those obtained from previous studies, it was observed that anchovy meat was rich in EAA and NEAA, and that different AA profile results could be different according to fish species, season and applied AA determination method.

Key words: Amino acid, anchovy, *Engraulis encrasicolus*, LC-MS/MS.

Giriş

Proteinler bütün canlı organizmaların en önemli maddeleri olup, canlıların büyümeleri, üremeleri, kalıtım özelliklerinin bir nesilden diğer bir nesle taşınması protein ihtiva eden maddelerin aracılığı ile olmaktadır. Bunun yanında, vücut proteini yeterli alamazsa, yıkılan hücreler yenilenemez, yapım onarım işleri yapılamaz ve dolayısıyla büyüme gerçekleşmez (Anonim, 2016). Vücudun karbonhidrat ve yağlardan protein sentezlemesi veya üretmesi mümkün olmadığından dışarıdan protein alması zorunludur. İnsanlar proteini bitkisel ve hayvansal kaynaklı gıdalarla beslenerek alırlar. Hem hayvansal hem de bitkisel gıdalar protein içeren besinler olsa da protein kalitesi hayvansal gıdalarda daha yüksektir. Sağlıklı beslenme için bu besinlerin yeterli miktarda tüketilmesi gerekmektedir (Fidanbaş ve ark., 2015; Anonim, 2016). Hem hayvansal hem de bitkisel besinler farklı miktarlarda protein içerir ve her proteindeki esansiyel aminoasit oranı (EAA) ve esansiyel olmayan amino asit oranı (NEAA) da farklıdır (Fidanbaş ve ark., 2015; Anonim, 2016).

Sığır, koyun, kuzu, kümes hayvanları ve balık gibi hayvanlardan elde edilen et ve et ürünleri protein açısından en değerli besinlerdir. Bunların içerisinde ise balık etinin özel bir yeri mevcuttur. Balık etini, diğer etler gibi proteinden zengin besinler olup %18-20 oranında protein içerirler (Erkan ve ark., 2010ab). Balık etini esansiyel aminoasitler bakımından zengin olduğu için biyolojik kalitesi yüksek besinler arasında yer alır. Ancak balık etinde bulunan aminoasitlerin miktarı tür ve yaşadığı bölgelere göre değişebileceği gibi, beslenme, mevsim, cinsiyet, cinsi olgunluk safhaları ve aminoasit miktarının belirlenmesinde kullanılan metod'un da etkili olabileceği rapor edilmiştir (Erkan ve ark., 2010ab; Özden ve Erkan, 2011; Doğan ve Ertan, 2017).

Ülkemiz denizleri balık biyo-çeşitliliği açısından zengin olup en çok avlanan balık türü ise hamsi balığıdır. Hamsi balığı gırgır ağları ve ortasu trolu ile avlanmakta olup, son on yıldaki (2007 – 2016 yılları arasında) hamsi balığı av miktarının ülkemiz toplam su ürünleri üretimine oranı %38.9 ile %74.3 arasında olup ortalama: %55.1±3.2 olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2017). Yani ülkemiz su ürünleri üretiminin ortalama %55'lik bir bölümü hamsi balığı avcılığından karşılanmaktadır. Son on yılda ülkemizde hamsi balığı av miktarı ise 96440 ton ile 385000 ton (ortalama: 203501±25909 ton) arasında değişim göstermiştir (TÜİK, 2017).

Ülkemizde en çok avlanan ve en önemli ekonomik değere sahip balıklardan biri olan hamsi balığı üzerine yapılmış çalışmalar, genelde popülasyon dinamiği çalışmaları ve hamsi

balıkçılığının ekosistem ile etkileşimi (Bilgin, 2006; Bat ve ark., 2007; Bilgin ve ark., 2016), farklı yöntemlerle işlenmesi ve etinin kimyasal kompozisyonunu (Köse ve ark., 2001; İnat ve ark., 2013; Çağlak ve ark., 2016; Koral, 2016) gibi konuları içeren çalışmalardır. Ülkemiz denizlerinde yaşayan balıkların amino asit profili üzerine yapılmış çalışmalar da mevcut olup (Erkan ve ark., 2010ab; Özden ve Erkan, 2011; Doğan ve Ertan, 2017), söz konusu çalışmalarda amino asit içeriği HPLC (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi) cihazında belirlenmiştir. Önceki çalışmalarda hamsi balığının AA kompozisyonu üzerine yapılmış bir çalışma mevcut olup (Erkan ve ark., 2010a), söz konusu çalışmada HPLC cihazıyla analiz neticesinde: çiğ hamsi balığı eti ile ızgara, kızartma ve buğulama yöntemleriyle pişirilen hamsi balığı etinde AA profili rapor edilmiştir (Erkan ve ark., 2010a). Balıklarda AA miktarı bölge, tür, mevsim, analiz yöntemi cinsi olgunluk gibi birçok faktöre bağlı olarak değişmesine rağmen, Erkan ve ark. (2010a) tarafından yürütülen çalışma dışında hamsi balığının amino asit kompozisyonu üzerine yürütülmüş detaylı bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Bu çalışmada, Karadeniz'de Sinop kıyılarından avlanan hamsi balığı etinin esansiyel amino asit (EAA) ve esansiyel olmayan amino asit (NEAA) profili, HPLC cihazıyla analiz neticesinde rapor edilen çalışma (Erkan ve ark., 2010a) sonuçlarından sonra, LC-MS/MS cihazıyla ve bu cihaza uygun olarak modifiye edilmiş yöntem ile ilk kez analiz edilmiş ve sonuçlar daha önce diğer balıklar üzerine yapılmış çalışmalarla kıyaslanarak, hamsi balığı etinin amino asit içeriği değerleri ve diğer balıklardan farkı tartışılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Ocak 2018 tarihinde Sinop civarında hamsi gırgır ile avlanan yaklaşık 3 kg hamsi balığı yakalandıktan sonra gırgır balıkçılarından alınarak Sinop Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezinde (SÜBİTAM) laboratuvarına buz içerisinde getirilerek toplam boy ve ağırlık tarımları yapılmıştır. Boy ve ağırlık ölçümleri yapılan balıkların kılıçları ayrılarak elde edilen balık etini -20°C sıcaklıkta bir hafta sonra amino asit analizi yapılmak üzere muhafaza edilmiştir.

Çalışmada balık etini örneklerinin amino asit analizi Sinop Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezinde, Sıvı Kromatografisi-Kütle/Kütle Spektrometresi (LC-MS/MS) cihazı kullanılarak iki tekerrürlü olarak yapılmıştır. LC-MS/MS cihazı, sıvı kromatografisinin (LC) çözünürlük gücü ile üçlü kuadropol kütle spektrometresinin hassas ölçüm kombinasyonunu

içerir. Sıvı kromatografisi, karışımdaki bileşenleri ayırırken kütle spektroskopisi, her bir bileşenin yapısal olarak tanımlanmasında yardımcı olur.

Okumaya hazır hale getirilmiş örnekler jасem amino asit kitleri kullanılarak LC-MS / MS cihazında okunmuştur. Hamsi balığı etinin bu cihazda okumaya hazır hale getirmek için aşağıdaki işlemler uygulanmıştır.

Numunelerin amino asit profillerinin tespitine yönelik amino asit konsantrasyon ölçümleri LC-MS/MS sistemiyle gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda, beş farklı konsantrasyondaki standartları içeren kalibratör seti, kararlı izotop etiketli iç standart karışımı, mobil fazlar, reaktifler, kromatografik ayırım ve kütle dedeksiyon metod parametreleri ile, asidik hidroliz prosesinin dahil olduğu modifiye numune hazırlığının bulunduğu Jасem LC-MS/MS amino asit analiz kiti uygulanmıştır. Hedef amino asitlerin konsantrasyonu, elektrosprey iyonizasyonu (ESI) temelli çoklu reaksiyon izleme (MRM) modu kullanılarak belirlenmiştir.

İlk aşamada numuneler, hidroliz prosesi çerçevesince şu şekilde asidik hidrolize uğratılmıştır: 0.5 g numune vida kapaklı cam bir tüpe alınmış ve üstüne 4ml reaktif 2 eklenerek 110°C'de 24 saat boyunca hidroliz reaksiyonu gerçekleştirilmiştir. Hidrolizat oda sıcaklığına ulaştığında 4000 rpm'de 5 dakika süresince santrifüjlenmiştir. Daha sonra 100 µl süpernatant bir vialle aktarılarak distile suyla 1ml'ye tamamlanmıştır. Bu seyreltme prosedürü bir

kez daha tekrarlanarak, numunenin 800 kat seyreltilmiş hidrolizatı elde edilmiştir. Hidroliz prosesini takiben kit numune hazırlığı şu şekilde uygulanmıştır: 50 µl seyreltilmiş hidrolizat bir numune vialine transfer edilmiş ve üzerine sırasıyla, 50 µl kararlı izotop etiketli iç standart karışımı ile 700 µl reaktif-1 ilave edilmiştir. Daha sonra karışım 5 saniye boyunca vortekslenmiştir. Tüm numuneler yukarıda belirtilmiş prosedürler doğrultusunda hazırlanarak LC-MS/MS sistemine enjekte edilmiştir. Amino asitlerin miktarlandırılması için gerekli olan kalibrasyon eğrisi, beş nokta kalibrasyon setinin hidroliz prosesi olmaksızın kit numune hazırlığı gereğince hazırlanması ve LC-MS/MS sisteminde okutulmasıyla elde edilmiştir.

Agilent 1260 Infinity HPLC sistemi (Agilent Technologies, Santa Clara, USA) kullanılarak, 30°C'ye ayarlanmış Jасem amino asit analitik kolonuna, hazırlanmış numuneden 3 µl enjekte edilmiştir. Kromatografik ayırım, 0.7 mL/dk akışla gradient programlı mobil faz A ve B ile 7.5 dakikalık analiz süresinde tamamlanmıştır. Kütle spektrometrik dedeksiyon ise pozitif iyonlaşma modunda ESI donanımlı Agilent 6460 tandem kütle spektrometresi (Agilent Technologies) cihazıyla gerçekleştirilmiştir. Kütle dedektörü parametreleri şu şekilde ayarlanmıştır: gaz sıcaklığı 150°C, gaz akışı 10L/dk, nebulizer basıncı 40 psi ve +2000 volt kapiler voltaj. Pozitif ESI modunda MRM kütle geçişleri ile fragmentör voltajları (FV) ve parçalanma enerjileri (CE) Çizelge 1'de gösterilmektedir.

Çizelge 1. Hedef amino asitlerin MRM koşulları.

Amino Asit	Öncül İyon (m/z)	Ürün İyon (m/z)	FV (v)	CE (v)
Taurine	126.1	44.3	110	14
Phenylalanine	166.1	120.1	80	6
Tyrosine	182.1	165	80	1
Methionine	150.1	104.1	80	4
Aspartic acid	134.1	74.1	90	10
Threonine	120.2	74.2	80	4
Serine	106.2	60.2	80	4
Alanine	90.2	44.2	80	4
Glycine	76.2	30.1	80	1
Proline	116.2	70.2	90	12
Cystine	241.1	74.2	100	24
Arginine	175.2	70.2	110	20
Histidine	156.1	110.1	100	8
Ornithine	133.2	70.3	80	14
Lysine	147.1	84.2	80	12
Glutamic acid	148.1	84.2	80	12
Leucine	132.2	43.3	100	24
Isoleucine	132.2	69.2	100	14
Valine	118.2	72.2	80	4

Bulgular ve Tartışma

Bu çalışma ile LC-MS/MS cihazında metot bölümünde anlatılan yöntem hamsi balıkları etine ilk kez uygulanarak balık eti amino asit profili belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan hamsi balıklarının toplam boyları 8.0 – 11.8 cm (ortalama: 10.3±0.04 cm) arasında, ağırlıkları ise 3.2 – 8.4 g (ortalama: 5.9±0.07 g) arasında değişmiştir.

Araştırmada toplam amino asit (TAA) miktarı esansiyel amino asit (EAA) miktarı ve esansiyel olmayan amino asit (NEAA) miktarı Çizelge 2’de ve AA miktarlarının görsel değişimi ise Şekil 1’de sunulmuştur. Hamsi etinde toplam 19 adet amino asit tespit edilmiş olup arginine, cystine, histidine, isoleucine, leucine, lysine, methionine, phenylalanine, serine, threonine, tyrosine ve valine esansiyel amino asitleri oluşturmuştur. Bu esansiyel amino asitler TAA miktarının %57.6’sını oluşturmuştur. Alanine, aspartic asit, glutamic asit, glycine, ornitine, proline ve taurine ise esansiyel olmayan amino asitler olup, toplam amino asit miktarının ise %42.4’ünü oluşturmuşlardır.

Hamsi etinde en yüksek oranda tespit edilen EAA miktarı sırasıyla lysin (2.74±0.180 mg/100 g), leucine (2.13±0.230 mg/100 g), arginine (1.54±0.025 mg/100 g) ve valine (1.20±0.080 mg/100 g) şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Hamsi etinde en yüksek oranda tespit edilen NEAA miktarı sırasıyla, glutamic asit (3.68±0.135 mg/100 g), aspartik asit (2.84±0.270 mg/100 g), alanine (1.52±0.005 mg/100 g) ve glycine (1.22±0.095 mg/100 g) şeklinde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 2, Şekil 1).

Erkan ve ark. (2010a), hamsi balığını da içeren farklı altı deniz balığının çiğ, kızartma, ızgara ve buğulama yöntemleriyle pişirilmesi neticesinde amino asit kompozisyonunu HPLC cihazında analiz etmişler ve çiğ hamsi balığı etinde amino asit değerlerini lysine > leucine > valine > isoleucine > phenylalanine > tyrosine > methionine şeklinde bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise Karadeniz’de Sinop kıyılarından avlanan hamsi balığı etinin esansiyel amino asit (EAA) ve esansiyel olmayan amino asit (NEAA) profili LC-MS/MS cihazıyla ve bu cihaza uygun olarak modifiye edilmiş yöntem ile ilk kez analiz edilmiş ve hamsi balığı etinin AA profili glutamic asit > aspartic asit > lysine > leucine > arginine > alanine > glycine > valine şeklinde bulunmuştur. Ayrıca bu çalışmada hamsi etinde en fazla glutamic asit ve aspartik asit tespit edilmiştir. Erkan ve ark. (2010a) ise çiğ hamsi etinde en fazla lysine ve leucine tespit etmişlerdir. Diğer taraftan, bu çalışmada tespit edilen lysine ve leucine miktarı; glutamic asit ve aspartik asit den sonra 3. ve 4. sırada en fazla tespit edilen AA türleridir. Buradan da görüleceği üzere çiğ hamsi etindeki AA miktarları

bakımından bu çalışmada elde edilen sonuçlar ile Erkan ve ark. (2010a) tarafından yürütülen çalışma da elde edilen sonuçlar arasında AA profili bakımından farklılıklar görülmüştür. Bu farklılığın kullanılan yöntemdeki farklılık, mevsim ve beslenmedeki farklılıklardan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

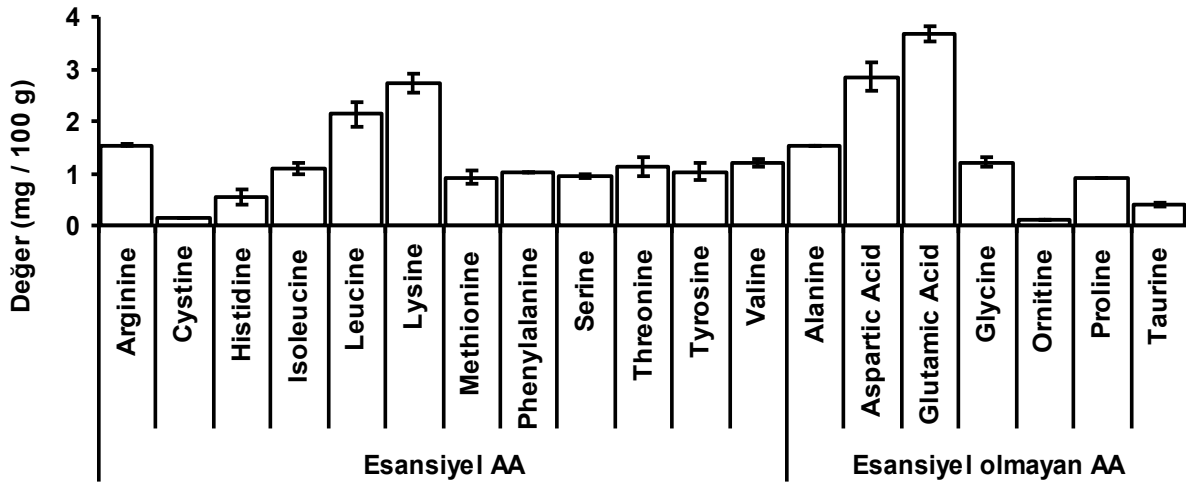
Özden ve Erkan (2011), tarafından balık etinde bulunan AA miktarının balık türüne göre önemli seviyede değişebileceğini bildirmişlerdir. Örneğin *Scorpaena scrofa* balığında en çok bulunan üç AA glutamic asit > lysine > aspartic asit iken bu değerler *S. Porcus* türünde proline > phenylalanine > glutamic asit, *Merluccius merluccius* türünde proline > phenylalanine > glutamic asit, *Lophius piscatorius* türünde proline > glutamic asit > phenylalanine, *Scophthalmus maximus* türünde phenylalanine > glutamic asit > aspartic asit, *Zeus faber* türünde glutamic asit > aspartic asit > lysine, *Trachinus draco* türünde proline > phenylalanine > aspartic asit, *Trigla lucerna* türünde glutamic asit > phenylalanine > aspartic asit ve *Esox lucius* türünde ise proline > glutamic asit > phenylalanine şeklinde bildirilmiştir (Özden ve Erkan, 2011).

Bunun yanında AA miktarının mevsimlere bağlı olarak ta değişim gösterebildiği rapor edilmiştir (Doğan ve Ertan, 2017). Örneğin Akdeniz’de Antalya körfezinde Nil barbunyası balığı (*Upeneus moluccensis*) üzerine yürütülen bir çalışmada (Doğan ve Ertan, 2017) bu balığın etinde en yüksek oranda bulunan AA türlerinin sırasıyla lysine > leucine > aspartic asit > glutamic asit > alanine > glycine şeklinde tespit edilmesine rağmen, AA kompozisyonunun aylara ve mevsimlere göre önemli seviyede değişiklik gösterdiği rapor edilmiştir (Doğan ve Ertan, 2017). Aynı çalışmada Nil barbunyası balığı etinde en düşük seviyedeki AA değerlerinin üreme sezonunda (Nisan ve Eylül aylarında) tespit edildiği bildirilmiştir. Söz konusu çalışmada mevsim, balık yaşı, balık büyüklüğü, balığın yakalandığı bölge, üreme mevsimi ve balığın beslenme durumunun balık etinin AA miktarını önemli seviyede etkileyebileceği belirtilmiştir.

AA miktarının balık türlerinin yanında kabuklu su ürünleri türleri arasında ve yumuşakça türleri arasında da farklılıklar gösterebildiği rapor edilmiştir (Özden ve Erkan, 2011). Şöyle ki, EAA miktarının toplam AA miktarına oranının balık, kabuklu su ürünleri ve yumuşakça türlerinde sırasıyla %42 – 57, %37 - %47 ve %34 – 56 arasında değişim gösterebileceği bildirilmiştir. Bu çalışmada hamsi balığı etinde tespit edilen esansiyel amino asitler toplam AA miktarının %57.6’sını oluşturmuş olup, bu oran farklı balık türleri için rapor edilen üst limit değerine (%57) yakın olarak değerlendirilebilir.

Çizelge 2. Hamsi balığı etinde tespit edilen esansiyel amino asit (EAA) ve esansiyel olmayan amino asit (NEAA) miktarları (mg / 100 g).

	Amino asit	Ortalama±SE
EAA	Arginine	1.54±0.025
	Cystine	0.16±0.005
	Histidine	0.55±0.145
	Isoleucine	1.10±0.115
	Leucine	2.13±0.230
	Lysine	2.74±0.180
	Methionine	0.92±0.125
	Phenylalanine	1.02±0.010
	Serine	0.95±0.040
	Threonine	1.14±0.175
	Tyrosine	1.03±0.170
	Valine	1.20±0.080
Toplam EAA (mg/100 g)		14.45
NEAA	Alanine	1.52±0.005
	Aspartic Acid	2.84±0.270
	Glutamic Acid	3.68±0.135
	Glycine	1.22±0.095
	Ornithine	0.10±0.000
	Proline	0.90±0.000
	Taurine	0.40±0.045
Toplam NEAA (mg/100 g)		10.64
Toplam AA (mg/100 g)		25.09
EAA/AA (%)		57.59

**Şekil 1.** Hamsi balığı etinde tespit edilen esansiyel amino asit (EAA) ve esansiyel olmayan amino asit (NEAA) miktarları. Dikey çubuklar standart hatayı (SE) ifade etmektedir.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar yukarıda bahsedilen çalışma sonuçlarıyla kıyaslandığı zaman, hamsi etinin EAA ve NEAA bakımından zengin olduğu, elde edilen farklı AA profili sonuçlarının ise balık türü, mevsim ve uygulanan AA belirleme yöntemine göre farklılıklar gösterebileceği sonucuna varılmıştır.

Kaynaklar

- Anonim 2016. Gıda teknolojisi, proteinler. T.C. Millî Eğitim Bakanlığı Yayınları, Ankara, 65 s.
- Bat, L., Şahin, F., Satılmış, H.H., Üstün, F., Birinci-Özdemir, Z., Kıdeys, A.E., Shulman, G.E. 2007. Karadeniz'in değişen ekosistemi ve hamsi balıkçılığına etkisi. (in Turkish with English abstract). *Journal of FisheriesSciences.com*, 1(4):191-227.

- Bilgin, S. 2006. Türkiye sularında (Karadeniz) avlanan (1985-2005 av sezonu) hamsi balığının, *Engraulis encrasicolus* (L., 1758), balıkçılık biyolojisi yönünden değerlendirilmesi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(1-2): 213-222.
- Bilgin, S., Sümer, Ç., Bektaş, S., Satılmış, H.H., Bircan, R. 2016. Evaluation of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) population dynamics studies (1985-2015) in terms of fisheries management in the Black Sea. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 33(2): 169-182.
- Çağlak, E., Karıslı, B., Rakıcı, S. 2016. Determination of the some quality criteria and shelf life of different cooking methods applied anchovies (*Engraulis encrasicolus*) stored at refrigerated (+4±1 °C) conditions. *Journal of Anatolian Environmental & Animal Sciences*, 1: 21-27.
- Doğan, G., Ertan, Ö.O. 2017. Determination of amino acid and fatty acid composition of goldband goatfish [*Upeneus moluccensis* (Bleeker, 1855)] fishing from the Gulf of Antalya (Turkey). *International Aquatic Research*, 9: 313-327.
- Erkan, N., Özden, Ö., Selçuk, A. 2010a. Effect of frying, grilling, and steaming on amino acid composition of marine fishes. *Journal of Medicinal Food*, 13: 1524-1531.
- Erkan, N., Selçuk, A., Özden, Ö. 2010b. Amino acid and vitamin composition of raw and cooked Horse Mackerel. *Food Analytical Methods*, 3: 269-275.
- Fidanbaş, Z.U.C., Bilgin, Ş., Ertan, Ö.O. 2015. Fatty acids - amino acid contents of some sea fish and importance in terms of nutrition. *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 11(2): 45-59.
- İnat, G., Pamuk, Ş., Sırıkten, B., Demirel, Y.N. 2013. Determination of microbiological and chemical quality of ready to eat salted anchovy (*Engraulis encrasicolus*). *Veteriner Hekimler Derneği Dergisi*, 84(1): 26-35.
- Koral, S. 2016. The effects of different salting and storage methods on the nutritional quality of Anchovy (*Engraulis encrasicolus*). *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 9(1): 29-36.
- Köse, S., Karaçam, H., Kutlu, S., Boran, M. 2001. Investigating the shelf-life of the anchovy dish called 'hamsi kuşu' in frozen storage at -18±1°C. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 25: 651-656.
- Özden, Ö., Erkan, N. 2011. A preliminary study of amino acid and mineral profiles of important and estimable 21 seafood species. *British Food Journal*, 113: 457-469.
- TÜİK, 2017. Türkiye İstatistik Kurumu, Su Ürünleri İstatistikleri. (<http://www.tuik.gov.tr>).