



**Mersin Körfezi'ndeki Balon Balığı Türlerinin  
Tetrodotoksin (TTX) Düzeylerindeki Eşeye Ve  
Mevsime Bağlı Değişimlerin Belirlenmesi**

**Program Kodu: 1001**

**Proje No: 1150679**

Proje Yürütücüsü:  
**Prof. Dr. Fatih ÖZOĞUL**

Araştırmacı:

Doç. Dr. Deniz AYAS

Bursiyerler:

Ali Rıza KÖŞKER

Yılmaz UÇAR

Nükhet YAVUZER

HAZİRAN 2017  
ADANA

## ÖNSÖZ

Balon balıkları sadece ülkemizde değil tüm Akdeniz ülkelerinde kendilerine yazılı ve görsel medyada sıklıkla yer bulabilen popüler balıklardır. Bu popülerite içerdikleri toksinden kaynaklanmaktadır. Balon balıkları dünyada bilinen en güçlü denizel toksin olan Tetrodotoksin (TTX) içerirler. Doğal bir toksin olan TTX ölümcül balık zehirlenmelerine neden olarak dünyanın farklı ülkelerinde yüzyıllardır var olan bir olguyu Akdeniz'e kıyısı olan ülkelere de taşımıştır:

Doğal toksinlerle kontamine olmuş besinler ile toksisite ilişkisi yüzyıllardır insanoğlu tarafından neden sonuç ve deneme yanılma ilişkileri kurularak belirlenmiştir. Zehirli balıklar, antik zamanlardan bu yana insanoğlu tarafından deneme yanılma yöntemiyle tanınmış, 20. yy'dan itibaren özellikle zehirli balıkların yaygın olduğu okyanus kıyısı ülkelerde bilimsel araştırmalar yoğun olarak gerçekleştirilmiştir. Ancak toksik balık türlerine okyanus kıyısı ülkeler kadar aşina olmayan Akdeniz, son yıllarda artan yabancı tür göçleri ile toksik olduğu bilinen türlerin de göçüne sahne olmaktadır. Akdeniz'e giren ve yerleşen türler, ekosistemin, yerli türlerin ve balıkçılığın üzerine etkileri olduğu gibi, insan sağlığı üzerine olumsuz etki potansiyeli taşıyan türleri de içermektedir. Bu türlerin tüketiminden kaynaklanan zehirlenme vakaları rapor edilmeye başlamıştır. Akdeniz kıyısındaki ülkelerdeki yetkili kuruluşlar ardı ardına balon balıkları ile ilgili yasaklar yürürlüğe koyarak, toplum sağlığı üzerine olası olumsuz etkilerin engellenmesini amaçlamışlardır. Ancak balon balıkları hızlı bir şekilde tüm Akdeniz'e yayılmalarına rağmen Akdeniz'deki balon balıklarının toksisite düzeyleri ile ilgili çalışmalar kısıtlı düzeylerde dir.

TÜBİTAK-TOVAG tarafından desteklenmiş olan bu araştırmada Türkiye kıyılarında en yaygın olan dört balon balığı türünün (*Lagocephalus sceleratus*, *Lagocephalus spadiceus*, *Lagocephalus suezensis* ve *Torquigener flavimaculosus*) Mersin Körfezi'nde yakalanan örneklerindeki TTX düzeylerinin eşeye ve mevsime bağlı değişimleri araştırılmıştır. Bu araştırmada elde edilen bulgular ışığında *L. sceleratus* türünün toksik olduğu, *L. spadiceus* türünün non-toksik olduğu doğrulanmıştır. Literatürde herhangi bir toksisite çalışmasına rastlanmamış olan *L. suezensis* ve *T. flavimaculosus* türlerinin toksisite düzeyleri araştırılarak literatürdeki boşluğun doldurulması amaçlanmıştır.

Araştırmamızda elde edilen bulguların; kıyılarımızda yaygın olarak bulunan balon balığı türlerinin non-toksik olanının işlenerek ihraç edilebilmesine, toksik olan diğer üç türün ise TTX izolasyonu için bir kaynak olarak



değerlendirilebilmesine kadar gidebilecek uzun bir sürecin ilk aşamaları olabileceği düşünülmektedir.

<b>İÇİNDEKİLER</b>	<b>SAYFA</b>
ÖNSÖZ.....	I
İÇİNDEKİLER.....	II
TABLolar DİZİNİ.....	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	V
ÖZET.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	4
2.1. Balon Balıkları.....	4
2.1.1. Balon Balıklarının Akdeniz'deki Durumu.....	5
2.1.2. <i>Lagocephalus sceleratus</i> (Gmelin, 1789).....	7
2.1.3. <i>Lagocephalus spadiceus</i> (Richardson, 1845).....	10
2.1.4. <i>Lagocephalus suezensis</i> (Clark & Gohar, 1953).....	13
2.1.5. <i>Torquigener flavimaculosus</i> (Hardy & Randall, 1983).....	14
2.2. Tetrodotoksin (TTX).....	15
2.2.1. Tetrodotoksinin Kimyasal Özellikleri.....	15
2.2.2. Tetrodotoksin İçeren Canlılar.....	15
2.2.3. Tetrodotoksinin Kökeni.....	16
2.2.4. Tetrodotoksin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri.....	18
2.3. Besinsel Açıdan Balon Balıkları.....	20
2.4. Tıbbi Kullanım Açısından Balon Balıkları.....	20
3. GEREÇ ve YÖNTEM.....	22
3.1. Gereç.....	22
3.1.1. TTX Standartı.....	22
3.1.2. Balon Balıklarının Temini.....	22
3.2. Yöntem.....	23
3.2.1. Balon Balıklarının Gruplandırılması ve Diseksiyonu.....	23
3.2.2. Balon Balığı Dokularında Tetrodotoksin (TTX) Analizi.....	24
3.2.2.1. Tetrodotoksin Standartının Hazırlanması.....	24
3.2.2.2. Tetrodotoksin Ekstraksiyonu.....	24
3.2.2.3. Enstrümental Tetrodotoksin (TTX) Analizi.....	26
3.2.3. İstatistik Analizler.....	26
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	30



4.1. <i>Lagocephalus sceleratus</i> Türünün TTX Düzeyi.....	31
4.2. <i>Lagocephalus spadiceus</i> Türünün TTX Düzeyi.....	37
4.3. <i>Lagocephalus suezensis</i> Türünün TTX Düzeyi.....	39
4.4. <i>Torquigener flavimaculosus</i> Türünün TTX Düzeyi.....	42
5. SONUÇ.....	50
6. PROJE ÇIKTILARI.....	55
7. KAYNAKLAR.....	56

TABLolar DİZİNİ	SAYFA
Tablo 2.1. Akdeniz'de rapor edilmiş balon balığı türleri.....	6
Tablo 2.2. Balon Balıklarında Toksisite Tayini.....	19
Tablo 3.1. Araştırılan Balon Balığı Örneklerinin Boy-Ağırlık Miktarları.....	24
Tablo 3.2. Q-TOF LC/MS cihazının çalışma koşulları.....	29
Tablo 4.1. <i>L. sceleratus</i> türü balon balıklarında TTX Düzeyleri.....	33
Tablo 4.2. <i>L. suezensis</i> türü balon balıklarında TTX Düzeyleri.....	39
Tablo 4.3. <i>T. flavimaculosus</i> türü balon balıklarında TTX Düzeyleri.....	43

(

## ŞEKİLLER DİZİNİ

## SAYFA

Şekil 2.1. <i>L. sceleratus</i> türü balon balığı.....	7
Şekil 2.2. <i>L. spadiceus</i> türü balon balığı.....	11
Şekil 2.3. <i>L. suezensis</i> türü balon balığı.....	13
Şekil 2.4. <i>T. flavimaculosus</i> türü balon balığı.....	14
Şekil 2.5. Denizel türlerde TTX birikim mekanizması.....	18
Şekil 3.1 Balon balıklarının yakalandığı bölge.....	23
Şekil 3.2 Balon balıklarının diseksiyonu.....	25
Şekil 3.3 Balon balıklarından TTX ekstraksiyon mekanizması.....	26
Şekil 3.4. Q-TOF LC/MS Cihazı.....	28
Şekil 3.5. TTX standartının Q-TOF LC/MS analizlerinde elde edilen standart eğrisi.....	29
Şekil 3.6. TTX standartı kromatogramı ve kütle spektrometresi.....	29
Şekil 4.1. <i>L. sceleratus</i> türü balon balıklarında dişi bireylerin TTX düzeyleri.....	31
Şekil 4.2. <i>L. sceleratus</i> türü balon balıklarında erkek bireylerin TTX düzeyleri.....	32
Şekil 4.3. <i>L. sceleratus</i> erkek kas dokusunda TTX kromatogramı ve kütle spektrometresi.....	33
Şekil 4.4. <i>L. sceleratus</i> dişi karaciğerinde TTX kromatogramı ve kütle spektrometresi.....	34
Şekil 4.5. <i>L. sceleratus</i> dişi gonadada TTX kromatogramı ve kütle spektrometresi.....	35
Şekil 4.6. <i>L. sceleratus</i> erkek gonadında TTX kromatogramı ve kütle spektrometresi.....	36
Şekil 4.7. <i>L. suezensis</i> türü balon balıklarında dişi bireylerin TTX düzeyleri.....	40
Şekil 4.8. <i>L. suezensis</i> türü balon balıklarında erkek bireylerin TTX düzeyleri.....	40
Şekil 4.9. <i>L. suezensis</i> erkek derisinde TTX kromatogramı ve kütle spektrometresi.....	42
Şekil 4.10. <i>T. flavimaculosus</i> türü balon balıklarında dişi bireylerin TTX düzeyleri.....	43
Şekil 4.11. <i>T. flavimaculosus</i> türü balon balıklarında erkek bireylerin TTX düzeyleri.....	44
Şekil 4.12. <i>T. flavimaculosus</i> erkek kasında TTX kromatogramı ve kütle spektrometresi.....	45
Şekil 4.13. <i>T. flavimaculosus</i> dişi karaciğeri TTX kromatogramı ve kütle spektrometresi.....	46



Şekil 4.14. <i>T. flavimaculosus</i> dişi gonadında TTX kromotogramı ve kütle spektrometresi.....	47
Şekil 4.15. <i>T. flavimaculosus</i> erkek bağırsağında TTX kromotogramı, kütle spektrometresi.....	48
Şekil 4.16. <i>T. flavimaculosus</i> dişi derisinde TTX kromotogramı ve kütle spektrometresi.....	49



## ÖZET

Bu çalışmada Akdeniz'de son yıllarda artan tür sayısı ve yayılım hızları hızla artan balon balıklarının Tetradotoksin (TTX) içerikleri araştırılmıştır. Türkiye kıyılarında yoğun dağılım gösteren balon balığı türleri olan *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789), *Lagocephalus spadiceus* (Richardson, 1845), *Lagocephalus suezensis* (Clark & Gohar, 1953); *Torquigener flavimaculosus* (Hardy & Randall, 1983) türlerindeki TTX içerikleri ve toksin düzeylerindeki mevsimsel/eşeyssel farklılıklar araştırılmıştır.

Balon balıklarının avlanması ve karaya çıkarılması T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'nca yasaklanmış olmasından dolayı, çalışmada kullanılacak balıkların yakalanabilmesi için ilgili bakanlıktan araştırma izinleri alınmıştır. Çalışmada kullanılan balon balıkları Aralık 2015-Ekim 2016 tarihleri arasında Mersin Körfezi'nde dört mevsim olarak Berdan Çayı ile Yeşilovacık arasındaki bölgede yakalanmıştır. Mevsimsel olarak yakalanan balon balığı türlerinin boy-ağırlık ölçümleri ve eşey tayinleri yapılmış, her mevsim için her bir balon balığı türüne ait 10 erkek 10 dişi birey belirlenerek, bu bireylere ait kas doku, gonad, karaciğer, deri ve bağırsak gibi kısımlar disekte edilmiştir. Dokulardaki TTX düzeyleri Q-TOF LC/MS cihazı kullanılarak belirlenmiştir.

Q-TOF LC/MS analizleri sonucunda balon balığı türlerindeki TTX içerikleri sırasıyla *Lagocephalus sceleratus* için  $0.69 \pm 0.11$  ile  $35.60 \pm 3.75$  ( $\mu\text{g/g}$ ) aralığında; *Torquigener flavimaculosus* için  $5.03 \pm 0.42$  ile  $139.88 \pm 12.21$  ( $\mu\text{g/g}$ ) aralığında bulunmuştur. *Lagocephalus suezensis* türünde ise bazı doku örneklerinde TTX tespit edilememiş, toksin tespit edilebilen dokularda ise TTX düzeyleri  $0.63 \pm 0.08$  ile  $3.09 \pm 0.28$  ( $\mu\text{g/g}$ ) aralığında tespit edilmiştir.

Analizler sonucunda en yüksek toksisiteyi *T. flavimaculosus* türünün gösterdiği, ardından sırasıyla *L. sceleratus* ve *L. suezensis* türlerinin TTX limit değerinin ( $\text{MLD}_{50}$ ) üzerinde toksisite göstererek, toksik türler olduğu belirlenmiştir. Ancak *L. spadiceus* türünün ölçülebilir düzey ( $0.6 \mu\text{g/g}$ ) ve üzerinde TTX içermediği ve toksik olmadığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** balon balıkları, zehirli balıklar, Mersin Körfezi, su ürünleri toksinleri, tetradotoksin





## ABSTRACT

In this study, the contents of Tetrodotoxin (TTX) of pufferfish increasing in number and spreading rate in Mediterranean were investigated. Seasonal / sexual differences in the TTX content and toxin levels of the *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789), *Lagocephalus spadiceus* (Richardson, 1845), *Lagocephalus suezensis* (Clark & Gohar, 1953) and *Torquigener flavimaculosus* (Hardy & Randall) species distributed on the Turkish coast were investigated.

Since the landing, sale and consumption of pufferfish is prohibited by the Republic of Turkey Ministry of Food, Agriculture and Livestock, permissions were obtained from the relevant ministry for the catching of the fish to be used in the study. The pufferfish used in the study were caught in the region between the Berdan River and Yeşilovacık as four seasons in the Mersin Bay from December 2015 until October 2016. Size-weight measurements and sex determination of seasonally caught species of pufferfish were determined. 10 male and 10 female individuals belonging to each pufferfish species were identified for each season and the muscle tissue, gonad, liver, skin, and intestines belonging to these individuals were separated. TTX levels in tissues were determined using Q-TOF LC/ MS instrument.

As a result of the Q-TOF LC / MS analyzes, the TTX contents in pufferfish species ranged from  $0.69\pm 0.11$  to  $35.60\pm 3.75$  ( $\mu\text{g} / \text{g}$ ) for *Lagocephalus sceleratus* and ranged from  $5.03\pm 0.42$  to  $139.88\pm 12.21$  ( $\mu\text{g} / \text{g}$ ) for *Torquigener flavimaculosus*. In *Lagocephalus suezensis* species, TTX was not detected in some tissue specimens. However, TTX levels ranged from  $0.63\pm 0.08$  to  $3.09\pm 0.28$  ( $\mu\text{g} / \text{g}$ ) in tissues where toxin could be detected.

As a result of analysis, it was determined that *T. flavimaculosus* showed the highest toxicity, followed by toxicity above the TTX limit value ( $\text{MLD}_{50}$ ) of *L. sceleratus* and *L. suezensis* species, respectively. However, it has been determined that *L. spadiceus* species does not contain TTX at measurable levels ( $0.6 \mu\text{g}/\text{g}$ ) and is not toxic.

**Keywords:** Pufferfish, toxic fish, Mersin Bay, aquatic toxins, tetrodotoxin

## SONUÇ RAPORU ANA METNİ

### 1. GİRİŞ

Denizel toksinlerden kaynaklı zehirlenmeler insanlık tarihi boyunca görülmüş ve binlerce yıl öncesinden kayıt altına alınmış zehirlenme vakaları günümüze kadar ulaşabilmiştir (Otero, 2014). Örneğin Antik Mısır'da balon balıkları hiyerogliflerde işlenmiştir (Halstead, 1958). Büyük İskender olası zehirlenme vakalarını önleyebilmek için fetihleri boyunca askerlerinin balık yemesini yasaklamıştır (Halstead, 1958). MÖ 2800'lü yıllarda yazılmış olan antik Çin İlaçlar Kitabı'nda balon balıklarına karşı uyarılar ve tavsiyeler bulunmaktadır (Otero, 2014). Daha önceleri bilinmeyen toksinlerin keşifleri ve tespitleri hala süregelmekteyken, bilinen toksinlerle ilgili toksikolojik data eksikliğinin yeterince giderilememiş olması, gıda hijyeni ve insan sağlığı açısından ve gıda üretim-pazarlama süreçleri açısından risk teşkil etmekte (Iverson ve Truelove, 1994) ve günümüzde gıda güvenliği açısından zehirli balıklar hala önemli bir sorun olarak görülmektedir. Zehirli balıkların doğal yayılım alanları genellikle tropik deniz ekosistemlerine sahip Pasifik ve Hint okyanuslarıdır. Bu bölgelerde yaşayan toplumlar zehirli balıklara ve bu balıklardan kaynaklı zehirlenmelere aşinadır. Ancak Akdeniz'e kıyısı olan ülkelerde zehirli balık olgusu son yıllara kadar etkisini bu denli hissettirmemiştir. Son yıllarda Akdeniz'e giriş yapan ve Akdeniz ekosistemi içerisinde yerleşen çok sayıda yabancı tür içerisinde toksik özellikleri ile dikkat çeken balon balıkları da yer almaktadır (Köşker vd., 2015). Balon balıklarının girişi ile birlikte Akdeniz'de balon balığı tüketiminden kaynaklı zehirlenmeler de görülmeye başlamıştır (Eisenman vd., 2008; Bentur vd., 2008; Chamandi vd., 2009; Kheifets vd., 2012).

Akdeniz'de sayıları artan yabancı türlerin çoğunluğu Süveyş Kanalı aracılığıyla gelen lesepsiyen türlerdir. Lessepsiyen kavramı ilk olarak Por (1964) tarafından Kızıldeniz'den Akdeniz'e doğru gerçekleşen göçü tanımlamak için Süveyş kanalının yapımında görev alan Fransız diplomat Ferdinand Marie Vicomte de Lesseps'e ithafen kullanılmıştır. Akdeniz'e yerleşen lesepsiyen türlerin bazıları ekonomik açıdan önemli iken, bazıları da istilacı, zararlı türler olarak adlandırılırlar (Zenetos vd., 2012; Köşker vd., 2015). Tetraodontidae familyasında bulunan balon balıkları ekonomik balık türleri, balıkçılık ve toplum sağlığı üzerine zararlı etkilerinden dolayı diğer yabancı türler arasında öne çıkmaktadır. Balon balıklarının özellikle toplum sağlığı ve tüketici güvenliği açısından riskli balıklar olması, içerdikleri toksinden kaynaklanmaktadır. Balon balıkları içerdikleri toksin ve zehirlenme vakalarına neden olmaları dolayısıyla

Akdeniz ülkelerinde yazılı ve görsel medyada kendilerine sıklıkla yer bulabilen popüler balıklardır. Akdeniz genelinde Tetraodontidae familyasına ait 10 tür balon balığı mevcut olmakla birlikte ülkemiz kıyılarında en yaygın görülen balon balığı türleri *Lagocephalus sceleratus*, *Lagocephalus spadiceus*, *Lagocephalus suezensis* ve *Torquigener flavimaculosus* türleridir. Bu türler arasında *L. sceleratus* türü balon balıkları Akdeniz faunası içerisinde yer alan diğer balon balığı türlerine nazaran, yayılma hızı, balıkçılık ve kamu sağlığı üzerine olumsuz etkileri ile daha fazla öne çıkmaktadır (Steftaris ve Zenetos, 2006; Aydın, 2011). *L. spadiceus* türü balon balıkları ise Akdeniz'e yerleşen ilk lesepsiye balon balığı türüdür (Mavruk ve Avşar, 2008). Japonya, Tayland vb. Doğu Asya ülkelerinde yaygın olarak tüketilmekte, ancak gerek Avrupa Birliği (EC,2004a, EC,2004b) gerekse de T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'nca (Anonim,2016) avlanması ve tüketilmesi yasaklanmış türler arasında bulunmaktadır. Ancak çok uzun süredir Akdeniz faunasında yer almasına rağmen literatürde bildirilmiş herhangi bir *L. spadiceus* tüketiminden kaynaklı zehirlenme vakasına rastlanmamıştır. *L. suezensis* ve *T. flavimaculosus* türleri ile ilgili yapılmış bilimsel araştırmalar ise oldukça kısıtlı düzeydedir. Literatürde bu türlerin toksin düzeyleri ile ilgili bilimsel araştırmaya rastlanmamıştır. Ancak balon balıklarının tamamının toksin içerdiği varsayılarak Avrupa Birliği'nin ilgili kurumlarınca Tetraodontidae familyasındaki tüm türlerin avlanması, karaya çıkarılması ve satışı yasaklanmıştır (EC,2004a; EC,2004b).

Akdeniz ülkelerinde tamamen yasaklı olmakla birlikte içerdiği ölümcül toksine rağmen başta Japonya olmak üzere birçok ülkede beğeni ile tüketilen popüler balıklardır. Bu ülkelerdeki yasal otoriteler tarafından alınan önlemler ve kültür ortamında balon balığı yetiştiriciliğinin yaygınlaştırılması ile zehirlenme ve ölüm oranlarında ciddi düşüşler gözlenmiştir (Hwang ve Noguchi, 2007). Yapılan tüm yasal düzenlemelere rağmen balon balıkları hala dünya genelinde içerdikleri toksinden kaynaklı olarak zehirlenme vakalarına sebep olmaktadır. Balon balıklarının büyük bir kısmı dünyada bilinen en güçlü ve en öldürücü denizel toksin olan tetrodotoksin (TTX) içerirler (Hwang ve Noguchi, 2007). Bilinen en eski doğal toksin olan TTX, protein yapıda olmayan, termostabil, suda çözünebilen organik bir toksindir (Arakawa vd., 2010). Siyanürden 1200 kat daha toksik olan TTX (Nader vd., 2012) dünya genelinde sıklıkla zehirlenme vakalarına yol açan bir toksindir. TTX zehirlenme semptomları; felç, solunum yetmezliği, bulantı, kas koordinasyon bozukluğudur (Isbister vd., 2002). Nöronlardaki sodyum kanallarını bloke edebilme özelliğine sahip olan TTX molekülünün bilinen herhangi bir panzehiri yoktur. Ayrıca tedavi prosedürü olmadığından zehirlenme



vakaları genellikle ölümlü sonuçlanmaktadır. (Hwang ve Noguchi, 2007). TTX tüketiminden kaynaklı zehirlenmelerde tek yapılabilecek hastaya destekleyici tedavi uygulamaktır (Narahashi., 2001; Noguchi ve Ebesu., 2001).

Toksik kabul edilmelerinden dolayı hiçbir balon balığı türü avlanamamaktadır ve bu durum balon balığı popülasyonları üzerinde av baskısı olmaması anlamına gelmektedir. Türkiye lessepsiyen göçünden en fazla etkilenen ülkeler arasındadır (Bilecenoğlu, 2010). Balon balıklarının yerel türler, balıkçılık ve kamu sağlığı üzerine olumsuz etkilerinin azaltılabilmesi için bilimsel araştırmaların artırılması gerekmektedir. Ancak Akdeniz faunası içerisinde yer alan *L. spadiceus*, *L. suezensis* ve *T. flavimaculosus* türlerinin TTX içeriği ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmanın, Akdeniz'de etkisi kuvvetlenerek hissedilen toksik balıklar ile ilgili ileride yapılacak araştırmalara öncülük edebileceği düşünülmektedir. Ayrıca Türkiye ve Akdeniz'e kıyısı olan diğer ülkelerin kamu sağlığı ve balıkçılık sektörü için gerekli yasal düzenlemeleri yapabilmesi için gerekli toksikolojik data eksikliğini giderilmesine de katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada Aralık 2015 ile Ekim 2016 dönemleri arasında yakalanan ve Türkiye kıyılarında en yaygın olarak bulunan *L. sceleratus*, *L. spadiceus*, *L. suezensis* ve *T. flavimaculosus* türü balon balıklarının TTX düzeylerindeki mevsime ve eşeye bağlı değişimler belirlenmiştir. Bu verilerin belirlenmesi sayesinde elde edilen bulguların; ülkemizde kısa vadede olanaklı görünmese de özellikle Uzakdoğu ülkelerine balon balığı ihraç edilebilmesi ya da balon balığı dokularından izole edilecek TTX molekülünün ekonomik bir ürün haline gelmesi, böylelikle balon balıklarının Mersin Körfezi üzerine olumsuz etkilerinin azaltılması yönünde atılacak adımlara katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Çalışmamız bu alanda Türkiye kıyılarında yaşayan *L. spadiceus*, *L. suezensis*, *T. flavimaculosus* türleri için yapılacak ilk toksin araştırmasıdır. Dünya genelinde ise *L. suezensis* ve *T. flavimaculosus* türleri için yapılan ilk toksin çalışmasıdır.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

### 2.1. Balon Balıkları

Balon balıkları; *Tetraodontiformes* takımında bulunan *Diodontidae*, *Triodontidae* ve *Tetraodontidae* familyalarında yer alan balıkların genel adıdır.

*Diodontidae* familyası “dikenli/kirpi balon balıkları” olarak da bilinmektedir. İsmi Yunanca *di* (iki) ve *odous* (diş) kelimelerinden almaktadır. Bu familya 7 cins ve 19 tür içermektedir. Atlantik, Hint ve Pasifik okyanuslarında yayılım gösterirler. Son yıllarda bu familyaya ait türlerin Akdeniz’de de rapor edildikleri gözlenmektedir (Follesa vd., 2009; Golani vd., 2010; Garrido vd., 2014).

*Triodontidae* “üç dişli balon balıkları” olarak bilinmektedir. Hint okyanusu ve Pasifik okyanusunun batı kısımlarında yayılım göstermektedir. En yoğun yaşadıkları alan Endonezya’dan Japonya’ya kadar olan bölgedir. Fosil türler içermekle birlikte, yaşayan tek türü *Triodon macropterus* türüdür (Nelson, 2006).

*Tetraodontidae* familyası “balon balıkları” olarak adlandırılan asıl familyadır. Familyanın özgün özelliklerinden birisi alt ve üst çenenin her birinde kaynaşmış, plak halinde ikişer adet diş bulunmasıdır (Nelson, 2006). *Tetraodontidae* familyası ismini de bu özelliğinden dolayı; Yunanca kelimeler olan *tetra* (dört) ve *odous* (diş) kelimelerinden almaktadır (Halstead, 1958). Familyada bulunan türlerin büyük kısmının sırt kısmında benekli ya da alacalı görünüm sağlayan çeşitli renk ve büyüklüklerde noktalar bulunur. Ayrıca çoğunda yan kısımlarında bantlı ve genellikle parlak renklenmeler görülür. Ancak neredeyse tüm türlerde ventral kısım pigmentsiz bir yapı gösterir (Shipp, 2002). Vücutlarını şişirebilme özelliklerinden dolayı “balon balıkları” olarak adlandırılırlar. 29 farklı cins ve yaklaşık 200 farklı tür içermektedir (Froese ve Pauly, 2017). 12 türü Doğu Asya’da bulunan Kongo Nehri gibi tatlı sularda yaşarlar. Ancak bu familyada yer alan balon balığı türlerinin çoğunluğu tropik ve sub-tropik denizlerde yaşarlar. Hint okyanusu, Atlantik okyanusu ve pasifik okyanusunda yaygın dağılım gösterirler (Nelson, 2006). Doğu Asya ve Avustralya kıtası ülkelerinde yaygın tüketimi mevcuttur ancak bazı türleri insanlar için öldürücü etki gösterebilen bir nörotoksin olan Tetradotoksin (TTX) içermektedirler.

*Tetraodontidae* familyasının Akdeniz’de yaşayan en yaygın dört türü; *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789), *Lagocephalus spadiceus* (Richardson, 1845), *Lagocephalus suezensis* (Clark & Gohar, 1953) ve *Torquigener flavimaculosus* (Hardy & Randall, 1983) türleridir.

### 2.1.1. Balon Balıklarının Akdeniz'deki Durumu

Akdeniz'de *Diodontidae* familyasından 3 tür, *Tetraodontidae* familyasına ait 10 tür balon balığı yaşamaktadır (Tablo 2.1). *Diodontidae* familyasına ait türler *Chilomycterus reticulatus* (Follesa vd., 2009), *Chilomycterus spinosus mauretanicus* (Garrido vd., 2014) ile *Cylichthys spilostylus* (Golani vd., 2010) ve *Tetraodontidae* familyasına ait türler; *Lagocephalus sceleratus* (Akyol vd., 2005); *Lagocephalus spadiceus* (Mavruk ve Avşar, 2008); *Lagocephalus suezensis* (Golani vd., 2010); *Lagocephalus lagocephalus* (Golani vd., 2002); *Lagocephalus guentheri* (Farrag vd. (2016), *Torquigener flavimaculosus* (Corsini-Foka vd., 2006); *Sphoeroides pachygaster* (Mater ve Bilecenoğlu, 1999), *Tylerius spinosissimus* (Corsini vd., 2005), *Sphoeroides marmoratus* (Vacchi vd., 2007) ve *Sphoeroides spengleri* (Reina-Hervas vd., 2004) türleridir.

Familiya	Tür	Yaygın İsmi	Referans
<b>Diodontidae</b>	<i>Chilomycterus reticulatus</i> (Linnaeus, 1758)	Spotfin burrfish	Follesa vd., 2009
	<i>Cyclichthys spilostylus</i> (Leis & Randall, 1982)	Spotbase burrfish	Golani vd., 2010
	<i>Chilomycterus spinosus</i> <i>mauretanicus</i> (Le Danois, 1954)	Guinean burrfish	Garrido vd., 2014
	<i>Lagocephalus spadiceus</i> (Richardson, 1845)	Half-smooth golden pufferfish	Sanzo, 1930 (Mavruk ve Avşar, 2008)
	<i>Lagocephalus suezensis</i> (Clark ve Gohar, 1953)		Mouneimne, 1977 (Golani, 2010)
	<i>Torquigener</i> <i>flavimaculosus</i> (Hardy ve Randall, 1983)	Dwarf Blaasop	Golani, 1987 (Corsini-Foka vd., 2006)
<b>Tetraodontida e</b>	<i>Sphoeroides</i> <i>pachygaster</i> (Müller ve Troschel, 1848)	Blunthead puffer	Mater ve Bilecenoğlu, 1999
	<i>Lagocephalus</i> <i>lagocephalus</i> (Linnaeus, 1758)	Oceanic puffer	Golani vd., 2002
	<i>Sphoeroides spengleri</i> (Bloch, 1785)	Bandtail puffer	Reina-Hervas vd., 2004
	<i>Lagocephalus sceleratus</i> (Gmelin, 1789)	Silver- cheeked toadfish	Akyol vd., 2005
	<i>Tylerius spinosissimus</i> (Regan, 1908),	Spiny blaasop	Corsini vd., 2005
	<i>Sphoeroides marmoratus</i> (Lowe, 1838),	Guinean puffer	Vacchi vd., 2007
	<i>Lagocephalus guentheri</i> (Miranda Ribeiro, 1915)	Diamondback puffer	Farrag vd., 2016

**Tablo 2.1.** Akdeniz’de rapor edilmiş balon balığı türleri

### 2.1.2. *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789)

Biyokütle açısından Türkiye kıyılarında ki en yaygın balon balığı türü olan *L. sceleratus* (Bilecenoğlu, 2010) türünün (Şekil 2.1) doğal yaşam alanı Hint

okyanusu ve pasifik okyanusudur. Bu türün 25-200 m derinliklerde bulunabildiği rapor edilmiştir (Özbek vd., 2017). Maksimum 110 cm uzunluğa ve 7 kg ağırlığa ulaşabilir (Nader vd. 2012). Filogenetik adlandırılması Alman bilim insanı Johan Gmelin tarafından 1789 yılında yapılan *L. sceleratus* türünün ilk olgunlaşma uzunluğunun 40 cm ve üreme dönemi ilkbahar sonu ve yaz ayları arasındadır (Aydın, 2011; Boustany vd., 2015). Beslenme şekilleri karnivordur, daha çok kabuklu ve yumuşakça türleri ile beslenirler (Aydın, 2011; Kaligirou, 2012). *L. sceleratus* (Gmelin, 1789) dünya genelinde “*Silver-cheeked toadfish*” ya da “*elongated puffer fish*” olarak bilinmekte, Japonya’da *sen-ninfugu* olarak adlandırılmaktadır (Froese ve Pauly, 2017).



**Şekil 2.1.** *L. sceleratus* türü balon balığı

Ünal vd. (2015) *L. sceleratus* türünün Türkiye’de balıkçılık ve yerli türler için çok önemli bir problem yarattığını, balıkçılık açısından ciddi ekonomik zararlara yol açtığını bildirmişlerdir. Bu olgu tüm Akdeniz kıyısı ülkelerde gözlenmektedir. Çünkü *L. sceleratus* türü yaklaşık on yıl içerisinde doğu Akdeniz’den İtalya, İspanya ve Cezayir kıyılarına kadar ulaşmıştır. İlk olarak Akyol vd. (2005) tarafından Şubat 2003’te Gökova Körfezi’nde yakalanan *L. sceleratus* türü balon balığı, hem Türkiye kıyılarında hem de tüm Akdeniz’de bildirilen ilk kayıttır. Ardından; Antalya Körfezi’nden 2004’de (Bilecenoğlu vd., 2006), Kasım 2004’te İsrail liman şehri Yafa’dan (Golani ve Levy, 2005), Temmuz 2005’te Girit Adası’ndan (Kasapidis vd., 2007), Eylül 2005’te Rodos



Adası'ndan (Corsini vd., 2006a), Nisan 2006'da İzmir Körfezi'nden (Bilecenoğlu vd., 2006), Temmuz 2008'de Edremit Körfezi'nden (Türker vd., 2009), Şubat 2009 İskenderun Körfezi'nden (Torcu vd., 2011), Şubat 2012'de Tunus'dan (Jribi ve Bradai, 2012) ve Libya kıyılarından (Milazzo vd., 2012; Bazairi vd., 2013); Ekim 2013 İtalya'da Lampedusa Adası'ndan (Azzuro vd., 2014), Ekim 2012 ve Nisan 2014'de Adriyatik kıyılarından (Šprem vd., 2014; Dulčić ve Dragičević, 2014), Ağustos 2014'de Malta kıyılarından (Deidun vd., 2015), Ocak 2014'de Güney Batı Akdeniz kıyılarından (Cezayir) (Kara vd. (2015), Temmuz 2014'de İspanya kıyılarında (Izquierdo-Muñoz, ve Izquierdo-Gomez, 2014) ve Ekim 2008'de Marmara denizine yakalanan Irmak ve Altınağaç (2015) balon balıkları rapor edilmiştir.

İlk kayıt çalışmalarının yanı sıra son yıllarda *L. sceleratus* türünün biyolojik, popülasyon ve toksisitesi ile ilgili yapılmış çalışmalar da gözlenmektedir. Aydın (2011), Antalya Körfezi'nde Aralık 2008 ile Ocak 2010 tarihleri arasında ticari balıkçılar ve olta avcılığıyla yakalanan 656 adet *L. sceleratus* türü balon balığının, büyüme, beslenme ve üreme özelliklerini araştırmıştır. Yakalanan bireylerin ağırlıkları 22.8-3463.0 g arasında bulunmuş, boylar ise 12,5 - 65 cm aralığında ölçülmüştür. Balon balıklarının karnivor beslendiklerini ve daha çok *Crustacea* türleri ile beslendiklerini, mide içeriklerinde %54 karidesler (*Penaediae*), %17 yengeçler (*Portunidae*), %14 balıklar, %4 sübye türleri (*Cephalopods*) ve %11 diğer içerik tespit edildiğini bildirmiştir. Antalya Körfezi'nde yaşayan *L. sceleratus*' un üreme dönemlerinin ise bahar sonu yaz başı geniş bir döneme (Nisan, Mayıs ve Haziran) yayıldığını bildirmiştir.

Tüzün (2012) yaptığı çalışmada Antalya Körfezi'nde; yakalanan *L. sceleratus* türü balon balıklarının büyüme özelliklerini araştırmıştır. Yakalanan bireylerin boylarının 5.9 cm ile 46.3 cm arasında değişiklik gösterdiğini bildirmiştir.

Yıldırım (2011), yaptığı çalışmada Kasım 2009–Ekim 2010 tarihleri arasında Antalya Körfezi ve Finike Körfezi'nden yakalanan 263 birey ile *L. sceleratus* türünün büyüme ve beslenme özelliklerini incelemiştir. Yakalanan bireylerin boyları 16.9 - 63.5 cm arasında bulunmuş, ağırlıkları ise 59 g ile 3724 g aralığında ölçülmüştür. Üreme döneminin yaz dönemi boyunca Mayıs–Ağustos ayları arasında devam ettiğini bildirmiştir. Beslenme özelliklerini araştırdığı çalışmada, *L. sceleratus*'un sindirim kanalında besin dışında ağ, misina parçaları ve olta kancaları da bulunduğunu bildirmiştir.

Irmak (2012), yaptığı çalışmada kıyılarımızda yaşayan lesepsiye balon balıklarının genel dağılımlarını ve beslenme özelliklerini araştırmıştır. *L. sceleratus*, *L. spadiceus* ve *L. suezensis* türlerinin Akdeniz'de yaygın, Ege

Denizi'nde kuzeye doğru çıkıldıkça azalan bir dağılım gösterdiğini bildirmiştir. *L. sceleratus* bireylerinin genel olarak *Crustacea* türleri, çoğunlukla da yengeçler (%85.42), balıklar (%13.64) ve yumuşakçalar (%0.79) ile beslendiklerini bildirmiştir.

Carpentieri vd., (2009) lessepsiye türlerin Lübnan balıkçılığı üzerine etkilerini incelemiştir. Jawad (2013), *L. sceleratus* türünün biyolojik büyüme özellikleri ile ilgili çalışmalar yapmıştır. Kalogirou vd., (2012); Kalogirou (2013) yaptıkları çalışmalarda Yunanistan kıyılarında yaşayan *L. sceleratus* türü balon balıklarının popülasyonun özellikleri, beslenmesi ve biyolojik özellikleri ile ilgili araştırmalar yapmışlardır. Boustany vd. (2015) Lübnan kıyılarında 19 ay boyunca yakalanan *L. sceleratus* türü balon balıklarının bazı biyolojik özelliklerini araştırmışlardır. Tüney (2016) Türkiye kıyılarında yaşayan *L. sceleratus* türü balon balıklarının moleküler identifikasyonunu araştırmıştır. Farrag vd. (2015) *L. sceleratus* türü balon balıklarının Kızıl Deniz ve Mısır'ın Akdeniz kıyılarında yaşayan popülasyonlarını moleküler, filogenik ve biometrik açılarından karşılatırmışlardır.

Ayrıca *L. sceleratus* türünün toksisitesi ile ilgili gerek Akdeniz ülkelerinde gerekse de dünyanın farklı bölgelerinde bilimsel araştırmalar mevcuttur. Noguchi ve Arakawa (2008) *L. sceleratus* türünü, *Pleranacanthus sceleratus* olarak adlandırdıkları çalışmada; toksin düzeyinin ovaryumlarda >1000MU/g, karaciğer, deri ve kas dokularında 10-100MU/g aralığında, iç organlarda 100-1000MU/g, bildirmişler, testis ve kanda ise TTX tespit edilemediğini bildirmişlerdir.

Benzer şekilde tür tayinini *Pleuranacanthus sceleratus* olarak yaptıkları çalışmada El-Sayed vd. (2003), *Lagocephalus sceleratus* türü balon balıklarından, 26 dişi, 19 erkek toplam 45 bireyde TTX düzeylerini araştırmışlardır. Bulunan en yüksek değerleri; Gonadlarda 752, sindirim kanalında 221, karaciğerde 246, kas dokuda 127 ve deride 119 (MU/g) olarak bildirmişlerdir.

Azman vd. (2014) Malezya kıyılarında avlanmış olan *L. sceleratus* türü balon balıklarında karaciğer, kas ve derideki TTX oranlarını sırasıyla; 824.7, 30.0 ve 0.51 ( $\mu\text{g/g}$ ) olarak bildirmişlerdir.

Simon vd. (2009), Malezya'da dip trolü ile 148 *L. sceleratus* bireyi ile toksite analizleri yapmışlar; *L. sceleratus* türünde HPLC analizleri sonucunda toksin tespit edilemediğini bildirmişlerdir.

Balon balıklarının TTX içeriklerinin araştırılmasına yönelik çalışmalar Akdeniz ülkelerinde de artış göstermektedir. Akdeniz'de *L. sceleratus* türünün toksisitesine yönelik ilk bilimsel araştırma Katikou vd. (2009) tarafından

yapılmıştır. Yaptıkları çalışmada, TTX içeriklerini sırasıyla gonadlarda 77.52 ve 1087.80; Karaciğerde 73.26 ve 397.88; kas dokuda 11.47 ve 46.20 (MU/g) olarak bulmuşlardır. Yaz mevsiminde yakalana bireyin gonad, karaciğer ve kas dokusunda sırasıyla TTX düzeylerini 6.76, 49.25 ve <5 (MU/g) olarak bulmuşlardır.

Katikou vd. (2009) tarafından incelenen balon balığı örneklerinin dokularındaki TTX düzeyleri Rodriguez vd. (2012) tarafından LC/MS/MS cihazı kullanılarak araştırılmıştır. Gonad, karaciğer, bağırsak, deri ve kas dokuda ölçülen maksimum TTX değerleri sırasıyla; 46.30, 44.15, 37.60, 1.40 ve 3.47 (µg/g) olarak bildirilmiştir.

*L. sceleratus* türünde Türkiye kıyıları ve Doğu Akdeniz için ilk toksisite çalışması Köşker vd. (2016) tarafından yapılmıştır. Mersin Körfezi'nde dört mevsim boyunca yakalanan *L. sceleratus* türü balon balıklarının gonad, karaciğer, bağırsak, deri ve kas dokularında TTX düzeylerini araştırmışlardır. Gonad, karaciğer, bağırsak, deri ve kas dokudaki en yüksek TTX değerlerini sırasıyla 52.1, 46.2, 7.64, 3.43 2.83 (µg/g) olarak bildirmişlerdir.

Kırimer vd. (2016) *L. sceleratus* türü balon balıklarında yağ asiti ve TTX düzeylerini araştırmışlardır. Bağırsak, karaciğer, ovaryum ve kasta TTX bulunduğunu, kas dokusunda yağ oranının düşük olduğunu ancak balon balığı etinin çoklu doymamış yağ asitleri açısından zengin olduğunu bildirmişlerdir.

Ujevic vd. (2016) Hırvatistan kıyılarında yakalanan *L. sceleratus* türünün TTX içeriğini araştırmışlardır. Yaptıkları çalışmada gonad, kas, deri ve karaciğerdeki TTX düzeylerini sırasıyla 48.7, 0.8, 1.5 ve 30.6 (g/kg) olarak bildirmişlerdir.

Acar vd. (2017) Türkiye kıyılarından yakalanan *L. sceleratus* türünde TTX düzeylerini araştırmışlardır. Araştırılan tüm bireylerin TTX içerdiğini; gonad, bağırsak, böbrek, karaciğer, kas ve testislerdeki maksimum TTX düzeylerini sırasıyla 80.0, 48.8, 34.0, 25.4, 3.4 ve 2.6 (µg/g) olarak bildirmişlerdir.

### **2.1.3. *Lagocephalus spadiceus* (Richardson, 1845)**

*Lagocephalus spadiceus* (Richardson, 1845) Tani'nin 1945 yılında yaptığı kapsamlı çalışmada *saba-fugu* olarak adlandırılmıştır. Ancak günümüzde *saba-fugu* olarak adlandırılan türler çeşitlilik göstermekte ve *L. spadiceus* türü Japonca'da *shirosaba-fugu* olarak adlandırılmaktadır (Yamuguchi vd. 2013). Dünya genelindeki yaygın ismi "Half-smooth golden pufferfish" olan balon balığı kıyılarımızdaki en yaygın balon balığı türleri arasındadır.

Bentopelajik bir balon balığı türü olan *L. spadiceus* (Şekil 2.2) diğer Tetraodontidae familyası üyeleri gibi hava ya da su yardımıyla vücudunu şişirebilme yeteneğine sahiptir (Golani vd., 2006). Erkek bireylerde maksimum boy 37.4 cm, dişilerde 41.3 cm'ye kadar ulaşabilir. Güney Afrika'dan Malezya'ya kadar Hint okyanusunda ve Avustralya'dan Japonya'ya kadar Pasifik okyanusunun batısında, yaygın bir dağılım gösterir (Froose ve Pauly, 2017). Akdeniz'deki ilk kaydı Mavruk ve Avşar, (2008) tarafından bildirildiğine göre Sanzo (1930) tarafından verilmiştir. Tuncer vd. (2008), Marmara denizinde yakalanan *L. spadiceus* türü balon balığını rapor etmişlerdir. Irmak (2014), Bu türün beslenme özelliklerini araştırmıştır. Bu türe ait Akdeniz'de yapılmış bilimsel araştırmaların oranı kısıtlı düzeydedir.



**Şekil 2.2.** *L. spadiceus* türü balon balığı

*L. spadiceus* diğer balon balığı türlerine kıyasla daha uzun bir süredir Akdeniz'e yerleşmiş olmasına karşın; henüz rapor edilmiş bir zehirlenme vakası bulunmamaktadır. Balon balığı türlerinin büyük bir kısmının zehirli türler olmasından kaynaklı olarak Akdeniz kıyısı ülkelerde *L. spadiceus* türünü de kapsayan ve balon balıklarının avlanması, satışı ve tüketimi ile ilgili yasal kısıtlamalar söz konusudur. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından *Lagocephalus sceleratus* ve *Lagocephalus spadiceus* türlerinin karaya

çıkarılması ve satılmasını yasaklanmıştır (Anonim, 2016). Benzer şekilde Avrupa Birliği Tetraodontidae ve Diodontidae familyalarında yer alan balon balıklarının satışını yasaklamıştır (EC, 2004a; EC, 2004b). Akdeniz’de bu türün toksisitesi ile ilgili yapılmış herhangi bir bilimsel çalışmaya rastlanmamıştır, ancak farklı ülkelerde (özellikle Asya ülkelerinde) bu türe ait yapılmış birçok toksisite çalışmalarında; bu türün toksik olmadığı ve tüketilebilir olduğu bildirilmiştir (Berry ve Hassan, 1973; Yamaguchi vd., 2013; Ngy vd., 2008; Yu ve Yu, 1997; Brillantes vd., 2003; Chulanetra vd., 2011). Bu araştırmalarla paralel şekilde *L. spadiceus* türünün Tayland (Brillantes vd., 2003; Kaewnern vd., 2013;) Hong Kong (Yu ve Yu, 1997), Malezya (Berry ve Hassan, 1973) ve Japonya (Yamaguchi vd., 2013) gibi birçok doğu Asya ülkesinde tüketildiği bildirilmiştir. 2006 ticaret verilerine göre Japonya tarafından ithal edilen balon balıklarının yaklaşık %90’ı *L. spadiceus* türü balon balıklarıdır ve neredeyse tamamı Çin’den ithal edilmektedir. (Yamaguchi vd., 2013).

Azman vd. (2014), Malezya kıyılarında avlanmış olan *L. spadiceus* türü balon balıklarında karaciğer, kas ve derideki TTX oranlarını sırasıyla; 8.09, 8.71 ve 1.71 ( $\mu\text{g/g}$ ) olarak bildirmişlerdir. Bu bağlamda *L. spacieus* türünün morfolojik olarak yakın türler olan *L. wheeleri* ve *L. lunaris* türlerinden ayırımının zor olması bu türün geleneksel tüketiminin yaygın olduğu ülkelerde mevcut bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. *L. wheeleri* ve *L. spadiceus* non toksik türler olarak kabul edilmektedir, ancak *L. lunaris* insan sağlığı açısından tehlikeli toksik bir türdür. Bu üç türün ayırımı deneyimli balıkçılar tarafından dahi yapılamamaktadır. Bu ayırımın yapılamamasından dolayı, Japonya ve Tayvan’da tüketicilerin *L. spadiceus* tükettiğini düşünerek *L. lunaris* türünü tüketmelerinden dolayı 10’un üzerinde TTX zehirlenme vakası gerçekleşmiştir (Hwang ve Noguchi, 2002; Noguchi ve Ebesu, 2001). Bu durum bu türlerin ayırımlarının yapılabilmesi açısından genetik çalışmalara yönelime neden olmuştur. Sangthong vd. (2014) Tayland kıyılarında yakalanan *L. lunaris*, *L. spadiceus* ve *L. inermis* türü balon balıklarının identifikasyonunu yapmıştır. Tüney (2016) Türkiye kıyılarında yaşayan *L. spadiceus* türü balon balıklarının moleküler identifikasyonunu araştırmıştır.

Dünya genelinde *L. spadiceus* türünün besinsel kompozisyonu, aroma içeriği ve farmakolojik kullanımına yönelik çalışmalarda mevcuttur. Rao ve Sirisha (2013) bu türün besinsel kompozisyonunu araştırmışlardır. Yamaguchi vd. (2013) *L. spadiceus* türünün tat ve izole edilebilir bileşenlerini araştırmışlardır. Priya vd. (2016) *L. spadiceus* türünün farklı dokularından elde ettikleri ekstraktları farmakolojik açıdan değerlendirmişler ve bu türün insan sağlığı açısından

potansiyel bir antibiyotik kaynağı olduğunu bildirmişlerdir. Kaewner vd. (2013) Tayland'da *L. spadiceus* türüne yönelik tüketici tercihlerini araştırmışlardır.

#### 2.1.4. *Lagocephalus suezensis* (Clark & Gohar, 1953)

Süveyş balon balığı (Suez puffer) olarak da bilinen *L. suezensis* türü (Şekil 2.3) Kızıl Deniz'e özgü endemik bir balon balığı türüdür. Tetraodontidae familyasının diğer üyeleri gibi tehlike anında su ya da hava kullanarak vücudunu hızlıca şişirebilme yeteneğine sahiptir. Demersal bir tür olan *L. suezensis*'in üreme dönemi yaz mevsimidir (Golani vd., 2006). Bu türün maksimum uzunluğu 18 cm olarak bildirilmiştir (Golani vd., 2006), ancak bu çalışmada yakalanan *L. suezensis* türüne ait dişi bireylerde maksimum uzunluk 20,5 cm, erkek bireylerde 21 cm olarak ölçülmüştür.



Şekil 2.3. *L. suezensis* türü balon balığı

Golani (2010) tarafından bildirildiğine göre Mouneimme (1977) *L. suezensis* türüne ait bireyleri yanlış teşhis ederek *L. sceleratus* olarak bildirmiştir, bu kayıt Akdeniz'deki ilk kayıttır. Yaklaşık 40 yıllık süreç içerisinde bu tür ile ilgili yapılan bilimsel araştırmalar genellikle ilk kayıt şeklinde devam etmiştir. Golani (1996) İsrail kıyılarında, Bilecenoğlu vd. (2002) Türkiye kıyılarında, Corsini vd. (2005) Rodos kıyılarında, Saad (2005) Suriye kıyılarında, Ben-Abdallah vd. (2011) Libya Kıyılarında, El-Haweet vd. (2016) ve Farraq vd. (2016) Mısır kıyılarında, bu türün ilk kayıtlarını bildirmişlerdir. Biyolojik özellikleri ve toksisite düzeyleri ile ilgili çalışmalar kısıtlı düzeydedir.

### 2.1.5. *Torquigener flavimaculosus* (Hardy & Randall, 1983)

Batı Hint Okyanusunun batı kısımlarında dağılım gösteren özellikle Kızıldeniz ve Kenya kıyılarında yaygın olan, son yıllarda da Süveyş kanalı aracılığıyla Akdeniz'e göç eden bir türdür (Randall, 1995). Yellowspotted puffer olarak da bilinen *T. Flavimaculosus* (Şekil 2.4), Türkiye'de cüce balon balığı olarak da bilinmektedir. Bazı çalışmalarda hatalı sınıflandırma yapılarak *Lagocephalus hypselogenion* (Bleeker, 1852) ya da *Amblyrhynchotes hypselogenion* olarak tür tayini yapılmıştır (Randall, 1995). Hardy and Randall (1983) tarafından Batı Hint Okyanusunda yaşayan populasyonun sistematik adlandırılması *Torquigener flavimaculosus* olarak yapılmıştır.



Şekil 2.4. *T. Flavimaculosus* türü balon balığı

*T. flavimaculosus*, Tetraodontidae familyasında yer alan, küçük bentik crustacea ile beslenen karnivor bir balon balığı türüdür. Hava ya da su ile vücudunu hızlıca şişirebilme yeteneğine sahiptir (Golani vd., 2006). Sabour vd. (2014) maksimum 16 cm uzunluğa ulaşabildiğini, Golani vd. (2006) ise maksimum 11 cm boyutuna ulaşabildiğini bildirmişlerdir. Bu tür ile ilgili bilimsel çalışmalar genellikle ilk kayıt şeklindedir (Golani, 1987; Bilecenoğlu, 2005; Corsini-Foka vd., 2006; Ergüden ve Gürlek, 2010; Sabour vd., 2014).



Veeruraj vd., (2011) *Torquigener* genusunda yer alan *Torquigener brevipinnis* türünün güney doğu Hindistan kıyılarında yaygın bir balon balığı türü olduğunu bildirmiştir. Benzer şekilde, Ha vd. (2012) *Torquigener* genusunda yer alan başka bir tür olan *Torquigener gloerfelti* türünün Vietnam kıyılarında yaygın bir tür olduğunu bildirmişlerdir. *T. gloerfelti* türüne ait 30 bireyde beş farklı dokuda TTX düzeylerini araştırmışlardır. Vietnam kıyılarında yakalanan *T. gloerfelti* türü balon balıklarının deri, kas doku, bağırsak, karaciğer ve gonadlarındaki maksimum TTX düzeylerini sırasıyla; 53.9, 14.7, 11.1, 154.4 ve 123.2 MU/g olarak bildirmişlerdir. 1MU yaklaşık olarak 0,22 µg'dır (Yasumoto ve Michishita, 1985; Nuñez-Vazquez vd., 2000). Bu değerler µg/g olarak sırasıyla 11.86, 3.23, 2.44, 33.97 ve 27.10 değerlerini ifade etmektedir. Azman vd., (2014) Malezya kıyılarında avlanmış olan *Torquigener pallimaculatus* türü balon balıklarında TTX düzeylerini karaciğer ve deride sırasıyla 260 ve 29,1 (µg/g) olduğunu ve kas dokuda TTX tespit edilemediğini bildirmişlerdir.

## 2.2. Tetrodotoksin (TTX)

TTX günümüzde bilinen en güçlü denizel toksindir (Fernández-Ortega vd., 2010; Hwang ve Noguchi, 2007). Geleneksel yemek kültürü içerisinde balon balıklarının yoğun olarak yer aldığı Japonya'da, balon balıkları ve taşıdıkları toksine dair yapılan ilk bilimsel çalışmalar yaklaşık bir asırdan daha eski zamanlara dayanmaktadır.

Balon balığı toksini 1880 yılında Profesör Y. Tahara tarafından ilk olarak Tetraodontia familyası üyeleri olan balon balıklarında bulunmasından dolayı, bu familyadan esinlenilerek TTX olarak isimlendirilmiştir (Hwang ve Noguchi, 2007). TTX molekülü kendine has kimyasal yapısıyla sinir hücrelerinin hücre zarlarından sodyum iyonu geçişini bloke eder (Nakamuro ve Yasumoto., 1985). TTX için bilinen bir antidot ya da antitoksin yoktur (Narahashi., 2001; Noguchi ve Ebesu., 2001).

### 2.2.1. Tetrodotoksinin Kimyasal Özellikleri

TTX'in yapısı ve formülü 1964 de toplanan IV. Uluslararası Doğal ürünlerin kimyası (IV. Chemistry of Natural Products) sempozyumunda onaylanarak, kimyasal formülü  $C_{11}H_{17}N_3O_8$  ve Tetrodotoksin (TTX) adı kabul edilmiştir (Hwang ve Noguchi, 2007). IUPAC adlandırması: *Octahydro-12-(hydroxymethyl)-2-imino-5,9:7,10a-dimethano-10aH[1,3]dioxocino[6,5-d]pyrimidine-,7,10,11,12-pentol* olan TTX'in CAS numarası: 4368-28-9' ve molekül ağırlığı 319.2706'dır



TTX protein yapıda olmayan, düşük molekül ağırlığına sahip küçük bir moleküldür. Kendine has karmaşık bir kimyasal yapısı vardır. Suda çözünebilen, renksiz, kokusuz, asidik ortamda çözünebilen bir toksindir. TTX toksisite düzeyinde herhangi bir değişim olmamasından dolayı en iyi kristal halde muhafaza edilebilir Yu (2008). TTX sıcaklık değişimine karşı dirençli bir nörotoksindir. TTX kristalleri 220°C üzerinde erimeden koyulaşabilir (Noguchi ve Ebesu., 2001; Goto vd., 1965)

### 2.2.2. Tetrodotoksin İçeren Canlılar

TTX ilk olarak balon balığı türlerinden izole edilmesinden dolayı sadece balon balıklarına özgü bir toksin olduğu düşünülmüş, ancak daha sonra yapılan çalışmalarla farklı balıklar, bazı kurbağa ve semenderler türleri, yumuşakçalar, dinoflagellatlar, artropodlar, nematodlar, derisidikenliler, yumuşakçalar ve bakteriler de TTX bulunduğu tespit edilmiştir (Miyazawa ve Noguchi, 2001). TTX daha çok denizel türler arasında yaygınlık göstermekle birlikte, karasal türler arasında daha sınırlı bir dağılımı söz konusudur (Hanifin 2010). Tetraodontia familyası üyelerinin çoğunluğu etkili bir nörotoksin olan TTX bulundurlar (Noguchi ve Arakawa, 2008). *Hapalochlaena maculosa* (Octopoda) gibi ahtapotlarda, *Babylonia japonica*, *Charonia sauliae* gibi shellfishlerde (Gastropoda), *Astropecten polyacanthus* gibi denizyıldızlarında da (Echinodermata) TTX bulunur (Lin vd., 1998; Mosher ve Fuhrman, 1984). Japonya'da TTX zehirlenmeleri sadece balon balıklarından kaynaklanmamakta, TTX içeren gastropodlar gibi diğer deniz ürünlerinin tüketiminden de kaynaklanmaktadır (Arakawa vd. 2010). Tayvan'da örneklenen *Astropecten scoparius* türü denizyıldızının içerdiği toksinin çoğunluğu (%88) TTX'dir (Lin vd., 1998). Thuesen ve Kogure (1989) tarafından yapılan çalışmada planktonik ketognatlardan izole edilen 4 farklı tür bakterinin ketognatlarda ki TTX birikiminden sorumlu olduğunu belirtilmiştir.

TTX balon balığı toksini olarak bilinmekle birlikte, gerek TTX gerekse de analogları da balon balıklarının dışında farklı denizel organizmalardan ve bazı semender ve kurbağa türlerinden de izole edilebilmişlerdir (Yamashita, 2001). Karasal taksonlarda Amphibia'larda bulunabilen TTX deride ve yumurtalarda bulunarak bulunduğu canlının avcılara karşı savunmasında rol oynamaktadır (Hanifin 2010). TTX bulunduğu canlı için bir savunma mekanizmasıdır (Arakawa vd., 2010; Mebs vd, 2010)



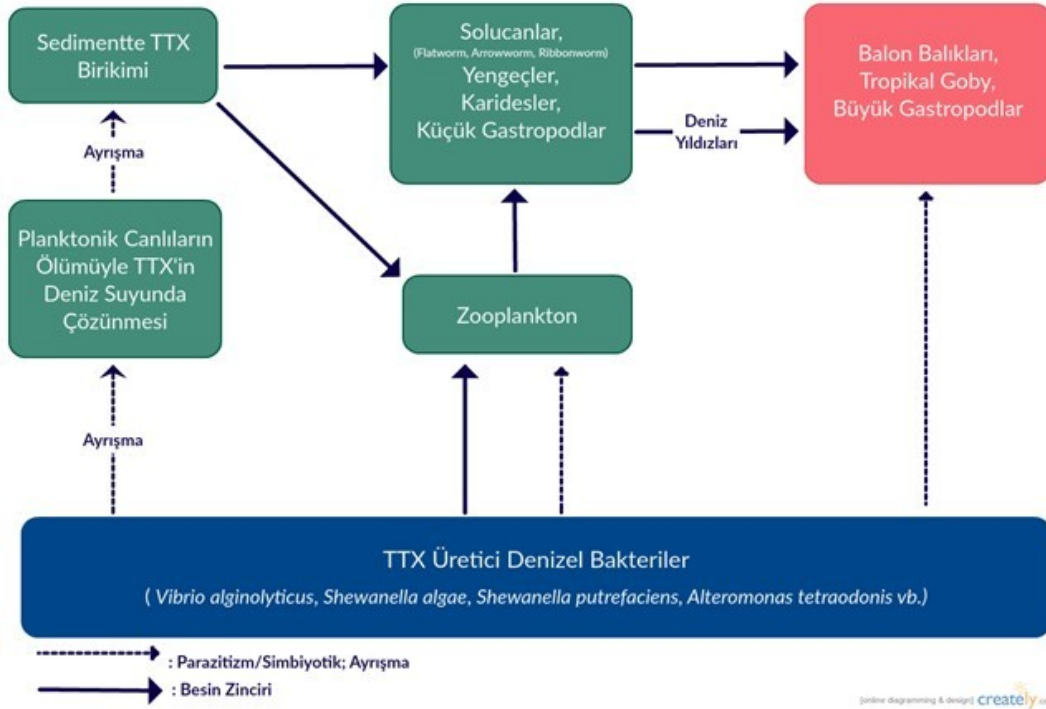
TTX taşıyan canlıların geniş çeşitliliğine rağmen TTX oluşum mekanizması ve TTX analoglarının bu denli çeşitli olması tam olarak aydınlatılamamıştır (Miyazawa ve Noguchi, 2001).

### 2.2.3. Tetrodotoksinin Kökeni

TTX'in kendine has bir kimyasal yapısı vardır. Yapılan çalışmalarla birçok husus aydınlatılmış olmasına rağmen biyosentezi ve taksonomik dağılım mekanizması hala tam olarak aydınlatılamamıştır (Hanifin 2010; Chau vd., 2011).

Balon balıklarında bulunan TTX'in olası kökeni; endojen olarak metabolik üretim, eksojen olarak besin zinciri ile vücuda alınması, belirli organlarda yaşayan simbiyotik bakteriler tarafından üretilmesi, ya da bu üçünün birlikte etkisi olabilir (Mosher ve Fuhrman, 1984). Arakawa vd. (2010), TTX'in bakteriler tarafından üretildiğini ve besin zinciri aracılığıyla vücutta biriktirildiğini; ancak TTX molekülünün döngüsü, birikimi ve eliminasyonu hala tam olarak aydınlatılamadığını bildirmişlerdir.

Hwang ve Noguchi (2007); balon balıklarındaki TTX üretim mekanizmasının besin zinciriyle doğrudan ilgili olduğunu bildirmişlerdir (Şekil 2.5). Balon balıkları, TTX içeren diğer canlıların bulunmadığı ortamlarda yetiştirildiklerinde toksik olmamaktadırlar (Noguchi vd., 2011). Örneğin deniz dibinden uzak kafeslerde ya da deniz suyunun süzülerek aktarıldığı havuzlarda yetiştiriciliği yapılan *Takifugu rubripes* türü balon balığı bireylerinin toksik olmadığı bildirilmiştir (Noguchi vd., 2006). Bu bulgular TTX molekülünün besin zinciri kökenli olduğu hipotezini desteklemektedir.



**Şekil 2.5.** Denizel türlerde TTX birikim mekanizması (Hwang ve Noguchi, 2007)

TTX'in kökeni ile ilgili birçok araştırmacının birleştiği nokta; TTX'in ilk olarak denizel bakteriler tarafından üretildiği ve besin zinciri yoluyla aktararak balon balıklarının vücutlarında biriktirildiğidir (Do vd., 1990; Lee vd., 2000; Miyazawa ve Noguchi, 2001; Narahashi., 2001; Noguchi vd., 2011; Yasumoto vd., 1986; Campell vd., 2009; Abbott vd., 2009; Arakawa vd., 2010; Miyazawa ve Noguchi, 2001). TTX molekülünün kökeni hakkında simbiyotik bakteriler tarafından üretiliyor olması hipotezi; birbiriyle taksonomik yakınlığı olmayan türlerde de TTX bulunması ve farklı canlılardan izole edilen TTX moleküllerinin tek tip olmaması olgusuyla metabolik açıdan desteklenmektedir (Miyazawa ve Noguchi, 2001).

TTX üreten bakteriler *Pseudomonas*, *Vibrio*, *Alteromonas*, *Shewanella*, *Pasteurella*, *Aeromonas*, *Plesimonas* ve *Pseualteromonas* cinslerinde yer alır, özellikle *Vibrio alginolyticus* TTX üretimi konusunda öne çıkan bir türdür (Narahashi., 2001).

#### 2.2.4. Tetrodotoksin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

TTX için kabul edilen toksik limit düzeyleri tartışmalı olmakla birlikte kabul edilen düzey 2 mg'dir. 50 kg ağırlığında ki bir insan için minimum öldürücü doz (MLD<sub>50</sub> – Minimum Lethal Dosage) yaklaşık olarak 10.000 MU yani 2.2 mg TTX'dir (Noguchi ve Ebesu., 2001; Hwang ve Noguchi, 2007). Ancak birçok araştırmacı balon balığının toksik kabul edilebilmesi için gerekli TTX düzeyinin 10 MU (Mouse Unit) olduğunu (Tablo 2.2) bildirmişlerdir (Sabrahd vd., 2006; Noguchi

vd., 2006; Noguchi ve Arakawa, 2008). 1 MU yaklaşık olarak 0.22 µg/g değerine tekabül etmektedir (Yasumoto ve Michishita, 1985, Nuñez-Vazquez vd., 2000). Bu bağlamda 2.2 µg/g ve üzerinde TTX değerlerine sahip dokular toksik olarak kabul edilmektedir.

**Tablo 2.2.** Balon Balıklarında Toksikite Tayini (Sabrah ve ark., 2006)

Toksikite Düzeyi	TTX Düzeyi
Toksik değil	< 10 MU/g (<≈2.2 µg/g)
Zayıf Toksikite	≥ 10-99 MU/g(≈2.2 – 21.78 µg/g)
Orta Düzey Toksikite	≥ 100-999 MU/g (≈22.0 – 219.78 µg/g)
Aşırı Toksikite	≥ 1000 MU/g (>≈220.0 µg/g)

TTX zehirlenmelerinde sinir sistemi ve hareket (kas) sistemi ile ilgili belirtiler gözlenir. Belirgin TTX zehirlenme semptomları felç, solunum yetmezliği, bulantı, kas koordinasyon bozukluğudur (Isbister vd., 2002). Ancak erken tanı ve destekleyici tedavi ile olumlu sonuçlar alınabilmektedir (Haque vd., 2008). Hasta eğer 24 saat içerisinde solunum yetmezliğinden ölmezse herhangi bir kalıntı olmaksızın iyileşir (Hwang ve Noguchi, 2007).

Balon balığı tüketiminin yol açtığı TTX zehirlenmelerine dair kayıtlar çok eski tarihlere dayanmaktadır. Çin'de M.Ö. 1. yy'a tarihlendirilen balon balığı tüketiminden kaynaklı zehirlenme vakalarının olduğu kayıtlar mevcuttur. Japonya'da ise balon balığı zehirlenmelerine dair ilk kayıt MS 200 yılına tarihlendirilmektedir (Miyazawa ve Noguchi, 2001). Japonya'da zehirlenme vakaları günümüzde hala devam etmektedir. Ancak alınan önlemler sonucunda ölümle sonuçlanan zehirlenme vakaları çok düşük düzeylere indirilebilmiştir (Hwang ve Noguchi, 2007). Resmi makamlara göre 1954-1963 yılları arasında Japonya'da 1153 kişinin balon balığı kaynaklı zehirlenmeler sonucu hayatını kaybetmiş olması (Tsunenari vd., 1980), Japon hükümetini bu hususta ciddi önlemler almaya yöneltmiştir. 1958 yılında Japonya'da uygulanmaya başlanan "balon balığı hazırlama kursları" ile sadece kursu başarıyla tamamlayabilenler, restaurantlarda balon balığını hazırlama ve pişirme yetkisine sahip olabilmıştır. Japon hükümetinin uyguladığı "balon balığının satışı ve hazırlanması-tüketilmesi" ilgili yasal kontrol ile ölüm vakaları 1967-1976 yılları arasında 372 kişiye düşmüştür (Tsunenari vd., 1980). Japonya'da alınan yasal önlemler, yetiştiriciliği yapılan balon balığı türlerinin, toplumun beslenme alışkanlıkları içerisinde kendine yer bulabilmiş olması zehirlenme oranlarını düşürmüştür (Hwang ve Noguchi, 2007). Ancak zehirlenme vakaları hala gözlenmektedir. Japonya Sağlık,



Çalışma ve Sosyal Yardım Bakanlığı verilerine göre, 2002-2006 yılları arasında 166 ayrı vakada 223 kişi TTX'den zehirlenmiş, 13 kişi ölmüştür (Arakawa vd., 2010).

Balon balığı kaynaklı zehirlenmeler Japonya dışında birçok farklı ülkelerden de rapor edilmektedir. Balon balığı tüketiminden kaynaklı TTX zehirlenmeleri Asya'da Japonya ile benzer şekilde çok uzun yıllardır sıklıkla karşılaşılan bir durumdur. (Hwang ve Noguchi, 2007). Çin ve Tayvan'da gastropod tüketiminden kaynaklı TTX zehirlenmeleri de bildirilmiştir. (Noguchi ve Arakawa, 2008). 2001 yılında Tayvan'da altı TTX zehirlenmesi vakası görülmüştür (How, 2003). Bunların dışında Malezya, Singapur, Tayland, Papua Yeni Gine, Bangladeş, Avustralya, Meksika, Vietnam ve ABD gibi ülkelerde çok daha az ölümlü zehirlenme vakaları olsa da zehirlenme vakaları gözlenmiştir (Popkiss vd., 1979; Chew vd., 1983; Laobhripatr vd.,1990; Field, 1998; Nuñez-Vazquez vd., 2000; Isbister vd., 2002; How, 2003; Hwang ve Noguchi, 2007; Chowdhury vd., 2007; Chua ve Chew, 2009. Noguchi ve Ebesu., 2001; Hwang ve Noguchi, 2007; Yu,2008).

Singapur'da *Sphaeroides maculatus* tüketiminden kaynaklı TTX zehirlenmesi vakası sonrasında anti-cholinesterase ilaç uygulanmış ve hasta iyileşmiştir (Chew vd., 1983). Malezya'da balon balığı tüketiminden kaynaklı zehirlenme vakaları olmaktadır (Chua ve Chew, 2009). Tayland'da 8 kişi *Tetraodon fangi* (tatlı su balon balığı) çorbasını yaparak tüketmişler ve zehirlenme belirtileri ile hastaneye gitmişlerdir. Yedikleri balığın toksin analizi yapılmış sırasıyla gonad, kas, karaciğer ve iç organlarda yoğun TTX tespit edilmiştir (Laobhripatr vd.,1990). Hong Kong'da balon balığı tüketerek zehirlenen 7 kişiden birisi ölmüş, diğer 6 hasta 48 saat içerisinde hiçbir kalıntı olmaksızın iyileşmişlerdir (Lau vd.,1995). Meksika'da da balon balığı tüketimi ve işlenmesi hususunda özel düzenlemeler mevcuttur, bu nedenle zehirlenme vakaları düşük düzeydedir. Resmi kayıtların yeterli olmadığı ülkede 1970-2000 yılları arasında 18 balon balığı kaynaklı zehirlenme vakası bildirilmiştir (Nuñez-Vazquez vd., 2000). Avustralya- New South Wales eyaletinde 1/1/2001-13/04/2002 tarihleri arasında 11 TTX zehirlenme vakası görülmüştür (Isbister vd., 2002). ABD'de ithal edilip başka isimlerle satılan balon balıklarının tüketimi nedeniyle 2007 yılında 2 kişi zehirlenmiştir (Cohen vd., 2009). Avustralya'da *L. sceleratus* tüketiminden kaynaklı TTX zehirlenmeleri rapor edilmiştir (Field, 1998). Bangladeş'te 2001-2006 yılları arasında 53 TTX zehirlenmesi vakası bildirilmiştir (Chowdhury vd., 2007). Yine Banladeş'te 2008 yılında Native Inland bölgesinde 141 kişi TTX zehirlenmesi vakası ile hastanelere başvurmuş, 17 hasta yaşamını yitirmiştir.

Hastaların yemiş oldukları pişmiş balon balıkları üzerinde yapılan analizlerde TTX ve 4-epiTTX, 4,9-anhydroTTX gibi TTX analogları tespit edilmiştir (Islam vd., 2011).

Küresel ısınmanın etkisiyle, TTX içeren organizmaların olası zehirlenme riskleri daha geniş alanlara yayılmaktadır (Arakawa vd., 2010; Katikou vd., 2009). Lessepsiyen göçüyle birlikte zehirlenme vakaları Akdeniz ülkelerinde de görülmeye başlamıştır (Eisenman vd., 2008; Bentur vd., 2008; Chamandi vd., 2009; Kheifets vd., 2012).

### 2.3. Besinsel Açıdan Balon Balıkları

Balon balıkları ile ilgili Japonya'da 16-19 yy'lar arasında yazılmış şiirlerin dahi olması, balon balıklarının tüm zehirlenme risklerine rağmen Japonya'da ne kadar popüler bir yiyecek olduğunun göstergesidir (Miyazawa ve Noguchi, 2001). Japonya'da 22 farklı balon balığı türünün yakalanması ve tüketicilere doğrudan satışına yasal olarak izin verilmektedir (Yamaguchi vd., 2013). Japonya'da genellikle çiğ olarak tüketilen dilimlenmiş et haline *sashimi* ve tüketimi nadir de olsa az pişirilmiş karaciğere de *kimo* adı verilir (Hwang ve Noguchi, 2007). Japonya'da toplumun geneline en lezzetli deniz ürünü olarak kabul edilen balon balıkları, bu ülkede sadece lisanslı şefler tarafından hazırlanabilmekte ve yine sadece lisanslı restaurantlarda satılabilmektedir. Japonya'da restaurantlarda ölüm vakası neredeyse duyulmamış bir durumdur (Narahashi., 2001). Bu ülkede balon balıklarının bazı türlerinin yenilebilir olduklarına dair yapılmış bilimsel çalışmalar mevcuttur (Hwang ve Noguchi, 2007). Ayrıca Japonya *L. spadiceus* gibi bazı balon balığı türlerini ithal etmektedir (Yamaguchi vd., 2013).

Brezilya'da çok sık/yoğun olmasa da marketlerde balon balığı satılmaktadır (Oliveira vd., 2003). Balon balıklarının Meksika'da kültürü yapılmaktadır (Nuñez-Vazquez vd., 2012), Meksika dünyanın ikinci büyük balon balığı ihratçısıdır. 1993 yılında 33 ton olan ihracat, 1997 yılında 1998 ton olmuştur (Nuñez-Vazquez vd., 2000).

### 2.4. Tıbbi Kullanım Açısından Balon Balıkları

Doğal kaynaklarla hasta tedavi edilmesi binlerce yıldır insanoğlu tarafından uygulanmakta ve bu amaçla bitki ve hayvanlardan elde edilen özütler kullanılmaktadır. Balon balıklarının Japonlar tarafından lezzetli bir yiyecek olarak kabul edilmesi ve geleneksel beslenme alışkanlıklarında önemli bir yeri olmasından dolayı Japonya'da balon balıkları ve TTX ile ilgili çok uzun yıllardır bilimsel araştırmalar yapılmaktadır. Ancak TTX molekülünün sinir hücrelerinde ki



Na kanallarını bloke edici özelliği keşfedildikten sonra çalışmalar daha çok TTX'in hücrel ve moleküler mekanizmalarına kaymıştır (Narahashi., 2001). 1960'lardan bu yana TTX, farmakologların, kimyagerlerin, deniz bilimcilerin, nörologların ilgisini daha da yoğun şekilde çekmektedir (Hwang ve Noguchi, 2007).

TTX nörofizyolojide ve farmakolojik araştırmalarda önemli bir yere sahiptir. Spesifik Na kanal blokeri olarak kullanılmaktadır (Noguchi ve Arakawa, 2008). Çin'de klinik tıp uygulamalarında, kanser hastaları için aneljezik olarak kullanılmaktadır. Japonya'da 20. yy başlarında klinik kullanımı romatizma tedavilerinde uygulanmıştır (Noguchi ve Arakawa, 2008). TTX'in aneljezik etkisinden yararlanarak orta ve ileri düzey kanserli hastalarda ağrıları azaltmak için kullanıldığı çalışmada ,TTX'in kanserli hastalarda ağrıları azalttığı bildirilmiştir (Hagen vd., 2008). TTX molekülünün Çin Halk Cumhuriyeti'nde terminal kanser hastalarında ağrı kesici olarak medikal kullanımı mevcuttur (Saoudi vd., 2010). Bragadeeswaran vd., (2010), Hindistan' ın güneydoğu kıyılarından yakalanan *Arothron hispidus* türü balon balıklarından izole edilen TTX üretici 3 bakteri türü (*Bacillus sp.*, *Kytococcus sedentarius* ve *Cellulomonas fimi*) filtre edip özütleri elde ettikten sonra, lösemili farelere intraperitoneal olarak enjekte etmişler, enjeksiyon sonucunda kas hücre dizisi ve lösemi hücre dizisi üzerinde büyümeyi inhibe edici etkiler gözlemişlerdir. Schwartz vd., (1998) tavşanlar üzerine yaptıkları çalışmalarda TTX kullanarak kornea da uzun süreli lokal anestezi etkisi oluşturmayı başarmışlardır. Priya vd. (2016), *L. spadiceus* türünü farmakolojik açıdan değerlendirdikleri çalışmada; bu türün antimikrobiyal ve antikanserojen etkilerini araştırmışlar ve bu türün potansiyel bir antibiyotik olduğunu bildirmişlerdir. Fouda, (2005) Kızıldeniz'de yaşayan maskeli balon balığının (*Arothron diadematus*) derisinden elde edilen TTX molekülünü tümör oluşturulmuş farelere uyguladığı çalışmada, yaşam süresinde %46 artış ve tümör hücrelerinin sayısında azalma gözlendiğini bildirmiştir. Kanadalı bir nörobiyolojik araştırma şirketi (International Wex Technologies inc) ileri düzey kanser hastalarının ağrılarını azaltan, anestezi fonksiyonu olan ve eroin bağımlılığı tedavisinde kullanılan bazı TTX içeren ilaçlar geliştirmiştir. Firma toksinin morfin benzeri bir etkiye sahip olduğunu, hatta diğer opioidler deki yan etkilerin görülmediğini, bağımlılık etkisi yapmadığını aynı miktarda ki morfinden 20000 kat daha etkili olduğunu ve opioidlere alternatif olarak kullanılabileceğini belirtmektedir (Wextech, 2017).

### 3. GEREÇ ve YÖNTEM

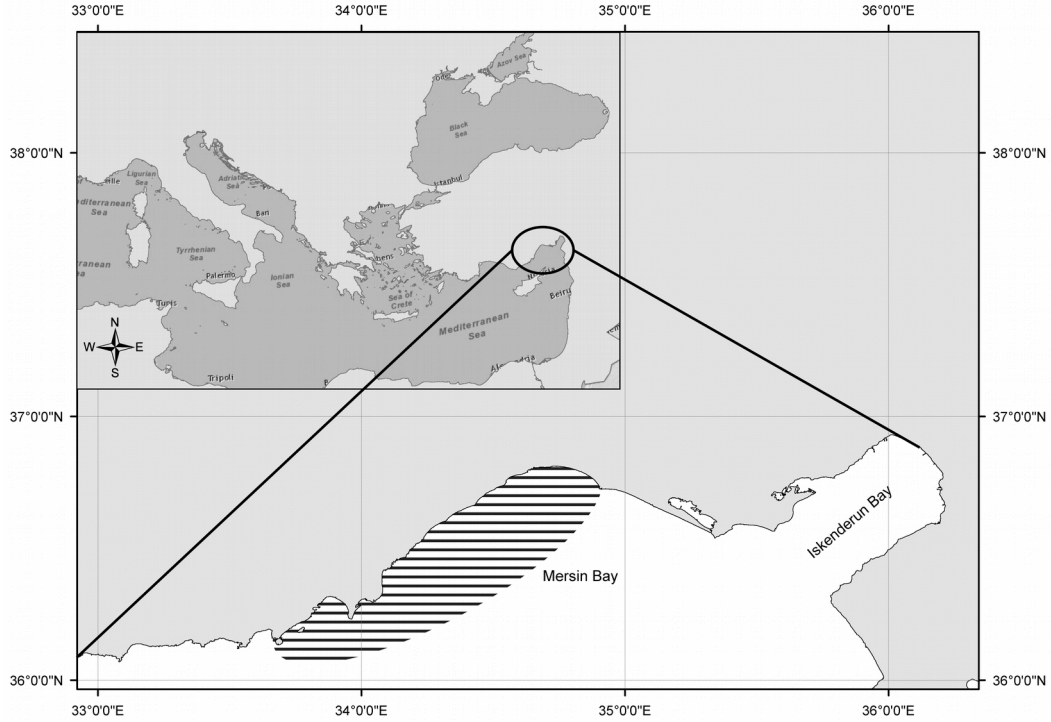
#### 3.1. Gereç

##### 3.1.1. TTX Standartı

Toksin analizlerinde kullanılan TTX standartı Abcam Biochemicals (Cambridge-İngiltere) firmasından temin edilmiştir. Enstrümental toksin analizlerinde Tetrodotoxin-ab120054 (Lot: APN14294-1-1) kodlu 1mg miktarındaki standartlar kullanılmıştır.

##### 3.1.2. Balon Balıklarının Temini

Proje kapsamında çalışmanın ana materyali olan balon balıklarının (Şekil 3.2) karaya çıkarılması T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'nca yasaklanmış türler olmasından dolayı (Anonim, 2016), çalışmada kullanılacak balıkların yakalanabilmesi için ilgili bakanlıktan araştırma izinleri alınmıştır. Örneklemeler Berdan (Tarsus) Çayı ( $36^{\circ}43'31.8''N$   $34^{\circ}54'27.0''E$ ) ile Yeşilovacık ( $36^{\circ}08'53.6''N$   $33^{\circ}39'40.7''E$ ) bölgeleri arasında ticari trol teknesi kiralanarak yapılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Balon balıklarının yakalandığı bölge (Taralı bölge)





Çalışmada kullanılan *L. sceleratus*, *L. spadiceus*, *L. suezensis*, *T. flavimaculosus* türlerine ait balon balığı örnekleri Aralık 2015 ile Ekim 2016 tarihleri arasında dört mevsim olarak gerçekleştirilen arazi çalışmalarından yeterli miktarlarda temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan balon balıkları dip trolü, pareketa ve olta avcılığıyla temin edilmiş ve soğuk zincir ile Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi İşleme Laboratuvarına ulaştırılmıştır. Balon balığı örnekleri gruplandırma ve diseksiyon işlemleri gerçekleştirilene kadar -20°C'de muhafaza edilmiştir.

### 3. 2. Yöntem

#### 3. 2. 1. Balon Balıklarının Gruplandırılması ve Diseksiyonu

Mevsimsel olarak yakalanan balon balığı türlerinin boy-ağırlık ölçümleri yapılmış (Tablo 3.1) diseksiyon işlemleri yapılmış (Şekil 3.2) ve mikroskop yardımıyla eşey tayinleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma boyunca yakalanan *L. sceleratus* türüne ait bireylerde maksimum ağırlık dişilerde 3661.02 g, erkeklerde 2746.21 g olarak ölçülmüşken; maksimum boy dişilerde 65.20cm, erkeklerde 57.04cm olarak ölçülmüştür. *L. spadiceus* türünde maksimum boy dişilerde 36.60 cm, erkeklerde 37.60 cm olarak ölçülmüşken; maksimum ağırlık dişilerde 832.18 g, erkeklerde 808.68 g olarak ölçülmüştür. *L. sceleratus* ve *L. spadiceus* türlerinde ölçülen maksimum değerler literatür ile benzerlik gösterse de *L. suezensis* türü bireylerde ölçülen değerler literatüre göre farklılık göstermektedir. Golani vd., (2006), *L. suezensis* türünün maksimum uzunluğunu 18 cm olarak bildirmişlerdir. Ancak bu çalışmada yakalanan *L. suezensis* türüne ait dişi bireylerde maksimum uzunluk 20.5 cm, erkek bireylerde 21 cm olarak ölçülmüştür.

**Tablo 3.1.** Araştırılan Balon Balığı Örneklerinin Boy-Ağırlık Miktarları

Tür	Mevsim	Birey Sayısı	Dişi				Erkek			
			Boy (cm)		Ağırlık (g)		Boy (cm)		Ağırlık (g)	
			Min-Max	Ort±Std	Min-Max	Ort±Std	Min-Max	Ort±Std	Min-Max	Ort±Std
<i>L. sceleratus</i>	Kış	10	49.50-65.20	57.16±5.12	1284.24-3661.02	2518.82±846.30	47.60-65.20	57.04±6.14	1268.21-2746.80	2052.92±549.07
	İlkbahar	10	46.20-64.90	55.56±6.12	1152.37-3131.46	2163.65±734.00	44.90-55.90	50.48±3.75	1074.45-2196.60	1634.99±379.51
	Yaz	10	45.90-54.10	49.78±3.14	943.05-1729.81	1337.40±289.02	43.30-45.20	44.36±0.83	784.80-996.23	891.03±88.47
	Sonbahar	10	48.10-63.10	55.65±5.24	1120.22-3243.18	2121.85±743.72	44.70-60.60	52.66±5.26	1154.14-2274.02	1713.26±394.54
<i>L. spadicus</i>	Kış	10	18.60-23.90	21.29±2.00	128.26-212.45	170.18±27.60	19.50-26.00	22.71±2.07	133.26-306.64	219.28±70.13
	İlkbahar	10	25.60-36.60	30.99±3.82	262.22-832.18	546.85±203.72	25.10-37.60	31.39±4.29	277.44-808.68	542.93±195.00
	Yaz	10	16.60-28.60	20.10±3.70	73.50-316.14	193.73±88.47	15.60-20.50	17.96±1.99	70.21-124.60	97.20±18.74
	Sonbahar	10	14.90-18.70	16.63±1.39	57.54-123.29	89.91±24.80	14.30-19.30	16.68±1.67	77.21-152.48	113.27±23.08
<i>L. suezensis</i>	Kış	10	12.20-19.65	16.62±2.14	25.38-92.75	59.56±21.33	15.10-19.10	17.09±1.25	45.03-80.80	62.93±12.66
	İlkbahar	10	16.60-20.50	18.54±1.13	63.97-90.45	77.71±8.77	12.80-21.00	16.95±2.38	27.90-96.62	62.03±22.60
	Yaz	10	13.10-17.00	15.20±1.40	24.27-57.31	41.81±12.21	12.60-16.50	14.09±1.26	26.95-43.62	35.46±5.85
	Sonbahar	10	13.40-16.10	14.70±0.87	29.01-50.17	39.86±8.74	14.40-15.10	14.46±0.42	25.50-34.20	27.79±2.55
<i>T. flavimaculosus</i>	Kış	10	8.30-12.80	10.59±1.30	11.18-35.87	23.57±7.61	7.40-10.40	8.98±0.99	7.41-21.90	14.05±4.27
	İlkbahar	10	9.10-12.10	10.97±0.89	13.40-37.88	25.47±6.23	8.60-11.80	10.42±0.97	12.50-25.82	19.07±4.93
	Yaz	10	8.60-10.60	9.65±0.70	11.80-18.20	15.13±2.31	11.80-12.10	11.94±0.10	26.44-31.30	28.87±1.61
	Sonbahar	10	9.50-11.60	10.30±0.68	15.92-28.24	21.96±4.08	9.10-10.10	9.61±0.38	12.81-15.57	14.20±0.94

Min-Max: Minimum ve maksimum değerler, Ort±Std: Ortalama ve standart sapma



Şekil 3.2. Balon balıklarının diseksiyonu

TOVAG proje değerlendirme sonucunda yer alan öneri doğrultusunda; her mevsim için her bir balon balığı türüne ait 10 erkek 10 dişi birey belirlenmiş ve bu bireylere ait kas doku, gonad, karaciğer, deri ve bağırsak gibi kısımlar disekte edilmiştir. Oluşturulan her grupta 10 bireye ait dokular birleştirilmiştir.

### 3. 2. 2. Balon Balığı Dokularında Tetradotoksin (TTX) Analizi

#### 3. 2. 2. 1. Tetradotoksin Standartının Hazırlanması

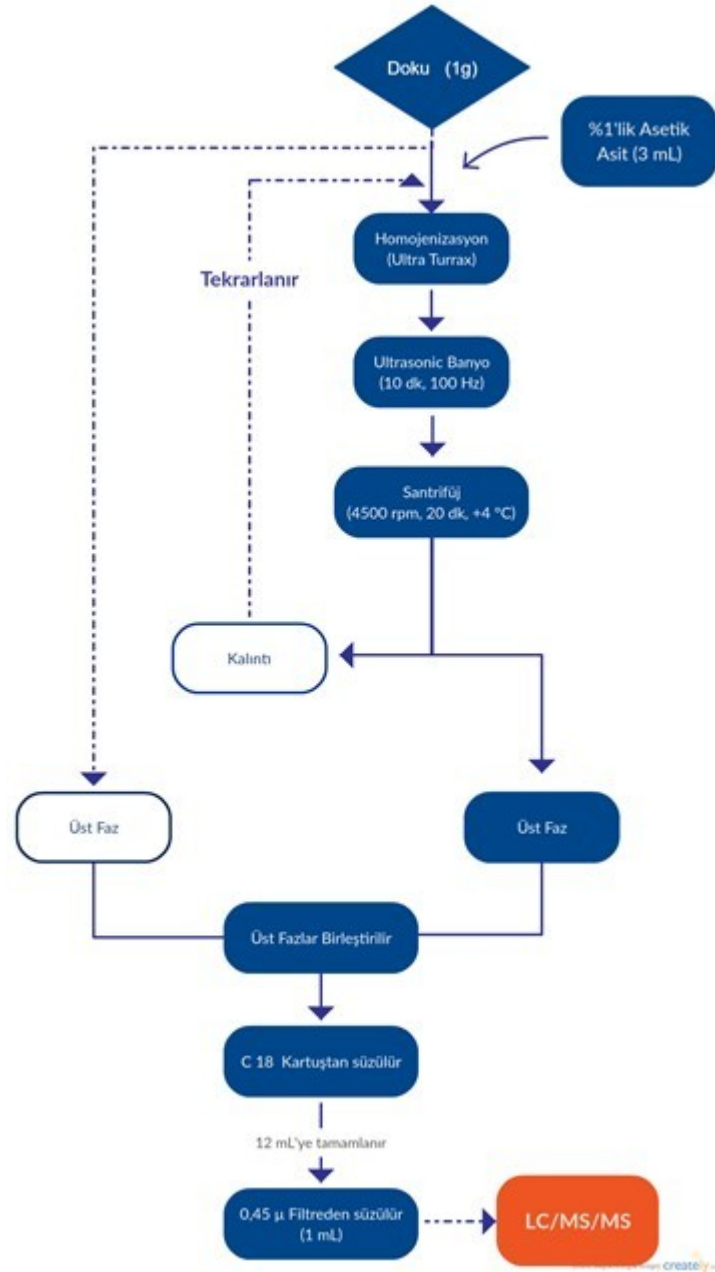


Enstrümental analiz öncesinde TTX standartları 0,01M asetik asit içeren 1 ml metanol ile dilüte edilmiş ve 1mg/ml stok TTX standardı elde edilmiştir. Ardından Q-TOF LC/MS analizlerinde kullanılmak üzere stok solüsyondan seyreltmelerle 0.05, 0.1, 0.5, 1 ve 2 mg/ml oranlarında standartlar kullanıma hazır hale getirilmiştir.

### **3. 2. 2. 2. Tetrodotoksin Ekstraksiyonu**

Tetrodotoksin ekstraksiyonları Silva vd. (2012) tarafından uygulanmış olan metoda göre yapılmıştır (Şekil 3.3). İki farklı eşey ve dört farklı mevsim grubunda beş dokuda üçer tekerrürlü olmak üzere her tür için toplam 120 numune analiz edilmiştir. Dört balon balığı türü için toplam 480 numunede TTX analizi yapılmıştır.

TTX ekstraksiyonu için balon balığı dokusundan 1 g kullanılmıştır. 1 g örnek üzerine %1'lik asetik asit içeren 3 mL metanol eklenmiştir. Karışım Ultra Turrax cihazı ile 7200 rpm'de 10 dk homojenize edilmiştir. Ardından Ultrasonic banyoda 100 Hz'de 10 dk bekletilmiştir. 15 dk oda sıcaklığında tutulan örnekler santrifüj edilmiştir (4500 rpm, 4 °C, 20 dk). Santrifüj sonrasında üst faz alınarak ayrılmış, kalıntı üzerine tekrar %1'lik asetik asit içeren 3 mL metanol eklenerek uygulanan işlemler tekrarlanmıştır. İkinci santrifüj işleminden sonra elde edilen üst faz ile daha önce ayrılmış olan üst faz birleştirilmiş ve elde edilen solüsyon 7 mL'ye tamamlanmıştır. Son solüsyon vortex ile karışım düzeyinin homojenleşmesi sağlandıktan sonra 1 mL'si vakumlu manifold cihazı yardımıyla öncesinde 6 mL metanol ve 6 mL su ile şartlandırılmış olan C18 kartuştan (3mL/500mg; Supelco-57012) geçirilmiştir. Örnek geçirildikten sonra kartuştan 10 mL metanol geçirilmiştir. Son solüsyon metanol ile 12 mL'ye tamamlanmış ve ardından vortex ile homojenize edilmiştir. Ardından evaporatör kullanılarak uçurma işlemi gerçekleştirilmiş ve kalıntı 1 mL metanol ile çözündürülmüş 0,45 µ membran filtrelerde süzülerek analiz edilmek üzere viallere aktarılmıştır.



**Şekil 3.3.** Balon balıklarından TTX ekstraksiyon mekanizması

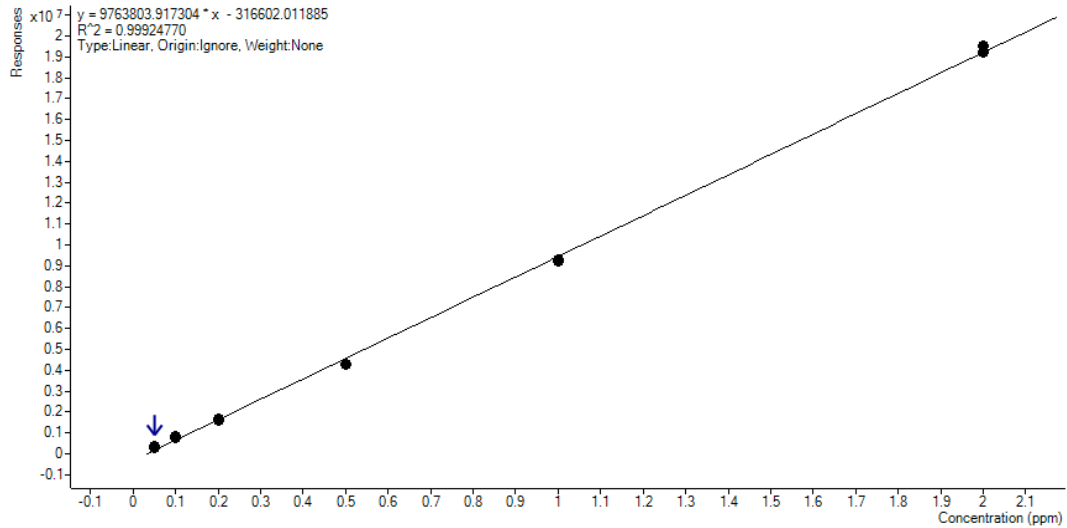
### 3. 2. 2. 3. Enstrümental Tetrodotoksin (TTX) Analizi

Enstrümental TTX analizlerinin Mersin Üniversitesi İleri Teknoloji Eğitim, Araştırma ve Uygulama Merkezi (MEITAM) laboratuvarlarında yapılması planlanmışken, adı geçen kurumda bulunan cihazdaki teknik arızanın giderilememesinden dolayı analizler Çukurova Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında (ÇÜMERLAB) bulunan Q-TOF LC/MS cihazı (Şekil 3.4) kullanılarak yapılmıştır. Enstrümental analizler Agilent 1260 HPLC cihazı ile bağlı Agilent marka 6545 Accurate-Mass Q-TOF LC/MS (Agilent Technologies, Inc., Santa Clara, CA, ABD) model cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



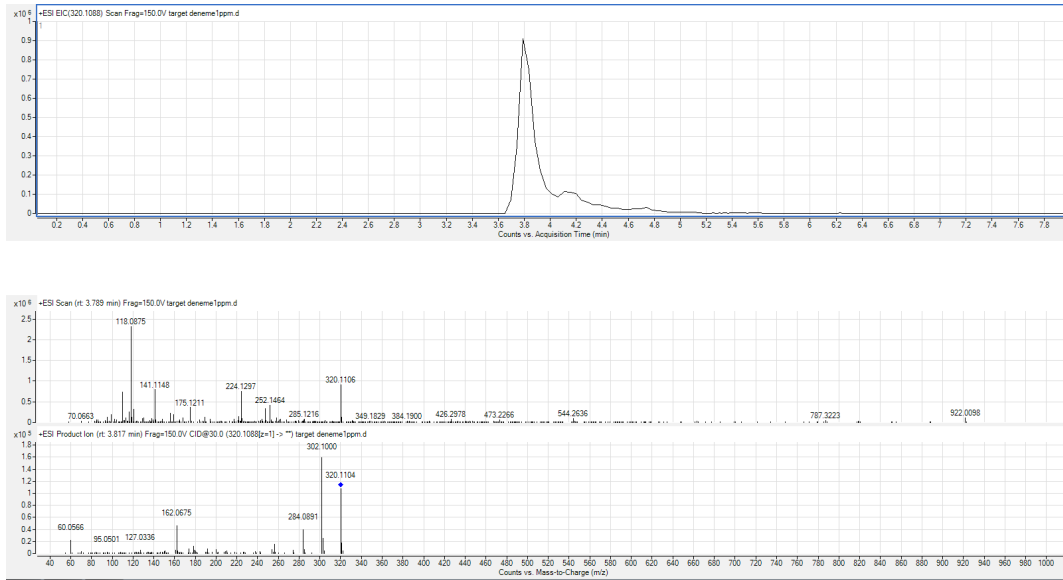
**Şekil 3.4.** Q-TOF LC/MS cihazı (Çukurova Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı)

Analiz öncesinde TTX standardı seyreltilerek 0.05-2 µg/ml aralığında 6 farklı konsantrasyon ile standart kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur.  $R^2$  değeri 0.99924770 olarak belirlenmiştir (Şekil 3.5).



**Şekil 3.5.** TTX standartının Q-TOF LC/MS analizlerinde elde edilen standart eğrisi

Q-TOF LC/MS çalışma koşulları (Tablo 3.2) ilk olarak TTX standardı kullanılarak optimize edilmiştir (Şekil 3.6).



**Şekil 3.6.** TTX standardı Kromatogramı ve kütle spektrometresi

Analizler için Poroshell 120 Hilic (3.0x50 mm; 2.7 µm) kolon (Agilent Technologies, Inc., Santa Clara, CA, ABD) kullanılmıştır. Toksin kolonda iki farklı mobil faz kullanılarak ayrıştırmıştır. Mobil faz A; distile edilmiş saf su içerisinde 20mM amonyum asetat ve mobil faz B; asetonitril içerisinde 20mM amonyum asetat olarak ayarlanmıştır. Analiz süresi 8 dk sürmüştür. TTX molekülünün görülme zamanı 3.9 dk olarak gözlenmiştir. Gradyent programı; ilk 2.5 dk %3 mobil faz A, %97 mobil faz B, ardından 2 dk %30 mobil faz A, %70 mobil faz B ve 4.5- 8 dk arası tekrar %3 mobil faz A, %97 mobil faz B olarak ayarlanmıştır. Kolon sıcaklığı 20°C ve enjeksiyon hacmi 10 µL olarak uygulanmıştır. LC sistemi, aşağıdaki parametreleri kullanarak pozitif iyon modunda ESI (elektrosprey iyonizasyon) arayüzü ile çalıştırılmıştır: Çarpışma ile aktiveleştirilmiş ayrışma gazı, 6 psi; gaz akışı 12 L/dk, iyon püskürtme voltajı, 3500 V; Sıcaklık, 400 ° C; Nebülizör basıncı, 40 psi olarak ayarlanmıştır. MS sistemi MRM (multiple reactions monitoring) modunda kullanılmış ve 100-1000 m/z aralığında tarama yapılmıştır. Q-TOF LC/MS analizleri üç tekerrürlü olarak yapılmıştır.

**Tablo 3.2.** Q-TOF LC/MS cihazının çalışma koşulları

<b>Kolon</b>	<b>Poroshell 120 Hilic (3.0x50 mm; 2.7 µm) (Agilent Technologies, Inc., Santa Clara, CA, ABD)</b>		
<b>Akış hızı</b>	0.7 ml/dk		
<b>Enjeksiyon hacmi</b>	10µ		
<b>İyon kaynağı</b>	Elektro sprej iyonizasyon, pozitif mod (ESI+)		
<b>Mobil Faz A</b>	1 L distile edilmiş saf su içerisinde 20mM Amonyumasetat		
<b>Mobil Faz B</b>	1 L asetonitril içerisinde 20mM Amonyumasetat		
<b>Gaz akış hızı</b>	10L/dk		
<b>Gaz sıcaklığı</b>	350 °C		
<b>Kapiler voltaj</b>	3500V		
<b>Tarama aralığı (m/z)</b>	100-1000		
<b>Nebulizer</b>	40 psig		
<b>Analiz süresi</b>	8 dk		
<b>Gradyent Programı</b>	Zaman (dk)	Mobil Faz A (%)	Mobil Faz B (%)
	0-2	3	97
	2.5	30	70
	4.5	30	70
	4.6-8	3	97

### 3.2.3. İstatistik Analizler

İstatistik analizler SPSS 17.0 (SPSS Inc., Chicago, IL. USA) kullanılarak yapılmıştır. Balon balıklarında herbir balon balığı türündeki toksin düzeyi araştırmalarında mevsimler arası önemli farklılıkları belirlemek için ANOVA kullanılmıştır. Aynı mevsime ait gruplarda erkek ve dişi bireyler arasındaki eşeye bağlı farklılıkları belirlemek için T testi kullanılmıştır. Her grup için üç tekrarlı olarak istatistik karşılaştırma yapılmıştır.

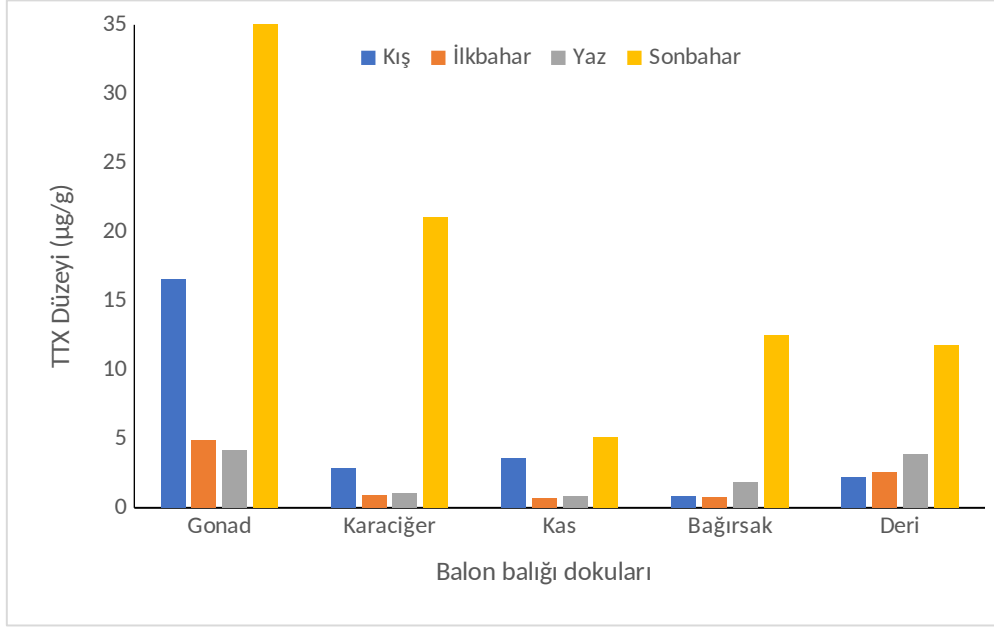
#### **4. BULGULAR VE TARTIŞMA**

##### **4. 1. *Lagocephalus sceleratus* Türünün TTX Düzeyi**

Mersin Körfezinde 2015 Aralık ve 2016 Ekim tarihleri arasında dört mevsim boyunca yakalanan *L. sceleratus* türü balon balıklarının kas, gonad, karaciğer, bağırsak ve derilerindeki TTX düzeylerindeki mevsimsel ve eşeyssel farklılıklar belirlenmiştir (Tablo 4.1). Her mevsim için on erkek, on dişi birey belirlenerek her grupta yeralan on balık birleştirilmiş ve homojenize edilmiştir. *L. sceleratus* türü balon balıklarının TTX içerikleri  $0.69\pm 0.11$  ile  $35.60\pm 3.75$   $\mu\text{g/g}$  aralığında tespit edilmiştir. *L. sceleratus* türü balon balıklarında maksimum TTX içerikleri tüm dokular için sonbahar mevsiminde ve dişi balıklardan alınan numunelerde gözlenmiştir. Dişi balık örneklerinde maksimum TTX düzeyleri



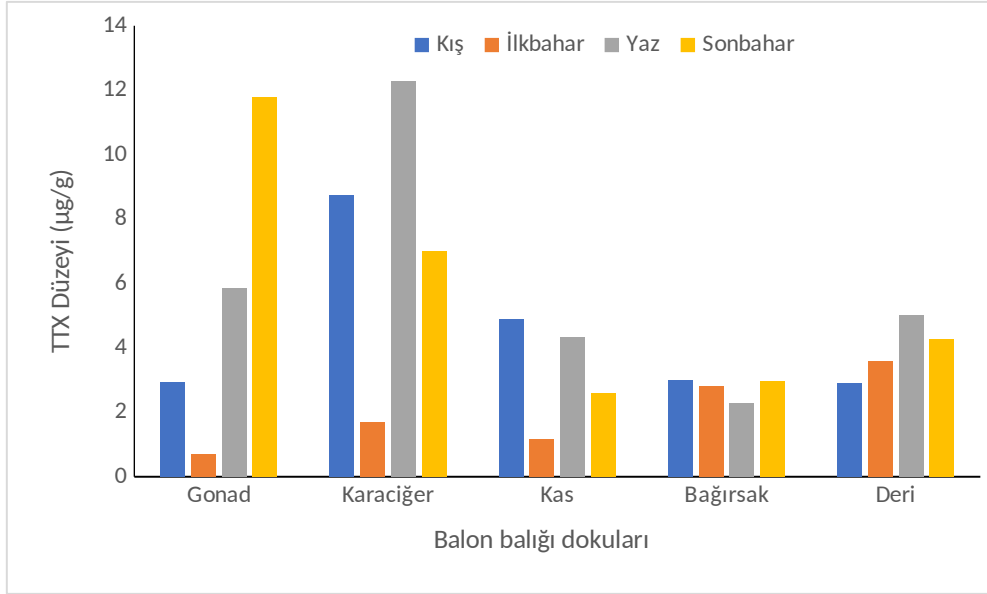
gonad, karaciğer, bağırsak, deri ve kas dokularında sırasıyla 35.60, 21.05, 12.47, 11.75 ve 5.12 ( $\mu\text{g/g}$ ) olarak belirlenmiştir (Şekil 4.1). Ancak erkek balıklardan alınan örneklerde maksimum TTX düzeyleri dişi balıklardan farklı olarak karaciğer, gonad, deri, kas ve bağırsakta 12.27, 11.79, 5.02, 4.90 ve 3.00 ( $\mu\text{g/g}$ ) şeklinde belirlenmiştir (Şekil 4.2).



**Şekil 4.1.** *L. sceleratus* türü balon balıklarında dişi bireylerin TTX düzeyleri

*L. sceleratus* türü balon balıklarının kas dokularındaki TTX düzeyleri  $0.70 \pm 0.07$  ile  $5.12 \pm 0.48$  ( $\mu\text{g/g}$ ) aralığında tespit edilmiştir. *L. sceleratus* türü balon balıklarında kas dokudaki TTX düzeyleri dişi bireylerde ilkbahar ve yaz mevsimlerinde sırasıyla  $0.70 \pm 0.07$  ve  $0.80 \pm 0.07$  ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleriyle toksik limitin ( $2.2 \mu\text{g/g}$ ) altında bulunmuştur. Kış ve sonbahar mevsimlerinde ise sırasıyla  $3.60 \pm 0.83$  ve  $5.12 \pm 0.48$  ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleriyle toksisite limitinin üzerinde TTX tespit edilmiştir. Erkek bireylerde ise, kış, yaz ve sonbahar mevsimlerinde elde edilen  $4.90 \pm 0.02$ ,  $4.32 \pm 0.28$  ve  $2.61 \pm 0.40$  ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleri ile toksik limitlerin (Tablo 2.2) üzerinde olduğu belirlenmiştir. Erkek bireylerde sadece ilkbahar mevsiminde araştırılan kas doku örneğinde  $1.17 \pm 0.32$  ( $\mu\text{g/g}$ ) değeri ile toksik limitin altında bir TTX içeriği gözlenmiştir. *L. sceleratus* türü balon balıklarının kas dokularında dişi bireylerde ilkbahar ve yaz mevsimlerinde istatistiksel farklılıklar gözlenmemişken ( $p > 0.05$ ), kış ve sonbahar mevsimlerinde istatistiksel açıdan farklılıklar gözlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Erkek bireylerde ise kış ve yaz mevsimlerinde istatistiksel farklılıklar gözlenmemişken ( $p > 0.05$ ), ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde istatistiksel açıdan farklılıklar gözlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Eşeyssel açıdan ise ilkbahar mevsiminde istatistiksel farklılık gözlenmezken ( $p > 0.05$ ), kış, yaz ve sonbahar

mevsimlerinde erkek ve dişi örnekleri arasında istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir ( $p < 0.05$ ).



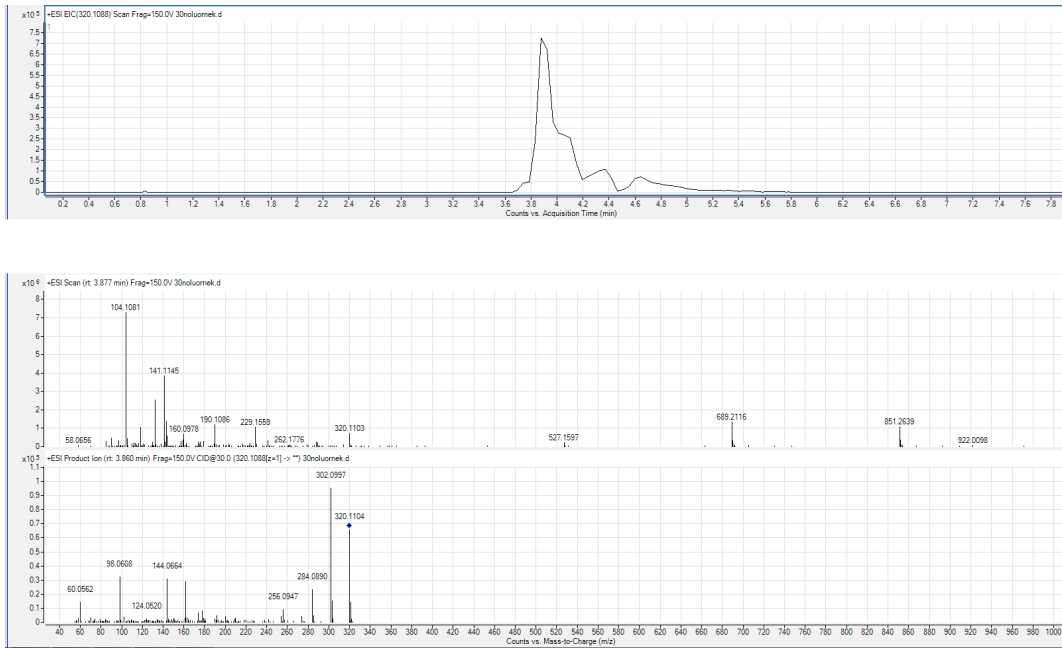
**Şekil 4.2.** *L. sceleratus* türü balon balıklarında erkek bireylerin TTX düzeyleri

*L. sceleratus* türü balon balıklarının TTX içerikleri ilgili Akdeniz'de yapılmış çalışmalarda kas doku TTX içerikleri mevcut çalışma ile uyumlu düzeylerde dir. Rodriguez vd. (2012) *L. sceleratus* türü balon balıklarının kas doku TTX içeriğini 3.47 ( $\mu\text{g/g}$ ), Köşker vd. (2016) 2.83 ( $\mu\text{g/g}$ ), Ujevic vd. (2016) 0.8 ( $\mu\text{g/g}$ ), Acar vd. (2017) 3.4 ( $\mu\text{g/g}$ ) olarak bildirmişlerdir. Ancak Azman vd., (2014) Malezya kıyılarında avlanmış olan *L. sceleratus* türü balon balıklarında kas dokudaki TTX düzeyini 30.0 ( $\mu\text{g/g}$ ) olarak bildirmiştir. Bu durumun balıkların yakalanmış olduğu bölgelerin farklılığından veya farklı analiz yöntemleri kullanımından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

**Tablo 4.1.** *L. sceleratus* türü balon balıklarında TTX Düzeyleri

<i>L. sceleratus</i>		Gonad	Karaciğer	Kas	Bağırsak	Deri
Kış	Dişi	16.56±0.47 <sup>bx</sup>	2.87±0.86 <sup>by</sup>	3.60±0.83 <sup>bx</sup>	0.85±0.13 <sup>cx</sup>	2.20±0.39 <sup>cx</sup>
	Erkek	2.93±0.08 <sup>cy</sup>	8.73±0.83 <sup>bx</sup>	4.90±0.02 <sup>ax</sup>	3.00±0.94 <sup>ax</sup>	2.90±0.02 <sup>dx</sup>
İlkbahar	Dişi	4.91±0.49 <sup>cx</sup>	0.89±0.26 <sup>bx</sup>	0.70±0.07 <sup>cx</sup>	0.79±0.04 <sup>cy</sup>	2.58±0.43 <sup>cx</sup>
	Erkek	0.69±0.11 <sup>dy</sup>	1.70±0.35 <sup>cx</sup>	1.17±0.32 <sup>cx</sup>	2.81±0.12 <sup>ax</sup>	3.58±0.13 <sup>cx</sup>
Yaz	Dişi	4.15±0.34 <sup>cx</sup>	1.03±0.61 <sup>by</sup>	0.80±0.07 <sup>cy</sup>	1.83±0.00 <sup>by</sup>	3.85±0.01 <sup>bx</sup>
	Erkek	5.85±1.00 <sup>bx</sup>	12.27±1.66 <sup>ax</sup>	4.32±0.28 <sup>ax</sup>	2.29±0.04 <sup>ax</sup>	5.02±0.05 <sup>ax</sup>
Sonbahar	Dişi	35.60±3.75 <sup>ax</sup>	21.05±1.96 <sup>ax</sup>	5.12±0.48 <sup>ax</sup>	12.47±0.65 <sup>ax</sup>	11.75±0.29 <sup>ax</sup>
	Erkek	11.79±0.89 <sup>ay</sup>	6.99±1.09 <sup>by</sup>	2.61±0.40 <sup>by</sup>	2.96±0.10 <sup>ay</sup>	4.28±0.30 <sup>by</sup>

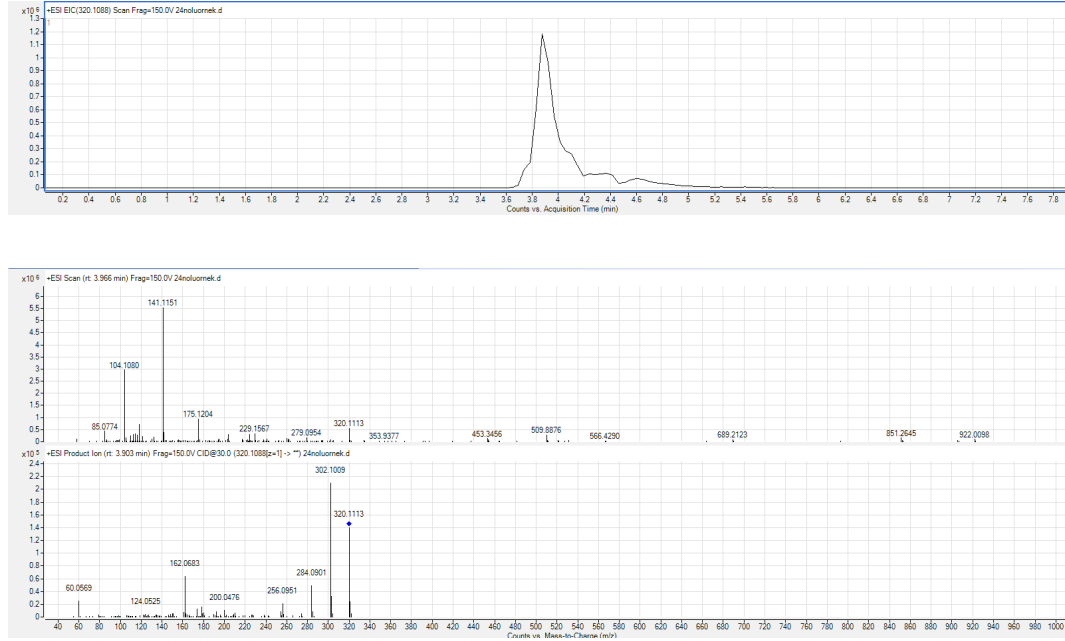
Aynı satırda farklı harflerle belirtilen (a–d) ortalamalar arasında istatistiksel olarak mevsimsel fark ( $p < 0.05$ ) vardır. Aynı sütunda farklı harflerle (x,y) gösterilenler arasında istatistiksel olarak eşeye bağlı farklılık vardır ( $p < 0,05$ )



**Şekil 4.3.** *L. sceleratus* erkek kas dokusunda TTX kromatogramı ve kütle spektrometresi

*L. sceleratus* türü balon balıklarının karaciğerlerindeki TTX içeriği ile ilgili yapılan analizler sonucunda toksin düzeyleri  $0.89 \pm 0.26$  ile  $21.05 \pm 1.96$  ( $\mu\text{g/g}$ ) aralığında tespit edilmiştir. Dişi balıklarda en yüksek TTX içeriği sonbahar mevsiminde  $21.05 \pm 1.96$  ( $\mu\text{g/g}$ ) olarak ölçülmüşken, erkek bireylerde en yüksek TTX değeri yaz mevsiminde  $12.27 \pm 1.66$  ( $\mu\text{g/g}$ ) olarak ölçülmüştür. Dişi bireylerde kış ve sonbahar mevsimlerinde TTX düzeyleri sırasıyla  $2.87 \pm 0.86$  ve  $21.05 \pm 1.96$  ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleriyle toksik limitin üzerinde ölçülmüşken, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde sırasıyla  $0.89 \pm 0.26$  ve  $1.03 \pm 0.61$  ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleri ile toksik limitin altında ölçülmüştür. Erkek bireylerde ise sadece ilkbahar mevsiminde  $1.70 \pm 0.35$  ( $\mu\text{g/g}$ ) ile toksik limitin altında TTX belirlenmişken; kış, yaz ve sonbahar mevsimlerinde sırasıyla  $8.73 \pm 0.83$ ,  $12.27 \pm 1.66$  ve  $6.99 \pm 1.09$  ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleri ile toksik limitin üzerinde TTX belirlenmiştir. *L. sceleratus*'un sonbahar mevsiminde örneklenen dişi bireylerinin karaciğer dokularındaki TTX düzeyi ile diğer mevsimlerdeki düzeyler arasında istatistiksel açıdan farklılık vardır ( $p < 0.05$ ). Erkek bireylerde ise kış ve sonbahar mevsimlerinde istatistiksel farklılıklar gözlenmemişken ( $p > 0.05$ ), ilkbahar ve yaz mevsimlerinde istatistiksel açıdan farklılıklar gözlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Eşeyssel açıdan ise ilkbahar mevsiminde istatistiksel farklılık gözlenmezken ( $p > 0.05$ ), kış, yaz ve sonbahar mevsimlerinde eşeyler arasında istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Akdeniz'de yakalanan *L. sceleratus* bireylerinin karaciğerlerinde yapılmış TTX çalışmalarında mevcut

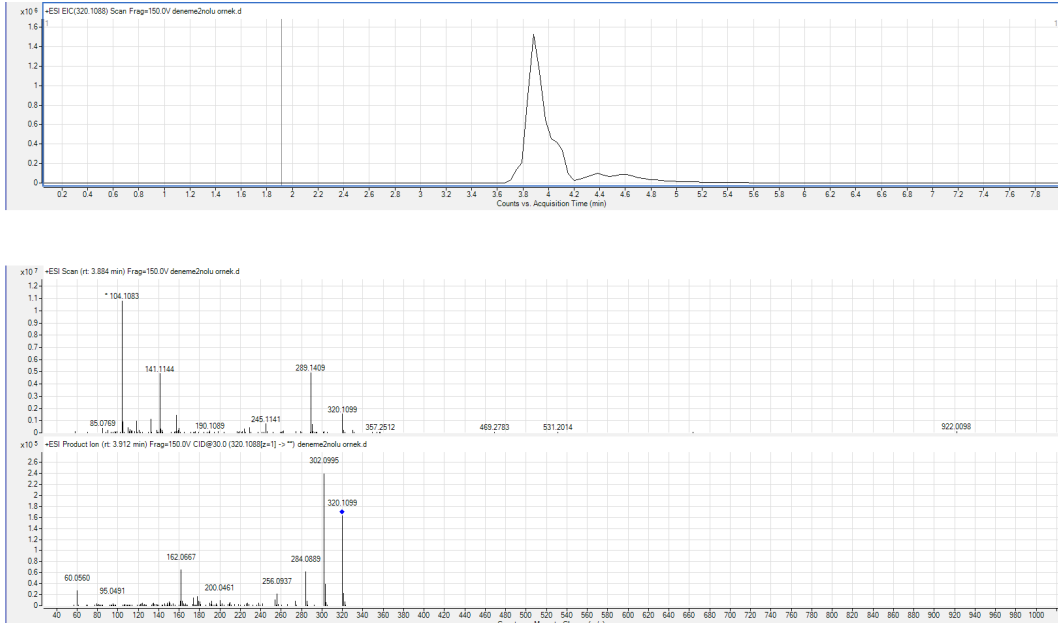
çalışma ile benzer şekilde Ujevic vd. (2016) 30.6 ( $\mu\text{g/g}$ ), Acar vd. (2017) 25.4 ( $\mu\text{g/g}$ ) değerlerini bildirmişlerdir. Ancak Rodriguez vd. (2012) ve Köşker vd. (2016) tarafından bildirilen TTX düzeyleri sırasıyla 44.15 ve 46.2 ( $\mu\text{g/g}$ ) mevcut çalışmadan daha yüksek değerlerdir. Bu durumun analiz edilen balıkların birey büyüklüğünden kaynaklandığı düşünülmektedir.



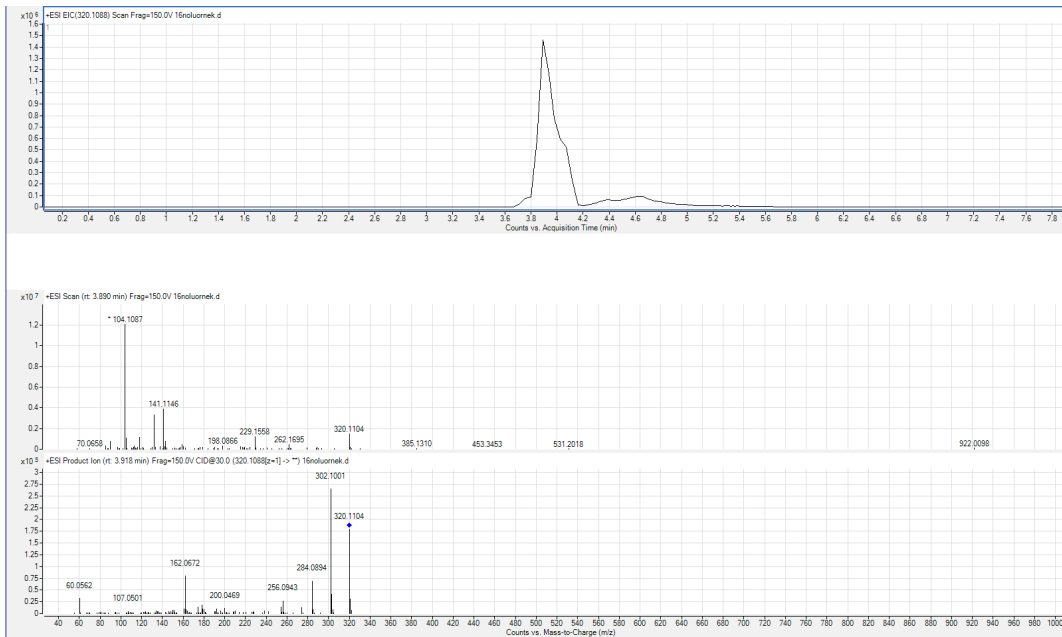
**Şekil 4.4.** *L. sceleratus* dişi karaciğerinde TTX kromatogramı ve kütle spektrometresi

*L. sceleratus* türü balon balıklarının gonadlarında TTX düzeyleri  $0.69\pm 0.11$  ile  $35.60\pm 3.75$  ( $\mu\text{g/g}$ ) aralığında ölçülmüştür. Dişi bireylerde tüm mevsimlerde, erkek bireylerde ise ilkbahar mevsimi hariç diğer üç mevsimde TTX düzeyleri toksik limitin üzerinde ölçülmüştür. Kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde dişi birey gonadlarında TTX düzeyleri sırasıyla  $16.56\pm 0.47$ ,  $4.91\pm 0.49$ ,  $4.15\pm 0.34$  ve  $35.60\pm 3.75$  ( $\mu\text{g/g}$ ) tespit edilmiştir. Erkek bireylerde ise kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde sırasıyla  $2.93\pm 0.08$ ,  $0.69\pm 0.11$ ,  $5.85\pm 1.00$  ve  $11.79\pm 0.89$  ( $\mu\text{g/g}$ ) olarak ölçülmüştür. *L. sceleratus* türü balon balıklarının gonad örneklerinde mevsimsel açıdan dişi örneklerinde ilkbahar ve yaz mevsimlerinde istatistiksel farklılık gözlenmemişken ( $p>0.05$ ), kış ve sonbahar mevsimlerinde istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir ( $p<0.05$ ). Erkek bireylerde ise mevsimsel açıdan tüm örnekler arasında istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir ( $p<0.05$ ). Eşeyssel açıdan ise yaz mevsiminde herhangi bir istatistiksel farklılık gözlenmezken ( $p> 0.05$ ), kış, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde erkek ve dişi örnekleri arasında istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir

( $p < 0.05$ ). *L. sceleratus* türü balon balon balıklarının gonadlarındaki maksimum TTX düzeyleri; Rodriguez vd. (2012), Köşker vd. (2016), Ujevic vd. (2016) ve Acar vd. (2017) tarafından sırasıyla 46.30, 52.1, 48.7 ve 80.0 ( $\mu\text{g/g}$ ) olarak bildirilmiştir. Bu sonuçların çalışmamızda elde edilen TTX düzeylerinden farklı olmasının; analiz edilen balıkların birey büyüklüklerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.



**Şekil 4.5.** *L. sceleratus* dişi gonadında TTX kromatogramı ve kütle spektrometresi



**Şekil 4.6.** *L. sceleratus* erkek gonadında TTX kromatogramı ve kütle spektrometresi

*L. sceleratus* türü balon balıklarının bağırsak örneklerinde TTX düzeyleri  $0.79\pm 0.04$  ile  $12.47\pm 0.65$  ( $\mu\text{g/g}$ ) aralığında tespit edilmiştir. Maksimum TTX düzeyine sonbahar mevsiminde tespit edilmişken, erkek bireylerde maksimum TTX düzeyi kış mevsiminde tespit edilmiştir. Dişi bireylerde kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde sırasıyla  $0.85\pm 0.13$ ,  $0.79\pm 0.04$  ve  $1.83\pm 0.00$  ( $\mu\text{g/g}$ ) değerleri ile toksik limitin altında tespit edilmiştir. Dişi bireylerde sonbahar mevsiminde  $12.47\pm 0.65$  ( $\mu\text{g/g}$ ) değeri ile limit üstü toksisite tespit edilmiştir. Erkek bireylerde ise bağırsak TTX düzeyi tüm mevsimlerde toksik limitin üzerinde tespit edilmiştir. En yüksek TTX düzeyi kış mevsiminde  $3.00\pm 0.94$  ( $\mu\text{g/g}$ ) olarak tespit edilmiş, ardından sonbahar, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde sırasıyla  $2.96\pm 0.10$ ,  $2.81\pm 0.12$  ve  $2.29\pm 0.04$  ( $\mu\text{g/g}$ ) TTX değerleri tespit edilmiştir. *L. sceleratus* türü balon balıklarının bağırsak örneklerinde mevsimsel açıdan dişi bireylerde kış ve ilkbahar mevsimlerinde istatistiksel farklılık gözlenmemişken ( $p>0.05$ ), yaz ve sonbahar mevsimlerinde istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir ( $p<0.05$ ). Erkek bireylerde ise mevsimler arasında istatistiksel farklılıklar gözlenmemiştir ( $p>0.05$ ). Eşeyssel açıdan ise ilkbahar mevsiminde istatistiksel farklılık gözlenmezken ( $p>0.05$ ), kış, yaz ve sonbahar mevsimlerinde erkek ve dişi örnekleri arasında istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir ( $p<0.05$ ). Köşker vd. (2016) Mersin Körfezi'nde yakalanmış *L. sceleratus* türü balon balıklarının bağırsaklarındaki maksimum TTX düzeyini mevcut çalışma ile benzer şekilde  $7.64$  ( $\mu\text{g/g}$ ) olarak bildirmiştir. Rodriguez vd. (2012) ile Acar vd. (2017) bağırsaklardaki maksimum TTX düzeylerini sırasıyla  $37.60$  ve  $48.8$  ( $\mu\text{g/g}$ ) olarak bildirmişlerdir. Bu bulgular mevcut çalışmada elde edilen bulgulardan yüksek düzeydedir. Bu durumun balıkların yakalandığı bölge ve beslenme rejiminden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Birçok araştırmacı balon balıklarındaki TTX birikiminin besin zinciri aracılığı ile sağlandığını bildirmiştir (Hwang ve Noguchi, 2007; Saoudi vd., 2010; Arakawa vd., 2010)

*L. sceleratus* türü balon balıklarının deri örneklerinde TTX düzeyleri  $2.20\pm 0.39$  ile  $11.75\pm 0.29$  ( $\mu\text{g/g}$ ) aralığında tespit edilmiştir. Tüm mevsimlerde her iki eşeye ait dokularda da toksik limitin üzerinde TTX tespit edilmiştir. Hem erkek hem de dişi bireylerde maksimum toksisite düzeyleri sonbahar mevsiminde, minimum toksisite düzeyleri ise kış mevsiminde ölçülmüştür. Dişi bireylerde sonbahar, yaz, ilkbahar ve kış mevsimlerinde TTX düzeyleri sırasıyla  $11.75\pm 0.29$ ,  $3.85\pm 0.01$ ,  $2.58\pm 0.43$  ve  $2.20\pm 0.39$  ( $\mu\text{g/g}$ ) olarak belirlenmiştir. Erkek bireylerde ise yaz, sonbahar, ilkbahar ve kış mevsimlerinde TTX düzeyleri sırasıyla  $5.02\pm 0.05$ ,  $4.28\pm 0.30$ ,  $3.58\pm 0.13$  ve  $2.90\pm 0.02$  ( $\mu\text{g/g}$ ) olarak tespit edilmiştir. *L.*

*sceleratus*'un yaz ve sonbahar mevsiminde örneklenen dişi bireylerinin derisindeki TTX düzeyi ile diğer mevsimlerdeki düzeyler arasında istatistiksel açıdan farklılık vardır ( $p < 0.05$ ). Eşeyssel açıdan ise kış mevsiminde istatistiksel farklılık gözlenmemişken ( $p > 0.05$ ), diğer mevsimlerde istatistiksel farklılık gözlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Akdeniz'in farklı bölgelerinden yakalanmış *L. sceleratus* türü balon balıklarının derilerindeki maksimum TTX düzeylerini Rodriguez vd. (2012) ve Ujevic vd. (2016) mevcut çalışmadan daha düşük olarak sırasıyla 1.40 ve 1.5 ( $\mu\text{g/g}$ ) olarak bildirmişlerdir. Bu durumun balıkların yakalandıkları bölgeden kaynaklandığı düşünülmektedir. Köşker vd. (2016), Mersin Körfezi'nden yakalanan *L. sceleratus* türü balon balıklarının derilerindeki maksimum TTX düzeyini 3.43 ( $\mu\text{g/g}$ ) olarak bildirmişlerdir. Bu değer mevcut çalışmada elde edilen TTX düzeyi aralığı içerisinde yer almaktadır.

#### **4. 2. *Lagocephalus spadiceus* Türünün TTX Düzeyi**

Mersin Körfezinde 2015 Aralık ve 2016 Ekim tarihleri arasında dört mevsim boyunca yakalanan *L. spadiceus* türü balon balıklarının kas, gonad, karaciğer, bağırsak ve derilerindeki TTX düzeyleri araştırılmıştır. Ancak *L. spadiceus* türü balon balıklarında incelenen hiçbir örnekte TTX tespit edilememiştir. Bu bulgu literatürde bu tür ile ilgili daha önce yapılmış birçok bilimsel araştırma ile örtüşmektedir. *L. spadiceus* türü balon balıkları diğer türlere nazaran çok daha uzun bir süre önce Akdeniz'e yerleşmiş lesepsiyen bir türdür. *L. sceleratus* türü ile ilgili Akdeniz'e girişinden kısa süre zehirlenme vakaları bildirilmiş olmasına rağmen (Eisenman vd., 2008; Bentur vd., 2008; Chamandi vd., 2009; Kheifets vd., 2012), *L. spadiceus* ile ilgili kayıt altına alınmış herhangi bir zehirlenme vakasına rastlanmamıştır. Benzer şekilde birçok araştırmacı bu türün toksik bir tür olmadığını ve özellikle doğu asya ülkelerinde tüketildiğini bildirmişlerdir (Berry ve Hassan, 1973; Yamaguchi vd., 2013; Ngy vd., 2008; Yu ve Yu, 1997; Brillantes vd., 2003; Chulanetra vd., 2011; Brillantes vd., 2003; Kaewner vd., 2013; Yu ve Yu, 1997; Berry ve Hassan, 1973 ve Yamaguchi vd. 2013). Japonya hükümetinin 2006 verilerine göre Japonya tarafından ithal edilen balon balıklarının yaklaşık %90'ını *L. spadiceus* türü balon balıkları oluşturmaktadır (Yamaguchi vd., 2013). Azman vd., (2014), birçok çalışmada non toksik olduğu belirtilen *L. spadiceus* türünün Malezya'da yakalanan örneklerinde TTX düzeylerini araştırmışlar ve bu balığın kas ve karaciğerinin TTX içerdiğini ve bu türün toksik olduğunu bildirmişlerdir. Bu bulgu balığın yakalandığı bölgenin özne koşullarından kaynaklanabiliyor olabileceği gibi, tür tayininin doğru yapılamamış olmasından kaynaklanıyor da olabilir. Çünkü *L. spacieus* türü,

morfolojik olarak yakın türler olan *Lagocephalus wheeleri* ve *Lagocephalus lunaris* türlerinden ayrımı oldukça zor olan bir türdür. *L. spadiceus* türünün geleneksel tüketiminin yaygın olduğu Tayland, Malezya, Japonya gibi ülkelerde bu üç türün ayrımı deneyimli balıkçılar tarafından dahi yapılamamaktadır. Ancak non toksik türler olarak kabul edilen *L. wheeleri* ve *L. spadiceus* türlerinin aksine *L. lunaris* insan sağlığı açısından tehlikeli toksik bir türdür. Bu türlerin ayrımının yapılamamasından kaynaklı, tüketicilerin *L. spadiceus* tükettiğini düşünerek *L. lunaris* türünü tüketmelerinden dolayı TTX zehirlenme vakaları kayıt altına alınmıştır (Hwang ve Noguchi, 2002; Noguchi ve Ebesu, 2001). Akdeniz’de *L. spadiceus* türünün morfolojik olarak çok benzediği bu türler yaşamamaktadır. Ancak Akdeniz ülkelerindeki yetkili kurumlarca bu türün avlanması ve satışı da yasaklanmıştır. Türkiye Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından *Lagocephalus spadiceus* türünün karaya çıkarılması ve satılması yasaklanmıştır (Anonim,2016). Benzer şekilde Avrupa Birliği de *L. spadiceus* türü balon balıklarının satışını yasaklamıştır (EC,2004a, EC,2004b).

Mevcut çalışma Akdeniz’de *L. spadiceus* türünü TTX düzeylerinin araştırıldığı ilk araştırmadır. Bu bağlamda daha fazla araştırma ile bu türün TTX açısından non-toksik olduğu desteklenebilirse; bu türün ticari bir tür olmasının önü açılacaktır.

#### **4. 3. *Lagocephalus suezensis* Türünün TTX Düzeyi**

Mersin Körfezinde 2015 Aralık ve 2016 Ekim tarihleri arasında dört mevsim boyunca yakalanan *L. suezensis* türü balon balıklarının kas, gonad, karaciğer, bağırsak ve derilerilerindeki TTX düzeylerindeki mevsimsel ve eşeyssel farklılıklar belirlenmiştir (Tablo 4.2). *L. suezensis* türü balon balıklarının toksin tespit edilebilen dokularında TTX içerikleri  $0.63\pm 0.08$  ile  $3.09\pm 0.28$   $\mu\text{g/g}$  aralığında tespit edilmiştir. Maksimum toksisite açısından analiz yapılan dokuların sıralaması deri, gonad, bağırsak, karaciğer ve kas doku şeklinde belirlenmiştir. *L. suezensis* türü balon balıklarında kış, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde farklı düzeylerde TTX tespit edilmesine rağmen yaz mevsiminde hem erkek, hem de dişi bireylerin dokularında TTX tespit edilememiştir. *L. suezensis* ile ilgili istatistiksel analizler sadece TTX tespit edilebilen örnekler arasında uygulanabilmiştir.



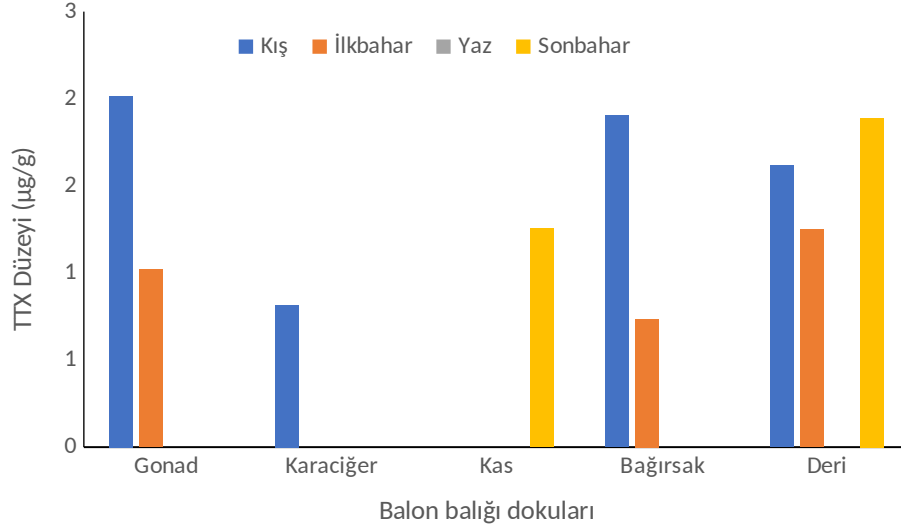
*L. suezensis* türünde kas dokuda TTX düzeyleri tüm örneklerde toksik limit olan 2.2 µg/g'ın altında belirlenmiştir. Dişi bireylerin kas doku örneklerinde sadece sonbahar mevsiminde TTX tespit edilmişken (1.26±0.09 µg/g), diğer mevsimlerde dişi balıkların kas dokularında TTX tespit edilememiştir (Şekil 4.7). Erkek bireylerde ise yaz mevsiminde toksin tespit edilemezken, kış, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde TTX düzeyleri sırasıyla 1.44±0.17, 0.80±0.03 ve 0.63±0.08 (µg/g) olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.8).

**Tablo 4.2.** *L. suezensis* türü balon balıklarında TTX Düzeyleri

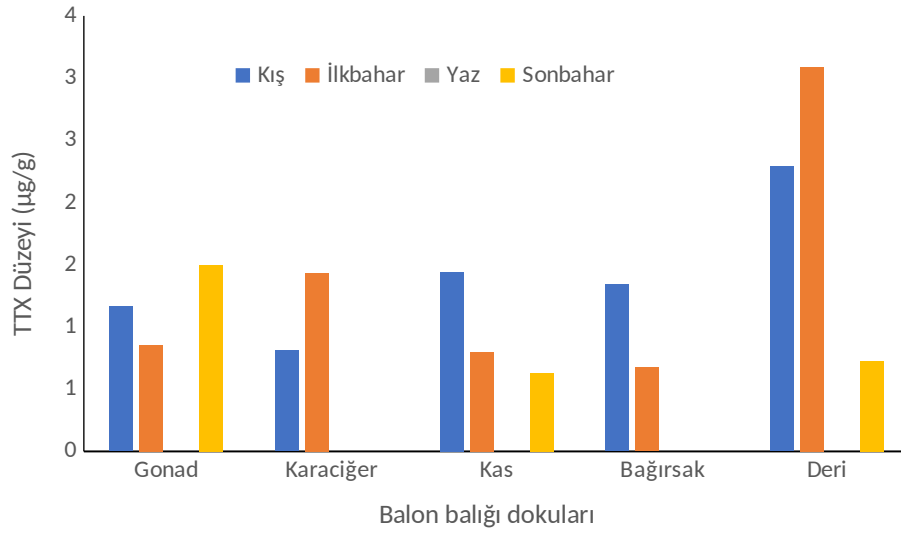
<i>L. suezensis</i>		Gonad	Karaciğer	Kas	Bağırsak	Deri
Kış	Dişi	2.02±0.08 <sup>ax</sup>	0.82±0.06 <sup>x</sup>	-	1.91±0.09 <sup>ax</sup>	1.62±0.18 <sup>ax</sup>
	Erkek	1.17±0.13 <sup>by</sup>	0.81±0.04 <sup>bx</sup>	1.44±0.17 <sup>a</sup>	1.34±0.14 <sup>ay</sup>	2.29±0.17 <sup>bx</sup>
İlkbahar	Dişi	1.02±0.04 <sup>bx</sup>	-	-	0.74±0.06 <sup>bx</sup>	1.25±0.00 <sup>by</sup>
	Erkek	0.86±0.08 <sup>cx</sup>	1.44±0.03 <sup>a</sup>	0.80±0.03 <sup>b</sup>	0.67±0.08 <sup>bx</sup>	3.09±0.28 <sup>ax</sup>
Yaz	Dişi	-	-	-	-	-
	Erkek	-	-	-	-	-
Sonbahar	Dişi	-	-	1.26±0.09 <sup>x</sup>	-	1.89±0.18 <sup>ax</sup>
	Erkek	1.50±0.12 <sup>a</sup>	-	0.63±0.08 <sup>by</sup>	-	0.73±0.05 <sup>cy</sup>

Aynı satırda farklı harflerle belirtilen (a–d) ortalamalar arasında istatistiksel olarak mevsimsel fark ( $p < 0.05$ ) vardır. Aynı sütunda farklı harflerle (x,y) gösterilenler arasında istatistiksel olarak eşeye bağlı farklılık vardır ( $p < 0,05$ )

*L. suezensis* türü balon balığının kas doku örnekleri mevsimsel açıdan sadece kış, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde erkek bireyler arasında istatistiksel analiz uygulanabilmiştir. İlkbahar ve sonbahar mevsimleri arasında istatistiksel farklılık gözlenmezken ( $p > 0.05$ ), kış mevsimi örnekleri istatistiksel açıdan farklı bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Eşeyssel açıdan değerlendirme yapılan tek mevsim olan sonbahar mevsiminde erkek ve dişi birey örnekleri açısından istatistiksel açıdan farklılık gözlenmiştir ( $p < 0.05$ ).



Şekil 4.7. *L. suezensis* türü balon balıklarında dişi bireylerin TTX düzeyleri



Şekil 4.8. *L. suezensis* türü balon balıklarında erkek bireylerin TTX düzeyleri

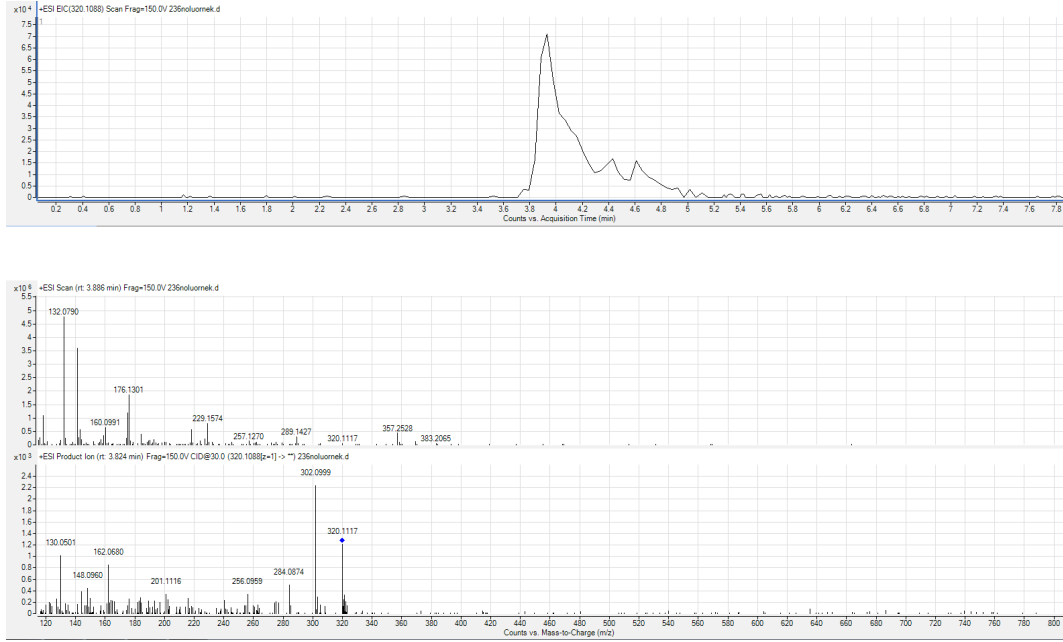
*L. suezensis* türü balon balığı örneklerinde karaciğer dokularındaki TTX düzeyleri dişi bireylerde sadece kış mevsiminde  $0.82 \pm 0.06$  ( $\mu\text{g/g}$ ) olarak tespit edilmişken diğer mevsimlerde TTX belirlenememiştir. Erkek bireylerde ise kış ve ilkbahar mevsimlerinde sırasıyla  $0.81 \pm 0.04$  ve  $1.44 \pm 0.03$  ( $\mu\text{g/g}$ ) olarak ölçülmüş, yaz ve sonbahar mevsimlerinde TTX tespit edilememiştir. *L. suezensis* türü balon balıklarının karaciğer dokularında tespit edilebilen tüm örneklerde TTX düzeyleri toksik limitin altında ölçülmüştür. *L. suezensis* türü balon balığının karaciğer örneklerinde mevsimsel açıdan istatistiksel değerlendirme sadece kış ve ilkbahar

erkek bireyleri arasında uygulanmış, mevsimsel açıdan istatistiksel farklılık gözlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Eşeyssel açıdan yapılan değerlendirmede ise kış mevsiminde erkek ve dişi birey örnekleri arasında istatistiksel açıdan farklılık gözlenmemiştir ( $p > 0.05$ ).

*L. suezensis* türü gonad örneklerinde TTX düzeyleri  $0.86 \pm 0.08$  ile  $2.02 \pm 0.08$  ( $\mu\text{g/g}$ ) aralığında ölçülmüştür. Dişi bireylerde kış ve ilkbahar mevsimlerinde sırasıyla  $2.02 \pm 0.08$  ve  $1.02 \pm 0.04$  ( $\mu\text{g/g}$ ) TTX tespit edilmişken, yaz ve sonbahar örneklerinde TTX tespit edilememiştir. Erkek birey örneklerinde ise yaz mevsiminde TTX tespit edilememiş, ancak kış, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde sırasıyla  $1.17 \pm 0.13$ ,  $0.86 \pm 0.08$  ve  $1.50 \pm 0.12$  ( $\mu\text{g/g}$ ) TTX değerleri ölçülmüştür. Gonad örneklerinde mevsimsel açıdan istatistiksel analizler kış, ilkbahar ve sonbahar örneklerine uygulanmış, eşeyssel açıdan ise kış mevsiminde istatistiksel farklılık gözlenirken ( $p < 0.05$ ), ilkbahar mevsiminde erkek ve dişi bireyler arasında istatistiksel farklılık gözlenmemiştir ( $p > 0.05$ ).

*L. suezensis* türü balon balıklarının bağırsak örneklerinde yaz ve sonbahar mevsimlerinde her iki eşeyde de TTX tespit edilememiştir. Ancak kış ve ilkbahar mevsimlerinde hem erkek hem de dişi bireylerde toksik limitin altında da olsa TTX tespit edilmiştir. Kış ve ilkbahar mevsimlerinde sırasıyla dişi bireylerde  $1.91 \pm 0.09$  ve  $0.74 \pm 0.06$  ( $\mu\text{g/g}$ ) TTX tespit edilmişken, erkek bireylerde bu değerler  $1.34 \pm 0.14$  ve  $0.67 \pm 0.08$  ( $\mu\text{g/g}$ ) olarak bulunmuştur. *L. suezensis* türü balon balıklarının bağırsak örneklerinde istatistiksel analizler kış ve ilkbahar mevsimleri örneklerinde uygulanmıştır. Gerek dişi gerekse de erkek bireylerde mevsimsel açıdan istatistiksel açıdan farklılıklar gözlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Eşeyssel açıdan ise kış mevsiminde erkek ve dişi bireyler arasında istatistiksel açıdan farklılık gözlenirken ( $p < 0.05$ ), ilkbahar mevsiminde farklılık gözlenmemiştir ( $p > 0.05$ ).

*L. suezensis* türü balon balıklarının deri örnekleri tüm dokular arasında en yüksek toksisite gösteren doku olarak belirlenmiştir. Kış, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde TTX düzeyleri sırasıyla dişi bireyler için  $1.62 \pm 0.18$ ,  $1.25 \pm 0.00$  ve  $1.89 \pm 0.18$  ( $\mu\text{g/g}$ ) ölçülmüşken, erkek bireyler için  $2.29 \pm 0.17$ ,  $3.09 \pm 0.28$  ve  $0.73 \pm 0.05$  ( $\mu\text{g/g}$ ) olarak ölçülmüştür. Deri örneklerinde yaz mevsiminde TTX tespit edilememesinden dolayı istatistiksel analizler diğer mevsimler arasında uygulanmıştır. Dişi bireylerde kış ve sonbahar mevsiminde istatistiksel farklılık gözlenmezken ( $p > 0.05$ ), ilkbahar mevsiminde istatistiksel açıdan farklılık gözlenmiştir ( $p < 0.05$ ).

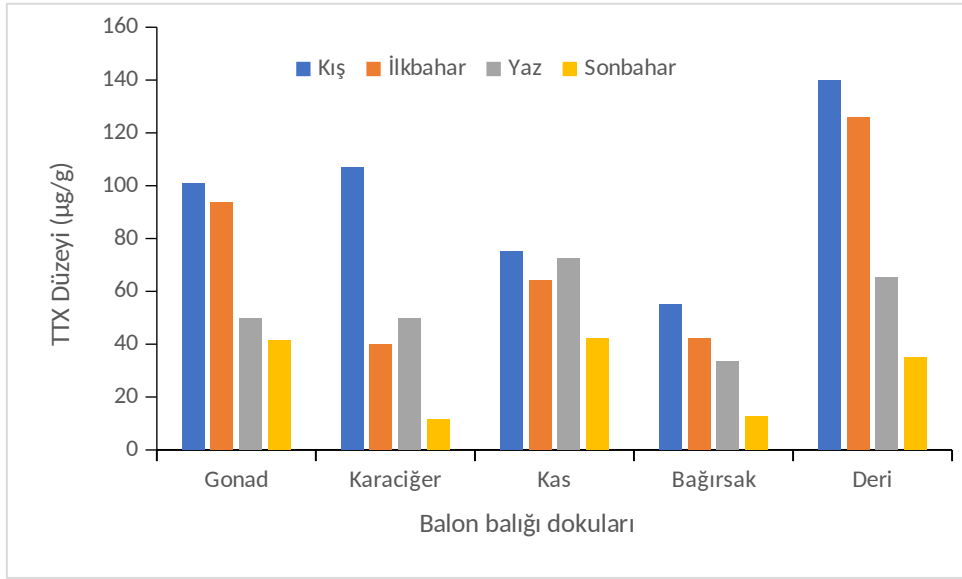


**Şekil 4.9.** *L. suezensis* erkek derisinde TTX kromatogramı ve kütle spektrometresi

*L. suezensis* türü diğer balon balığı türlerine kıyasla daha dar bir yayılım alanına sahiptir. Bu durum bu tür ile ilgili yapılan bilimsel çalışmaların kısıtlı düzeylerde kalmasına neden olmuştur. Son yıllarda Akdeniz’de yayılması ile bu türle ilgili çalışmalar yapılmaya başlanılmışsa da, TTX düzeyi ile ilgili yapılmış herhangi bir araştırmaya rastlanmamıştır. Mevcut çalışma *L. suezensis* türünün toksisitesi ile ilgili yapılmış ilk çalışmadır. Bu bağlamda *L. suezensis* türünün toksik bir tür olduğu mevcut çalışmayla belirlenmiş olsa da, bu türün diğer toksik balon balığı türlerine nazaran toksisite düzeyinin daha düşük olduğu gözlenmiştir.

#### **4. 4. *Torquigener flavimaculosus*'un TTX Düzeyi**

Mersin Körfezinde 2015 Aralık ve 2016 Ekim ayları arasında dört mevsim boyunca yakalanan *T. flavimaculosus* türü balon balıklarının kas, gonad, karaciğer, bağırsak ve derilerilerindeki TTX düzeylerindeki mevsimsel ve eşeyssel farklılıklar belirlenmiştir (Tablo 4.3).



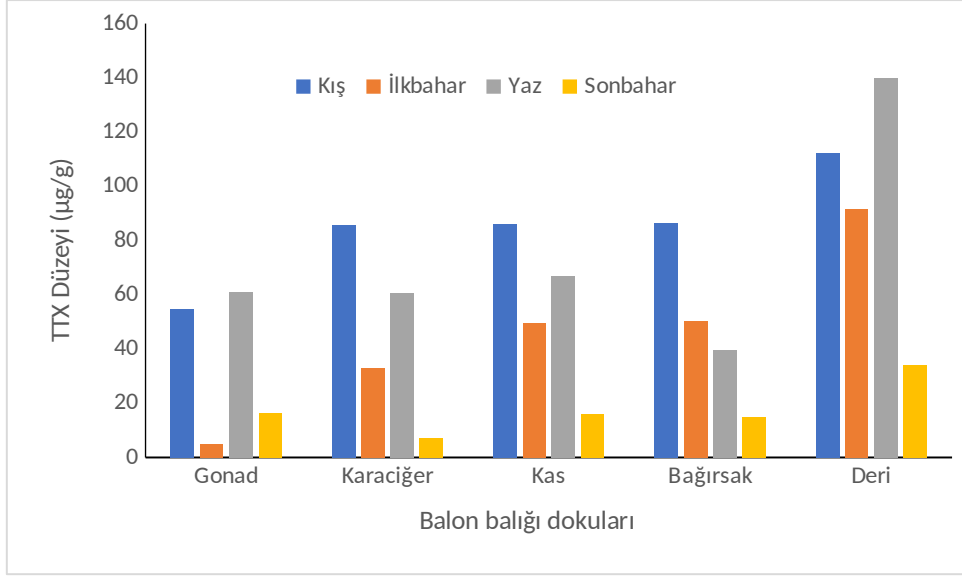
**Şekil 4.10.** *T. flavimaculosus* türü balon balıklarında dişi bireylerin TTX düzeyleri

*T. flavimaculosus* mevcut çalışmada araştırılan balon balıkları arasında en yüksek TTX içeren balon balığı türü olarak belirlenmiştir. Analiz edilen tüm doku örnekleri toksik limit (Tablo 2.2) üzerinde TTX içerdiği tespit edilmiştir. TTX düzeyleri  $5,03 \pm 0,42$  ile  $139,88 \pm 12,21$  ( $\mu\text{g/g}$ ) aralığında ölçülmüştür. Maksimum TTX içerikleri açısından araştırılan dokuların sıralaması, deri, karaciğer, gonad, bağırsak ve kas doku şeklinde olmuştur.

**Tablo 4.3.** *T. flavimaculosus* türü balon balıklarında TTX Düzeyleri

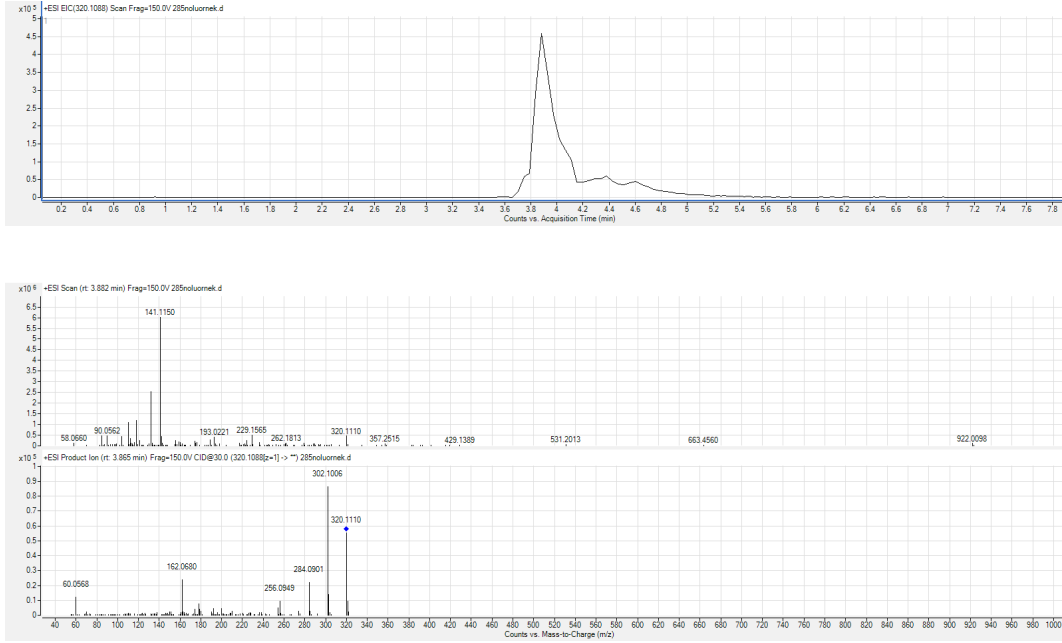
<i>T. flavimaculosus</i>	Gonad	Karaciğer	Kas	Bağırsak	Deri	
<b>Kış</b>	Dişi	100.71±6.36 <sup>ax</sup>	106.80±5.56 <sup>ax</sup>	75.04±5.59 <sup>ax</sup>	55.24±4.86 <sup>ay</sup>	139.72±9.40 <sup>ax</sup>
	Erkek	54.73±4.49 <sup>ay</sup>	85.63±6.14 <sup>ax</sup>	86.07±2.05 <sup>ax</sup>	86.30±0.84 <sup>ax</sup>	112.23±9.23 <sup>bx</sup>
<b>İlkbahar</b>	Dişi	93.78±2.91 <sup>bx</sup>	39.94±1.41 <sup>cx</sup>	64.06±3.98 <sup>ax</sup>	42.35±1.10 <sup>by</sup>	125.99±7.92 <sup>ax</sup>
	Erkek	5.03±0.42 <sup>cy</sup>	32.97±1.96 <sup>cx</sup>	49.70±1.92 <sup>cy</sup>	50.30±1.00 <sup>bx</sup>	91.45±6.47 <sup>by</sup>
<b>Yaz</b>	Dişi	49.58±2.73 <sup>cx</sup>	49.80±2.31 <sup>bx</sup>	72.38±7.57 <sup>ax</sup>	33.54±1.22 <sup>cx</sup>	65.42±1.57 <sup>by</sup>
	Erkek	61.05±4.37 <sup>ax</sup>	60.53±5.44 <sup>bx</sup>	66.95±5.63 <sup>bx</sup>	39.67±2.91 <sup>cx</sup>	139.88±12.21 <sup>ax</sup>
<b>Sonbahar</b>	Dişi	41.49±3.19 <sup>cx</sup>	11.62±0.09 <sup>dx</sup>	42.07±0.77 <sup>bx</sup>	12.59±1.10 <sup>dx</sup>	35.19±1.75 <sup>cx</sup>
	Erkek	16.27±0.79 <sup>by</sup>	7.04±0.42 <sup>dy</sup>	15.88±1.27 <sup>dy</sup>	14.89±2.20 <sup>dx</sup>	33.95±2.84 <sup>cx</sup>

Aynı satırda farklı harflerle belirtilen (a–d) ortalamalar arasında istatistiksel olarak mevsimsel fark ( $p < 0,05$ ) vardır. Aynı sütunda farklı harflerle (x,y) gösterilenler arasında istatistiksel olarak eşeye bağlı farklılık vardır ( $p < 0,05$ )



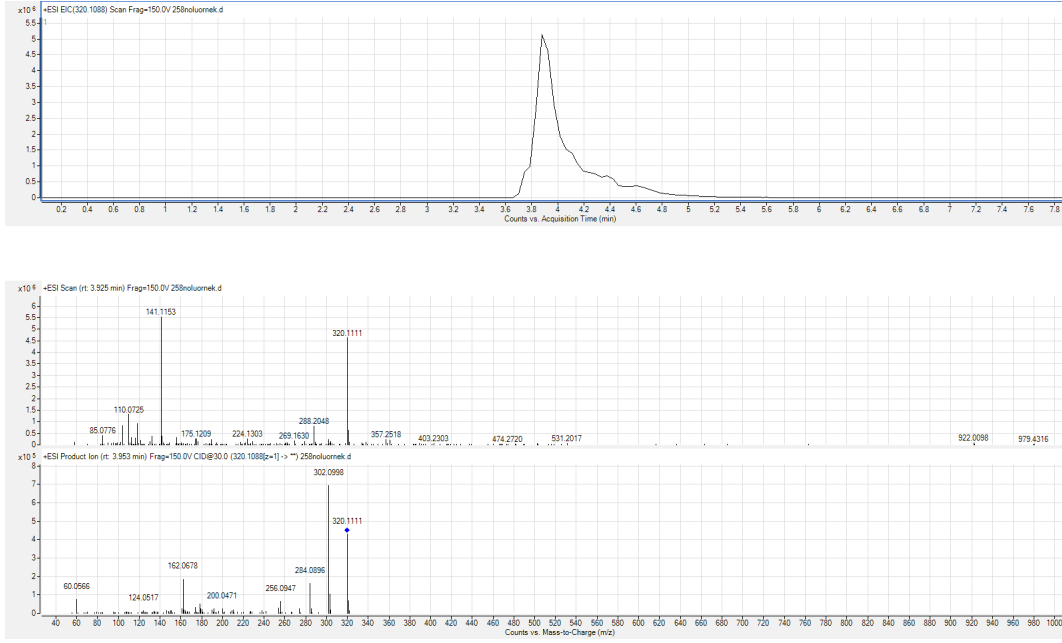
**Şekil 4.11.** *T. flavimaculosus* türü balon balıklarında erkek bireylerin TTX düzeyleri

*T. flavimaculosus* türünde kas dokuda TTX düzeyleri kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde sırasıyla; dişi balık örnekleri için  $75.04 \pm 5.59$ ,  $64.06 \pm 3.98$ ,  $72.38 \pm 7.57$  ve  $42.07 \pm 0.77$  ( $\mu\text{g/g}$ ); erkek balık örnekleri için  $86.07 \pm 2.05$ ,  $49.70 \pm 1.92$ ,  $66.95 \pm 5.63$  ve  $15.88 \pm 1.27$  olarak belirlenmiştir (Şekil 4.11). *T. flavimaculosus* türü balon balıklarının kas dokularında mevsimsel açıdan dişi bireylerde kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde istatistiksel farklılıklar gözlenmezken ( $p > 0.05$ ), sonbahar mevsiminde analiz edilen dişi örneklerinde istatistiksel açıdan farklılıklar gözlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Erkek bireylerde ise mevsimsel açıdan tüm mevsimler arasında istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Eşeyssel açıdan ise kış ve yaz mevsimlerinde istatistiksel farklılık gözlenmezken ( $p > 0.05$ ), ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde erkek ve dişi örnekleri arasında istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Mevcut çalışmada elde edilen bulgular doğrultusunda *T. flavimaculosus* türü balon balıklarının kas dokuları aşırı toksik olarak belirlenmiştir.



**Şekil 4.12.** *T. flavimaculosus* erkek kasında TTX kromotogramı ve kütle spektrometresi

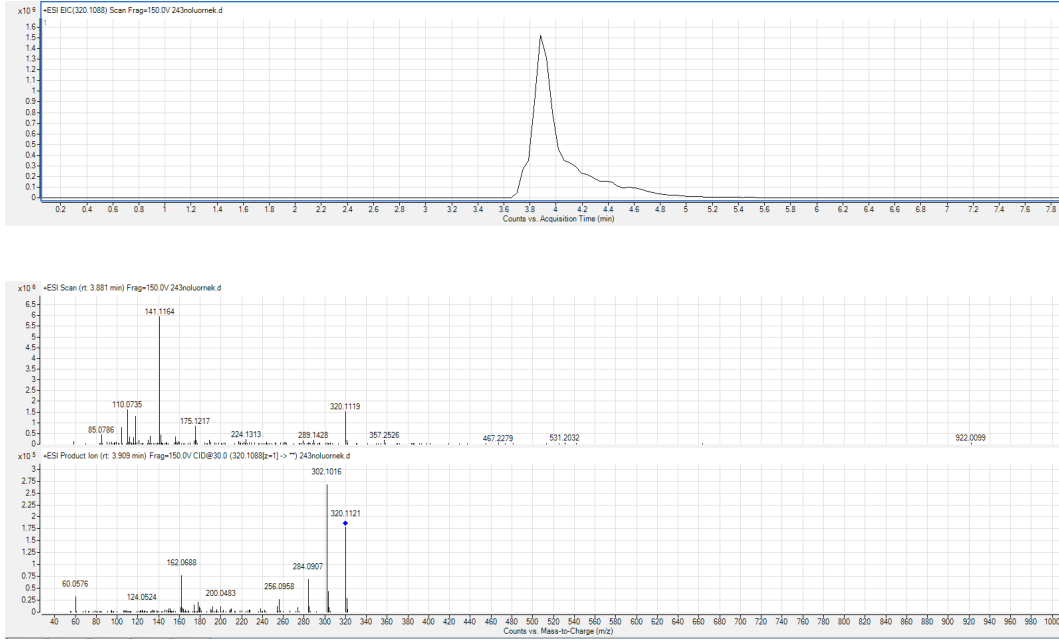
*T. flavimaculosus* türü karaciğerlerinde TTX düzeyleri dişi balık örnekleri için  $106.80 \pm 5.56$ ,  $39.94 \pm 1.41$ ,  $49.80 \pm 2.31$  ve  $11.62 \pm 0.09$  ( $\mu\text{g/g}$ ) olarak belirlenmiştir. Erkek balık örnekleri için ise kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde sırasıyla;  $85.63 \pm 6.14$ ,  $32.97 \pm 1.96$ ,  $60.53 \pm 5.44$  ve  $7.04 \pm 0.42$  ( $\mu\text{g/g}$ ) olarak ölçülmüştür. *T. flavimaculosus* türü balon balıklarının karaciğer örneklerinde her iki eşeye ait örneklerde de mevsimsel açıdan istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Eşeyssel açıdan ise kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde istatistiksel farklılık gözlenmezken ( $p > 0.05$ ), sonbahar mevsimlerinde erkek ve dişi örnekleri arasında istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir ( $p < 0.05$ ).



**Şekil 4.13.** *T. flavimaculosus* dişi karaciğeri TTX kromatogramı ve kütle spektrometresi

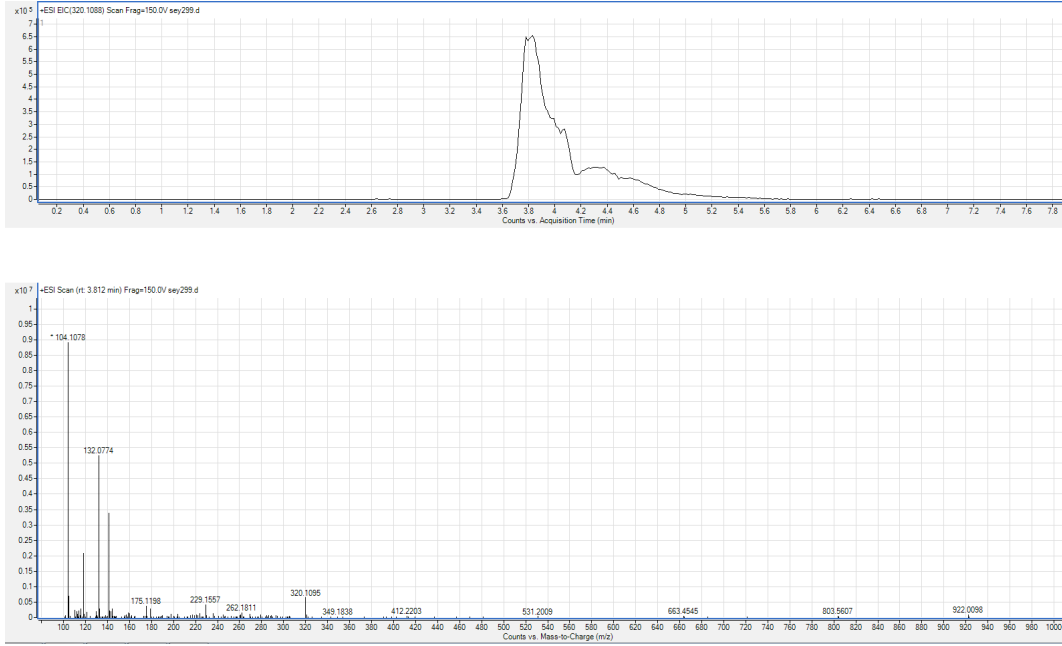
*T. flavimaculosus* türünde gonad TTX düzeyleri kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde sırasıyla; dişi balon balığı örneklerinde  $100.71 \pm 6.36$ ,  $93.78 \pm 2.91$ ,  $49.58 \pm 2.73$  ve  $41.49 \pm 3.19$  ( $\mu\text{g/g}$ ) olarak, erkek balon balığı örneklerinde ise sırasıyla;  $54.73 \pm 4.49$ ,  $5.03 \pm 0.42$ ,  $61.05 \pm 4.37$  ve  $16.27 \pm 0.79$  ( $\mu\text{g/g}$ ) olarak tespit edilmiştir. *T. flavimaculosus* türü balon balıklarının gonad örneklerinde mevsimsel açıdan dişi balon balığı örneklerinde kış ve ilkbahar mevsimlerinde istatistiksel farklılıklar gözlenmişken ( $p < 0.05$ ), yaz ve sonbahar mevsimleri arasında istatistiksel farklılık gözlenmemiştir ( $p > 0.05$ ). Erkek bireylerde ise kış ve yaz mevsimleri arasında istatistiksel farklılık gözlenmemişken ( $p > 0.05$ ) ilkbahar ve sonbahar evsimlerinde istatistiksel açıdan farklılıklar gözlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Eşeyssel açıdan ise yaz mevsiminde istatistiksel farklılık gözlenmezken ( $p > 0.05$ ), kış, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde eşeyler arasında istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir ( $p < 0.05$ ). *T. flavimaculosus* türü balon balıklarında dişi bireylerin gonadları, erkek birey örneklerine kıyasla daha yüksek toksisite göstermektedir.





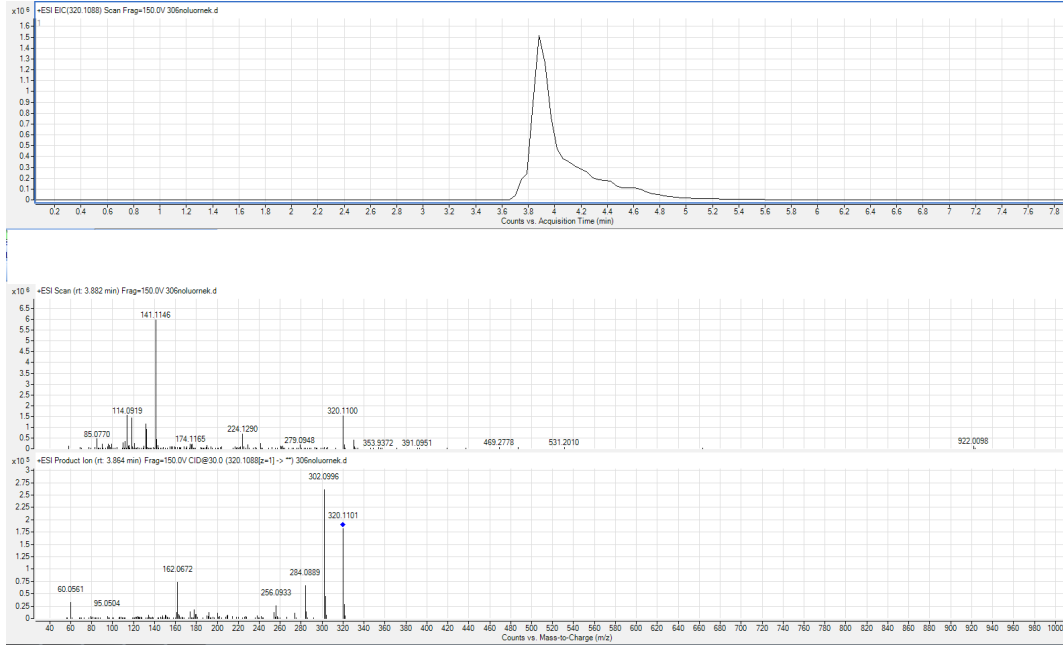
**Şekil 4.14.** *T. flavimaculosus* dişi gonadında TTX kromotogramı ve kütle spektrometresi

*T. flavimaculosus* türünde bağırsak örneklerindeki TTX düzeyleri kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde sırasıyla; dişi balon balıklarında,  $55.24 \pm 4.86$ ,  $42.35 \pm 1.10$ ,  $33.54 \pm 1.22$  ve  $12.59 \pm 1.10$  ( $\mu\text{g/g}$ ) olarak bulunmuştur. Erkek birey örneklerinde ise  $86.30 \pm 0.84$ ,  $50.30 \pm 1.00$ ,  $39.67 \pm 2.91$  ve  $14.89 \pm 2.20$  ( $\mu\text{g/g}$ ) olarak tespit edilmiştir. *T. flavimaculosus* türü balon balıklarının bağırsak dokularında hem erkek hem dişi örneklerinde mevsimler arasında istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Eşeyssel açıdan ise yaz ve sonbahar mevsimlerinde istatistiksel farklılık gözlenmezken ( $p > 0.05$ ), kış ve ilkbahar mevsimlerinde farklı eşeyler arasında istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir ( $p < 0.05$ ).



**Şekil 4.15.** *T. flavimaculosus* erkek bağırsağında TTX kromotogramı, kütle spektrometresi

*T. flavimaculosus* türü balon balıklarında deri örneklerinin, en fazla TTX düzeyine sahip oldukları belirlenmiştir. Dişi balon balıklarının deri örneklerindeki TTX düzeyleri kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde sırasıyla;  $139.72 \pm 9.40$ ,  $125.99 \pm 7.92$ ,  $65.42 \pm 1.57$  ve  $35.19 \pm 1.75$  ( $\mu\text{g/g}$ ) olarak tespit edilmiştir. Erkek bireylerde ise  $112.23 \pm 9.23$ ,  $91.45 \pm 6.47$ ,  $139.88 \pm 12.21$  ve  $33.95 \pm 2.84$  olarak belirlenmiştir. *T. flavimaculosus* türü balon balıklarının deri örneklerinde mevsimsel açıdan erkek ve dişi bireylerde benzer şekilde kış ve ilkbahar mevsimlerinde istatistiksel açıdan farklılık gözlenmemişken ( $p > 0.05$ ), yaz ve sonbahar dişi örneklerinde istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Eşeyssel açıdan ise kış ve sonbahar mevsimlerinde istatistiksel farklılık gözlenmezken ( $p > 0.05$ ), ilkbahar ve yaz mevsimlerinde erkek ve dişi örnekleri arasında istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir ( $p < 0.05$ ).



**Şekil 4.16.** *T. flavimaculosus* dişi derisinde TTX kromatogramı ve kütle spektrometresi

Mevcut çalışma sonucunda *T. flavimaculosus* türü araştırılan balon balığı türleri arasında en yüksek TTX düzeylerinin gözleendiği tür olmuştur. Akdeniz’de yaşayan balon balıklarından *L. sceleratus* (Katikou vd., 2009; Rodriguez vd., 2012; Köşker vd., 2016; Kırımer vd., 2016) ve *L. lagocephalus* (Saoudi vd. 2008) türlerinin TTX içerdiklerine dair çalışmalar mevcut olmakla birlikte; *T. flavimaculosus* türünün TTX içeriği ile ilgili gerek Akdeniz’de gerekse de doğal yayılım alanı olan Batı Hint Okyanusunun batı kısımlarında dağılım gösteren özellikle Kızıldeniz ve Kenya kıyılarında (Randall, 1995) yapılmış bir toksisite çalışmasına rastlanmamıştır. Ancak *Torquigener* genusunda yeralan farklı türlerin TTX içerikleri ile ilgili çalışmalar mevcuttur. Ha vd. (2012) Vietnam kıyılarında yakalanan *Torquigener gloerfelti* türüne ait 30 bireyde beş farklı dokuda TTX düzeylerini araştırmışlardır. Vietnam kıyılarında yakalanan *T. gloerfelti* türü balon balıklarının deri, kas doku, bağırsak, karaciğer ve gonadlarındaki maksimum TTX düzeylerini sırasıyla; 11.86, 3.23, 2.44, 33.97 ve 27.10 ( $\mu\text{g/g}$ ) olarak bildirmişlerdir. Azman vd., (2014) Malezya kıyılarında avlanmış olan *Torquigener pallimaculatus* türü balon balıklarında TTX düzeylerini karaciğer ve deride sırasıyla ( $\mu\text{g/g}$ ) 260 ve 29,1 olduğunu ve kas dokuda TTX tespit edilemediğini bildirmişlerdir. Bu sonuçlar mevcut çalışmanın bulguları ile örtüşmektedir. Mevcut çalışmada elde edilen bulgular doğrultusunda *T. flavimaculosus* türü balon balıklarının, Akdeniz’de yaşayan en toksik balon balığı olduğu belirlenmiştir.

## 5. SONUÇ

Türkiye kıyılarında yoğun dağılım gösteren balon balığı türleri olan *Lagocephalus sceleratus*, *Lagocephalus spadiceus*, *Lagocephalus suezensis*; *Torquigener flavimaculosus* türlerindeki TTX içerikleri ve toksin düzeylerindeki mevsimsel/eşeyssel değişimleri belirlemeyi hedefleyen bu çalışmada elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda sıra ile verilmiştir.

1. Mersin Körfezinde 2015 Aralık ve 2016 Ekim ayları arasında yakalanan *L. sceleratus* türü balon balıklarının kas, gonad, karaciğer, bağırsak ve derilerindeki TTX düzeyleri dört mevsim boyunca araştırılmıştır. *L. sceleratus* türü balon balıklarının TTX içerikleri  $0.69 \pm 0.11$  ile  $35.60 \pm 3.75$   $\mu\text{g/g}$  aralığında tespit edilmiştir. En yüksek TTX içeriğine sahip doku olarak gonad belirlenmiş, ardından maksimum TTX düzeylerine göre sıralama karaciğer, bağırsak, deri ve kas doku şeklinde olmuştur. Mevsimsel açıdan en yüksek toksisite tüm doku örneklerinde sonbahar mevsiminde görülmüştür. Hint ve Pasifik Okyanusu'nda yakalanan balon balıkları ile yapılmış toksisite çalışmalarında en yüksek toksisitenin balığın üreme dönemi olan ilkbahar ve yaz mevsimlerinde gözlemlendiği bildirilmektedir. Ancak Akdeniz'de yapılmış birçok çalışmada *L. sceleratus* türünün TTX düzeyleri, sonbahar ve kış mevsiminde daha yüksek düzeylerde bulunmuştur. Bu durumun Akdeniz'e özgü bir olgu olduğu düşünülmektedir.
2. *L. sceleratus* türü balon balığı örneklerinde gonaddaki TTX düzeyi, ilkbahar mevsiminde yakalanan erkek bireyler haricinde tüm mevsim ve tüm eşeylerde toksik limit olarak kabul edilen  $2.2 \mu\text{g/g}$  (Tablo 2.2) değerinin üzerinde bulunmuştur. Benzer şekilde karaciğer örneklerinde de ilkbahar mevsiminde analiz edilen erkek ve dişi bireyler ile yaz mevsiminde yakalanan dişi bireyler dışında toksik limitin üzerinde TTX tespit edilmiştir. Deri örnekleri tüm mevsim ve her iki eşeyde de analizler sonucunda limitin üzerinde toksisite göstermiştir. Bağırsak örneklerinin erkek bireylerde tüm mevsimlerde toksik limitin üzerinde TTX içerdiği, dişi örneklerinde ise kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde limitin altında TTX içerdiği belirlenmiştir. Ancak sonbaharda yakalanan dişi bireylerin bağırsak örnekleri diğer örneklere nazaran aşırı düzeyde toksik

bulunmuştur. İnsan sağlığı açısından en riskli doku olan kas dokunun genel itibarı ile toksik olduğu belirlenmiştir. İlkbahar dişi ve erkek ile yaz dişi örneklerinin toksik limitin altında TTX içerdikleri tespit edilmişse de diğer mevsimlerde analiz edilen örneklerin toksik limitin üzerinde TTX içerdiği belirlenmiştir.

3. Mersin Körfezinde 2015 Aralık ve 2016 Ekim ayları arasında dört mevsim boyunca yakalanan *L. spadiceus* türü balon balıklarının kas, gonad, karaciğer, bağırsak ve derilerilerindeki TTX düzeyleri eşeyssel ve mevsimsel açıdan araştırılmıştır. Ancak *L. spadiceus* türü balon balıklarında incelenen hiçbir örnekte tespit edilebilir düzeylerde TTX bulunamamıştır. *L. spadiceus* türü balon balıkları araştırılan dört farklı balon balığı türü arasında toksik olmadığı tespit edilmiş tek balon balığı türü olmuştur.
4. *L. suezensis* türü balon balıkları mevcut çalışmada araştırılan balon balığı türleri arasında en dar yayılım alanına sahip olan türdür. Gerek dar yayılım alanı, gerekse de küçük boyutlarda olmasından kaynaklı; literatürde bu türün TTX içeriğiyle ilgili herhangi bir araştırmaya rastlanmamıştır. Mevcut çalışma, *L. suezensis* türü balon balıklarının TTX içeriğinin araştırıldığı ilk bilimsel araştırmadır. Mersin Körfezinde 2015 Aralık ve 2016 Ekim ayları dört mevsim boyunca yakalanan *L. suezensis* türü balon balıklarının kas, gonad, karaciğer, bağırsak ve derilerilerindeki TTX düzeylerindeki mevsimsel ve eşeyssel farklılıklar belirlenmiştir. *L. suezensis* türünün TTX içeriği  $0.67 \pm 0.08$  ile  $3.09 \pm 0.28$   $\mu\text{g/g}$  aralığında tespit edilmiştir. Maksimum TTX içerikleri açısından incelenen dokuların sıralaması deri, gonad, bağırsak, karaciğer ve kas doku şeklinde olmuştur. Gonad ve deri örneklerinde toksik limitin (Tablo 2.2) üzerinde TTX içeriği belirlenmiştir. Karaciğer, bağırsak ve kas dokuda toksik limitin altında TTX değerleri tespit edilmiştir. Ancak mevcut çalışma sonucunda *L. suezensis* türü tüm dokular göz önüne alındığında toksik ve tehlikeli bir tür olarak belirlenmiştir. Mevsimsel olarak kış ve ilkbahar mevsimlerinde belirlenen TTX düzeyleri daha yüksek olmuştur. Ancak analizler sonuçlarında dikkat çeken bir diğer bulgu yaz mevsiminde araştırılan erkek ve dişi örneklerinde TTX belirlenememiş olmasıdır.

5. Mersin Körfezinde 2015 Aralık ve 2016 Ekim ayları arasında dört mevsim boyunca yakalanan *T. flavimaculosus* türü balon balıklarının kas, gonad, karaciğer, bağırsak ve derilerinde TTX düzeylerindeki mevsimsel ve eşeyssel farklılıklar belirlenmiştir. TTX düzeyleri  $5,03 \pm 0,42$  ile  $139,88 \pm 12,21$  ( $\mu\text{g/g}$ ) aralığında ölçülmüştür. Maksimum TTX içerikleri açısından araştırılan dokuların sıralaması, deri karaciğer, gonad, bağırsak ve kas doku şeklinde olmuştur. *T. flavimaculosus* türü balon balıkları araştırılan dört tür arasında en toksik bulunan tür olmuştur. İncelenen tüm doku örneklerinin aşırı toksik olduğu belirlenmiştir. En yüksek TTX düzeyleri kış mevsiminde tespit edilmişken, en düşük TTX düzeyleri sonbahar mevsiminde belirlenmiştir.
6. TTX içerikleri araştırılan dört farklı balon balığı türünün arasından en yüksek toksisiteyi *T. flavimaculosus*, ardından *L. sceleratus* tür ve *L. suezensis* türü göstermiştir. Çalışma sonucunda bu üç balon balığı türünün insan sağlığı açısından tehlikeli olduğu kanaatine varılmıştır. Günümüze kadar Akdeniz'deki en toksik balık türü olarak *L. sceleratus* türü kabul edilmektedir. Ancak bu çalışma ile *T. flavimaculosus*, türünün *L. sceleratus* türünden daha fazla toksisite gösterdiği belirlenmiştir. *L. spadiceus* türü balon balıklarının ise literatürdeki diğer birçok çalışmayla benzer şekilde non-toksik olduğu belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlar ışığında yapılan öneriler aşağıda sıralanmıştır:

1. Çalışmamızda araştırılan dört balon balığı türünden üç tanesi toksik olarak belirlenmiştir. *L. sceleratus* türü gerek ülkemizde gerekse de dünya genelinde toksik olarak kabul edilen bir türdür. İçerdiği toksin düzeyinden dolayı T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı ve Avrupa Birliği *L. sceleratus* türünün avlanması ve satışını yasaklamıştır. Gerek Türkiye'de gerekse de diğer Akdeniz ülkelerinde bu tür avlanmamakta ve bu durum bu tür üzerinde herhangi bir av baskısı olmadığından dolayı ticari türlerin üzerinde baskı yaratmaktadır. Bu durum ticari balıkçılık sektöründe ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Bu nedenle *L. sceleratus* türünün TTX izolasyonunda kullanılmasına yönelik kapsamlı çalışmaların yapılmasının ve bu türün avlanmasının, bu türün olumsuz etkilerini ve risk potansiyelini azaltabileceği düşünülmektedir.

2. Çalışmamızda *L. spadiceus* türü balon balıkları non-toksik olarak belirlenmiştir. Ancak bu balığın tüketilebilir olduğuna karar verilebilmesi için mevcut çalışmada elde edilen bulguların farklı bilimsel araştırmalarla, özellikle de canlı hayvan deneyleri ile desteklenmelidir. Dünyanın birçok ülkesinde ekonomik değere sahip ticari bir su ürünü olarak kabul gören bu tür, ülkemizde T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından avlanması ve satışı yasak türler arasında yer almaktadır. *L. spadiceus* türünün toksin içeriğine yönelik yapılacak yeni çalışmalarla mevcut çalışma desteklendiği takdirde, bu türün Akdeniz’de avlanacak bireylerinin ekonomik bir değere sahip olabileceği düşünülmektedir. Balon balıkları ile ilgili son on yıl içerisinde ülkemizde yerleşmiş olan olumsuz algıdan dolayı iç piyasaya sunulmasa dahi, farklı araştırmalarla desteklendiği takdirde yurt dışına ihraç edilebileceği kanaatindeyiz. Japonya’nın ithal ettiği balon balıklarının yaklaşık %90’lık kısmını *L. spadiceus* türü oluşturmaktadır. Bu nedenle bu tür için Tayland, Malezya vb. Doğu Asya ülkeleri özellikle de Japonya potansiyel bir pazar konumundadır.
3. *L. suezensis* türü çalışmamızda toksik olduğu belirlenen türler arasındadır. Bu tür diğer balon balıklarından farklı olarak Kızıldeniz orijinlidir ve bilimsel tür adlandırmasını Kızıldeniz’den almaktadır. Ancak literatürde bu türün toksisitesi ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle mevcut çalışma *L. suezensis* türünün TTX içeriğiyle ilgili yapılmış ilk çalışmadır. *L. sceleratus* ve *L. spadiceus* gibi büyük balon balıklarına kıyasla küçük boyutlarda olan bu tür, kıyı bölgelerinde yaşayan insanlar tarafından *L. sceleratus*’un yavrusu olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından bu tür ile ilgili yasal bir kısıtlama bulunmamaktadır. Bu nedenle bu türün toksisitesi ile ilgili yeni çalışmalar yapılması önerilmekle birlikte, öncelikle ilgili bakanlığın bu türün avlanması ve satışı ile ilgili yasal kısıtlamaları acilen yönetmeliklere koyması gerektiği düşünülmektedir.
4. *T. flavimaculosus* türü balon balıkları mevcut çalışmada araştırılan balon balıkları arasında en yüksek TTX içeriğine sahip olan tür olarak belirlenmiştir. Akdeniz’in en toksik balık türü olarak bilinen *L. sceleratus* türünden daha yüksek bir toksisite tespit edilmiştir. Ancak *L. suezensis* türünde olduğu gibi bu tür ile ilgili de T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından uygulanan herhangi bir kısıtlama bulunmamaktadır.



Yetkili kurumların bu türün risk potansiyelini göz önünde bulundurarak gerekli düzenlemeleri yapması önerilmektedir.

5. Proje çalışması boyunca gerçekleştirilen saha çalışmaları esnasında görüşülen balıkçılar ve kıyı bölgelerinde yaşayan diğer insanlar sözlü olarak; “balon balıklarını tükettikleri ya da tüketen tanıdıkları olduğunu” söylemişlerdir. Çalışmamızda elde edilen bulgular doğrultusunda balon balıklarının toksisite düzeylerinin çeşitlilik göstermesi ve öldürücü olabileceği göz önünde bulundurulduğunda, balon balıkları ile ilgili kamu bilgilendirme çalışmalarının yapılması önerilmektedir.
6. Çalışma sonucunda yüksek toksisite gösteren *L. sceleratus* ve *T. flavimaculosus* türlerinin verimli TTX kaynakları olabileceği düşünülmektedir. Bu türlerden TTX izole edilerek bu türlerin ekonomik potansiyellerinin açığa çıkarılabilmesi için, bu türlerin toksin düzeyi ve bu türlerde toksin izolasyon yöntemleri üzerine yeni çalışmalar yapılması önerilmektedir.
7. Balon balıkları TTX içermelerinden dolayı insan sağlığı üzerine potansiyel tehlike içermektedir. Akdeniz’e yabancı tür girişlerindeki artışın, toksik denizel türlerin coğrafi dağılım alanlarının genişlemesine ve böylelikle de ülkemizin ve Avrupa ülkelerinin toksik deniz ürünleri ile karşı karşıya kalmasına yol açabileceği düşünülmektedir. Bu durum gıda güvenliği ve insan sağlığı açısından üzerinde dikkatle durulması gereken bir problemdir. Küresel ısınma ve lesepsiyen göçünün etkisiyle TTX içeren organizmaların Akdeniz’deki varlığı kaygı verici düzeylere gelmiştir. Bu nedenle Akdeniz ülkelerinde yerel otoriteler ve Avrupa Birliği’nin ilgili kurumları, su ürünleri toksinlerinin belirlenebilmesi, toplum üzerine etkilerinin azaltılabilmesine yönelik yasal düzenlemeler yapmaktadırlar. Bu bağlamda; toksik olma potansiyeli taşıyan su ürünlerinin, özellikle balon balıklarının toksin düzeyleri ile ilgili daha fazla toksin çalışmasının desteklenmesi ve kıyılarımızda yaşayan denizel türlerin toksikolojik data birikiminin zenginleştirilmesi önerilmektedir.
8. Çalışmamız sonucunda elde ettiğimiz bulgular; *L. sceleratus* ve *T. flavimaculosus* türü balon balıklarının üreme dönemi olmayan sonbahar ve kış mevsimlerinde daha yüksek toksisiteye sahip olduklarını





göstermiştir. Akdeniz'de yakalanan *L. sceleratus* türü balon balıkları ile yapılan farklı bilimsel çalışmalarda elde edilen bulgular da mevcut çalışmayı destekler niteliktedir. TTX düzeyleri kış ve sonbahar mevsimlerinde daha yüksek bulunmuş olmasının Akdeniz'e özgü bir durum olabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle Akdeniz'de her geçen gün daha geniş alanlara yayılan balon balıklarının; toksin düzeylerinin yanısıra farklı biyolojik özelliklerinin de detaylı bir şekilde araştırılması önerilmektedir.

## 6. PROJE ÇIKTILARI

Proje çalışması sonucunda elde edilen bulgular bilimsel makale olarak yayınlanacaktır. Yayına hazırlık aşamasında olan makaleler yayınlandıktan sonra TÜBİTAK sitemine yüklenecektir.

Proje çalışması sonucunda *Lagocephalus sceleratus*, *Lagocephalus spadiceus* ve *Lagocephalus suezensis*, türlerinin TTX düzeyleri ile ilgili bulgular, proje bursiyeri doktora öğrencisi Ali Rıza Köşker'in tez çalışmasının bir kısmını oluşturacaktır.

## 7. KAYNAKLAR

- Abbott, J. P., Flewelling, L. J., Landsberg, J. H. 2009. "Saxitoxin monitoring in three species of Florida pufferfish", *Harmful Algae*, 8(2), 343-348.
- Acar, C., Ishizaki, S., Nagashima, Y. 2017. "Toxicity of the lessepsian pufferfish *Lagocephalus sceleratus* from Eastern Mediterranean coasts of Turkey and species identification by rapid PCR amplification", *European Food Research and Technology*, 243(1), 49-57.
- Ahasan, H. A., Mamun, A. A., Karim, S. R., Bakar, M. A., Gazi, E. A., Bala, C. S. 2004. "Paralytic complications of puffer fish (tetrodotoxin) poisoning", *Singapore Medical Journal*, 45(2), 73.
- Akyol, O., Ünal, V., Ceyhan, T., Bilecenoglu, M. 2005. "First confirmed record of *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) in the Mediterranean Sea", *Journal of Fish Biology*, 66(4), 1183-1186.
- Anonim, 2016. "T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü 4/1 Numaralı Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığını Düzenleyen Tebliği (Tebliğ No:2016/35), Madde 17/5", <http://www.tarim.gov.tr/BSGM/Lists/Duyuru/Attachments/64/4-1-Numaral%C4%B1-Ticari-Ama%C3%A7l%C4%B1-20-Su-%C3%9Cr%C3%BCnleri-Avc%C4%B1l%C4%B1-%C4%9F%C4%B1n%C4%B1n-D%C3%BCzenlenmesi-Hakk%C4%B1nda%20Tebli%C4%9F.pdf> Son erişim tarihi: 15 Haziran 2017
- Arakawa, O., Hwang, D. F., Taniyama, S., Takayani, T. 2010. "Toxins of pufferfish that cause human intoxications", *Coastal Environmental and Ecosystem Issues of the East China Sea*, 227-244.
- Avsar, D., Çiçek, E. 1999. "A new species record for the central and Eastern Mediterranean: *Sphoeroides cutaneus* (Günther, 1870) (Pisces: *Tetraodontidae*)", *Oebalia*, 25, 17-21.

- Aydın, M. 2011. "Growth, reproduction and diet of pufferfish (*Lagocephalus sceleratus* Gmelin, 1789) from Turkey's Mediterranean Sea Coast", Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 11, 589-596.
- Azman, A. M. N., Samsur, M., Othman, M. 2014. "Distribution of tetrodotoxin among tissues of pufferfish from Sabah and Sarawak waters", Sains Malaysiana, 43(7), 1003-1011.
- Azzurro, E., Castriota, L., Falautano, M., Giardina, F., Andaloro, F. 2014. "The silver-cheeked toadfish *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) reaches Italian waters", Journal of Applied Ichthyology, 30(3), 1-3.
- Azzurro, E., Castriota, L., Falautano, M., Giardina, F., Andaloro, F. 2014. "The silver-cheeked toadfish *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) reaches Italian waters", Journal of Applied Ichthyology, 30(5), 1050-1052.
- Bazairi, H., Sghaier, Y. R., Benamer, I., Langar, H., Pergent, G., Bouras, E., Verlaque, M., Soussi, J. B., Zenetos, A., 2013. "Alien marine species of Libya: first inventory and new records in El-Kouf National Park (Cyrenaica) and the neighbouring areas", Mediterranean Marine Science, 14(2), 451-462.
- Ben-Abdallah, A., Al-Turky, A., Nafti, A., Shakman, E. 2011. "A new record of a lessepsian fish, *Lagocephalus suezensis* (Actinopterygii: Tetraodontiformes: Tetraodontidae), in the South Mediterranean (Libyan Coast)", Acta Ichthyologica et Piscatoria, 41(1).
- Bentur, Y., Ashkar, J., Lurie, Y., Levy, Y., Azzam, Z. S., Litmanovich, M., Golikf, M., Gurevycha, B., Golani, D., Eisenman, A. 2008. "Lessepsian migration and tetrodotoxin poisoning due to *Lagocephalus sceleratus* in The Eastern Mediterranean", Toxicon, 52(8), 964-968.
- Berry, P. Y., bin Hassan, A. A. 1973. "Comparative lethality of tissue extracts from the Malaysian puffer fishes, *Lagocephalus lunaris lunaris*, *L. l. spadiceus* and *Arothron stellatus*", Toxicon, 11(3), 249-254.
- Bilecenoğlu, M. 2010. "Alien marine fishes of Turkey - An updated review. In: Golani D, Appelbaum-Golani B (eds) Fish Invasions of the Mediterranean Sea: Change and Renewal. Pensoft Publishers, Sofia-Moscow, p.189-217.
- Bilecenoğlu, M., Kaya, M., Akalın, S. 2006. "Range expansion of silverstripe blaasop, *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789), to the northern Aegean Sea", Aquatic Invasions, 1(4), 289-291.

- Bilecenoğlu, M., Taşkavak, E., Kunt, K.B. 2002. "Range extension of three lessepsian migrant fish (*Fistularia commersoni*, *Sphyræna flavicauda*, *Lagocephalus suezensis*) in the Mediterranean Sea", Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 82, 525-526.
- Boustany, L., El Indary, S., Nader, M. 2015. "Biological characteristics of the Lessepsian pufferfish *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) off Lebanon", Cahiers de Biologie Marine, 56, 137-142.
- Bragadeeswaran, S., Therasa, D., Prabhu, K., Kathiresan, K. 2010. "Biomedical and pharmacological potential of tetrodotoxin-producing bacteria isolated from marine pufferfish *Arothron hispidus* (Muller, 1841)", The Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases, 16(3), 421-431.
- Brillantes, S., Samosorn, W., Faknoi, S., Oshima, Y. 2003. "Toxicity of puffers landed and marketed in Thailand", Fisheries Science, 69(6), 1224-1230.
- Campbell, S., Harada, R. M., Defelice, S. V., Bienfang, P. K., Li, Q. X. 2009. "Bacterial production of tetrodotoxin in the pufferfish *Arothron hispidus*", Natural Product Research, 23(17), 1630-1640.
- Carpentieri, P., Lelli, S., Colloca, F., Mohanna, C., Bartolino, V., Moubayed, S., Ardizzone, G. D. 2009. "Incidence of lessepsian migrants on landings of the artisanal fishery of South Lebanon", Marine Biodiversity Records, 2(e71), 1-5.
- Chamandi, S. C., Kallab, K., Mattar, H., Nader, E. 2009. "Human poisoning after ingestion of puffer fish caught from Mediterranean Sea", Middle East Journal of Anesthesiology, 20(2), 285-288.
- Chau, R., Kalaitzis, J. A., Neilan, B. A. 2011. "On the origins and biosynthesis of tetrodotoxin", Aquatic Toxicology, 104(1), 61-72.
- Chew, S. K., Goh, C. H., Wang, K. W., Mah, P. K., Tan, B. Y. 1983. "Puffer fish (tetrodotoxin) poisoning: Clinical report and role of anti-cholinesterase drugs in therapy", Singapore Medical Journal, 24(3), 168-171.
- Chowdhury, F. R., Ha, N. A., Al Mamun, A., Khaliduzzaman, S. M. 2007. "Tetrodotoxin poisoning: A clinical analysis, role of neostigmine and short-term outcome of 53 cases", Singapore Medical Journal, 48(9), 830-833.
- Chua, H. H., Chew, L. P. 2009. "Puffer fish poisoning: a family affair", Medical Journal of Malaysia, 64(2), 181-182



- Chulanetra, M., Sookrung, N., Sriramanote, P., Indrawattana, N., Thanongsaksrikul, J., Sakolvaree, Y., Chongsa-Nguan, M., Kurazono, H., Chaicumpa, W., 2011. "Toxic marine puffer fish in Thailand seas and tetrodotoxin they contained", *Toxins*, 3(10), 1249-1262.
- Cohen, N. J., Deeds, J. R., Wong, E. S., Hanner, R. H., Yancy, H. F., White, K. D., Thompson, T. M., Wahl, M., Pham, T. D., Guichard, F. M., Huh, I., Austin, C., Dizikes, G., Gerber, S. I. 2009. "Public health response to puffer fish (tetrodotoxin) poisoning from mislabeled product", *Journal of Food Protection*, 72(4), 810-817.
- Corsini, M., Margies, P., Kondilatos, G., Economidis, P. E. 2005. "Lessepsian migration of fishes to the Aegean Sea: First record of *Tylerius spinosissimus* (Tetraodontidae) from the Mediterranean and six more fish recorded from Rhodes", *Cybium*, 29, 347-354.
- Corsini, M., Margies, P., Kondilatos, G., Economidis P.S. 2006a. "Three new exotic fish records from the SE Aegean Greek Waters", *Scientia Marina*, 70(2), 319-323.
- Corsini-Foka, M., Margies, P., Kondilatos, G., Economidis, P. S. 2006b. "*Torquigener flavimaculosus* Hardy and Randall, 1983 (Pisces: Tetraodontidae) off Rhodes island marine area: A new alien fish in the Hellenic waters", *Mediterranean Marine Science*, 7(2), 73-76.
- Deidun, A., Fenech-Farrugia, A., Castriota, L., Falautano, M., Azzurro, E., Andaloro, F. 2015. "First record of the silver-cheeked toadfish *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) from Malta", *BioInvasions Records*, 4(2), 139-142.
- Do, H. K., Kogure, K., Simidu, U. 1990. "Identification of deep-sea-sediment bacteria which produce tetrodotoxin", *Applied and Environmental Microbiology*, 56(4), 1162-1163.
- Dulčić, J., Dragičević, B. 2014. "Occurrence of Lessepsian migrant *Lagocephalus sceleratus* (Tetraodontidae) in the Adriatic Sea", *Cybium*, 38(3), 238-240.
- EC. 2004a. "Regulation (EC) No. 853/2004 of The European Parliament And Of The Council of 29 April 2004 Laying Down Specific Hygiene Rules For Food Of Animal Origin", *Official Journal of the European Union* L 139 of 30 April 2004, L226, Brussels, pp. 68
- EC. 2004b. "Regulation 854/2004/EC, 25/06/2004. Regulation (EC) No 854/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 Laying Down Specific Rules for the Organisation of Official Controls on

- Products of Animal Origin Intended for Human Consumption”, Official Journal of the European Union L 139 of 30 April 2004, L226, Brussels, pp. 123.
- Eisenman, A., Rusetski, V., Sharivker, D., Yona, Z., ve Golani, D. 2008. “An odd pilgrim in the Holy land”, The American Journal Of Emergency Medicine, 26(3), 383.e3–383.e6.
- El-Haweet, A. A., Farrag, M. M., Akel, E. S. A., Moustafa, M. A. 2016. “Puffer fishes catch in the Egyptian Mediterranean Coast “The Challenged Invaders””, International Journal of Ecotoxicology and Ecobiology, 1(1), 13-19.
- El-Sayed, M., Yacout, G. A., El-Samra, M., Ali, A., ve Kotb, S. M. 2003. “Toxicity of the Red Sea pufferfish “*Pleuranacanthus sceleratus*” El-Karad”, Ecotoxicology and Environmental Safety, 56(3), 367.
- Erguden, D., Turan, C., Gurlek, M. 2009. “Weight–length relationships for 20 lessepsian fish species caught by bottom trawl on the coast of Iskenderun Bay (NE Mediterranean Sea, Turkey)”, Journal of Applied Ichthyology, 25(1), 133-135.
- Farrag, M. M., Soliman, T. B., Akel, E. S. K. A., Elhaweet, A. A., Moustafa, M. A. 2015. “Molecular phylogeny and biometrics of lessepsian puffer fish *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) from Mediterranean and Red Seas, Egypt”, The Egyptian Journal of Aquatic Research, 41(4), 323-335.
- Farrag, M., El-Haweet, A. A., Moustafa, M. A. 2016. “Occurrence of puffer fishes (Tetraodontidae) in the eastern Mediterranean, Egyptian coast-filling in the gap”, BiolInvasions Record, 5(1).
- Fernández-Ortega, J. F., Santos, J. M., Herrera-Gutiérrez, M. E., Fernández-Sánchez, V., Loureo, P. R., Rancaño, A. A., Téllez-Andrade, A. 2010. “Seafood intoxication by tetrodotoxin: First case in Europe”, The Journal Of Emergency Medicine, 39(5), 612-617.
- Field, J. 1998. “Puffer fish poisoning”, Journal of Accident and Emergency Medicine, 15(5), 334-336.
- Follesa, M. C., Mulas, A., Porcu, C., Cau, A. 2009. “First record of *Chilomycterus reticulatus* (Osteichthyes: Diodontidae) in the Mediterranean Sea”, Journal of Fish Biology, 74(7), 1677-1681.
- Fouda, F. M. 2005. “Anti-tumor activity of tetrodotoxin extracted from the Masked Puffer fish *Arothron diadematus*”, Egyptian Journal of Biology, 7(1).

- Froese, R., Pauly, D. (eds.), 2014. Tetraodontidae. Fishbase, World Wide Web Electronic Publication. <<http://www.fishbase.org>>, version 06/2014.
- Garrido, A., Ibáñez-Yuste, A. J., Norman, C., Terrón-Sigler, A. 2014. "First record of *Chilomycterus spinosus mauretanicus* (Osteichthyes: Diodontidae) in the Mediterranean Sea", Marine Biodiversity Records, 7, e79.
- Golani, D. 2010. "Colonization of the Mediterranean by Red Sea Fishes via the Suez Canal-Lessepsian Migration", Fish Invasions of the Mediterranean Sea: Change and Renewal. Pensoft Publishers, Sofia-Moscow, 145-188.
- Golani, D., Levy, Y. 2005. "New records and rare occurrences of fish species from the Mediterranean Coast of Israel", Zoology in the Middle East, 36, 27-32.
- Golani, D., Orsini-Relini, L., Massut, E., Quignard, J. P. 2002. "CIESM atlas of exotic species in the Mediterranean", Vol. 1. Fishes (ed. F. Briand). Monaco: CIESM Publishers.
- Golani, D., Öztürk, B., Başusta, N., (Eds.) 2006. "Fishes of the Eastern Mediterranean", Istanbul: Turkish Marine Research Foundation, Istanbul.
- Golani, D., Salameh, P., Sonin, O. 2010. "First record of the Emperor angelfish, *Pomacanthus imperator* (Teleostei: Pomacanthidae) and the second record of the spotbase burrfish *Cyclichthys spilostylus* (Teleostei: Diodontidae) in the Mediterranean", Aquatic Invasions, 5(1), S41-S43.
- Goto, T., Kishi, Y., Takahashi, S., Hirata, Y. 1965. "Tetrodotoxin", Tetrahedron, 21(8), 2059-2088.
- Ha, D. V., Sato, S. 2012. "Individual variation of toxicity in three Vietnamese toxic marine puffer species", Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển, 11(3), 71-83.
- Hagen, N. A., du Souich, P., Lapointe, B., Ong-Lam, M., Dubuc, B., Walde, D., Love, R., Ngoc, A. H., Canadian Tetrodotoxin Study Group. 2008. "Tetrodotoxin for moderate to severe cancer pain: a randomized, double blind, parallel design multicenter study", Journal of Pain and Symptom Management, 35(4), 420-429.
- Halstead, B. W. 1958. "Poisonous fishes", Public Health Reports, 73(4), 302.
- Hanifin, C. T. 2010. "The chemical and evolutionary ecology of tetrodotoxin (TTX) toxicity in terrestrial vertebrates", Marine Drugs, 8(3), 577-593.
- Haque, M. A., Islam, Q. T., Razzak, M. A., Faiz, M. A., Bari, M. I. 2008. "Neurological manifestations of puffer fish poisoning and it's outcome:



- Study of 83 cases”, TAJ: Journal of Teachers Association, 21(2), 121-125.
- Hardy, G. S., Randall, J. E. 1983. “Description of a new species of pufferfish (Tetraodontiformes: Tetraodontidae) from the Red Sea and adjacent waters”, Israel Journal of Zoology, 32(1), 13-20.
- How, C. K. 2003. “Tetrodotoxin poisoning”, The American Journal Of Emergency Medicine, 21(1), 51-54.
- Hwang, D. F., Noguchi, T. 2007. “Tetrodotoxin poisoning”, Advances in Food And Nutrition Research, 52, 141-236.
- Irmak, E. 2012. “Türkiye kıyılarında lesepsiyen balon balıkları ve beslenme özelliklerinin araştırılması”, Doktora Tezi, Su Ürünleri Anabilim Dalı, 104s, Çanakkale.
- Irmak, E., Altınağaç, U. 2015. “First record of an invasive Lessepsian migrant, *Lagocephalus sceleratus* (Actinopterygii: Tetraodontiformes: Tetraodontidae), in the Sea of Marmara”, Acta Ichthyologica et Piscatoria, 45(4), 433.
- Isbister, G. K., Son, J., Wang, F., Maclean, C. J., Lin, C. S., Ujma, J., Balit, C. R., Smith, B., Milder, D. G., Kiernan, M. C. 2002. “Puffer fish poisoning: A potentially life-threatening condition”, Medical Journal of Australia, 177(11/12), 650-653.
- Islam, Q. T., Razzak, M. A., Islam, M. A., Bari, M. I., Basher, A., Chowdhury, F. R., Sayeduzzaman, A. B., Ahasan, H. A., Faiz, M. A., Arakawa, O., Yotsu-Yamashita, M., Kuch, U., Mebs, D. 2011. “Puffer fish poisoning in Bangladesh: Clinical and toxicological results from large outbreaks in 2008”, Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, 105(2), 74-80.
- Iverson, F., Truelove, J. 1994. “Toxicology and seafood toxins: Domoic Acid”, Natural Toxins, 2(5), 334-339.
- Izquierdo-Muñoz, A., Izquierdo-Gomez, D. 2014. “First record of *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) (Actinopterygii, Tetraodontidae) on the Mediterranean Spanish coast. *Katsanevakis S. et al.(2014), New Mediterranean Biodiversity Records (October, 2014). Mediterranean Marine Science, 15(3), 675-695.*
- Jawad, L. 2013. “On the asymmetry of some morphological characters of the silver-cheeked toadfish *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) collected from the Sea of Oman”, Water Research and Management, 3(1), 25-30.



- Jribi, I., Bradai, M. N. 2012. "First record of the Lessepsian migrant species *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) (Actinopterygii: Tetraodontidae) in the Central Mediterranean", *Bioinvasions Records*, 1(1), 49-52.
- Kaewnern, M., Dulyapark, V., Mookdasnit, J., Jumnongsong, S. 2013. "Perception of consumers on puffer fish and willingness to pay for consuming puffer fish (*Lagocephalus spadiceus*)", In Proceedings of the 51st Kasetsart University Annual Conference, Bangkok, Thailand, 5-7 February 2013. Kasetsart University.
- Kalogirou, S. 2013. "Ecological characteristics of the invasive pufferfish *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) in the Eastern Mediterranean Sea—A case study from Rhodes", *Mediterranean Marine Science*, 14(2):251-260.
- Kalogirou, S., Wennhage, H., Pihl, L. 2012. "Non-indigenous species in Mediterranean fish assemblages: Contrasting feeding guilds of *Posidonia oceanica* Meadows and sandy habitats", *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 96, 209-218.
- Kara, M. H., Lamine, E. B., Francour, P. 2015. "Range expansion of an invasive pufferfish, *Lagocephalus sceleratus* (Actinopterygii: Tetraodontiformes: Tetraodontidae), to the south-western Mediterranean", *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 45(1), 103.
- Kasapidis, P., Peristeraki, P., Tserpes, G., Magoulas, A. 2007. "First record of the lessepsian migrant *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin 1789) (Osteichthyes: Tetraodontidae) in the Cretan Sea (Aegean, Greece)", *Aquatic Invasions*, 2(1), 71-73.
- Katikou, P., Georgantelis, D., Sinouris, N., Petsi, A., ve Fotaras, T. 2009. "First report on toxicity assessment of the lessepsian migrant pufferfish *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) from European waters (Aegean Sea, Greece)", *Toxicon*, 54(1), 50-55.
- Kheifets, J., Rozhavsky, B., Girsh Solomonovich, Z., Marianna, R., Soroksky, A. 2012. "Severe tetrodotoxin poisoning after consumption of *Lagocephalus sceleratus* (pufferfish, fugu) fished in Mediterranean Sea, treated with cholinesterase inhibitor", *Case Reports in Critical Care*, 2012, 782507-782507.
- Kirimer, N., Göker, F., Özbek, E. Ö., Coban, B., Balcioğlu, E. B., Öztürk, B., Güven, K. C. 2016. "Tetrodotoxin and fatty acids contents of *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) collected in Antalya, Turkey,



- by MS/MS and GC/MS analyses”, Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment, 22(3).
- Köşker, A. R., Özoğul, F., Ayas, D., Durmuş, M., & Uçar, Y. 2015. The new toxin of Mediterranean: Tetrodotoxin. Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 32(1), 15-24.
- Köşker, A. R., Özogul, F., Durmus, M., Ucar, Y., Ayas, D., Regenstein, J. M., Özogul, Y. 2016. “Tetrodotoxin levels in pufferfish (*Lagocephalus sceleratus*) caught in the Northeastern Mediterranean Sea”, Food Chemistry, 210, 332-337.
- Laobhripatr, S., Limpakarnjanarat, K., Sangwonloy, O., Sudhasaneya, S., Anuchatvorakul, B., Leelasitorn, S., ve Saitanu, K. 1990. “Food poisoning due to consumption of the freshwater puffer *Tetraodon fangi* in Thailand”, Toxicon, 28(11), 1372-1375.
- Lau, F. L., Wong, C. K., Yip, S. H. 1995. “Puffer fish poisoning”, Journal of Accident and Emergency Medicine, 12(3), 214-215.
- Lee, M. J., Jeong, D. Y., Kim, W. S., Kim, H. D., Kim, C. H., Park, W. W., Park, Y. H., Kim, K. S., Kim, H. M., Kim, D. S. 2000. “A tetrodotoxin-producing *Vibrio* strain, Lm-1, from the puffer fish fugu *Vermicularis radiatus*”, Applied and Environmental Microbiology, 66(4), 1698-1701.
- Lin, S. J., Tsai, Y. H., Lin, H. P., Hwang, D. F. 1998. “Paralytic toxins in Taiwanese Starfish *Astropecten scoparius*”, Toxicon, 36(5), 799-803.
- Mater, S., Bilecenoğlu, M. 1999. “Türkiye deniz balıkları. In: Genel Zoocoğrafya ve Türkiye Zoocoğrafyası, A. Demirsoy (Ed), Meteksan Matbaası, Ankara. p. 790- 808.
- Mavruk, S., Avsar, D. 2008. “Non-native fishes in the Mediterranean from the Red Sea, by way of the Suez Canal”, Reviews in Fish Biology and Fisheries, 18(3), 251-262.
- Mebis, D., Arakawa, O., Yotsu-Yamashita, M. 2010. “Tissue distribution of tetrodotoxin in the Red-Spotted Newt *Notophthalmus viridescens*”, Toxicon, 55(7), 1353-1357.
- Milazzo, M., Azzurro, E., Badalamenti, F. 2012. “On the occurrence of the silverstripe blaasop *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) along the Libyan coast”, Bioinvasions Records, 1 (2), 135-137.
- Miyazawa, K., Noguchi, T. 2001. “Distribution and origin of tetrodotoxin”, Toxin Reviews, 20(1), 11-33



- Mosher, H. S., Fuhrman, F. A. 1984. "Occurrence and origin of tetrodotoxin", *Seafood Toxins* (Ragelis EP, ed.), American Chemical Society, Washington, DC, 333-344.
- Nader, M. R., Indary, S., Boustany, L. E. 2012. "The puffer fish *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) in the Eastern Mediterranean", *EastMed Technical Documents 2012*, GCP/INT/041/EC-GRE-ITA; FAO: Rome, Italy.
- Nakamura, M., Yasumoto, T. 1985. "Tetrodotoxin derivatives in puffer fish", *Toxicon*, 23(2), 271-276
- Narahashi, T. 2001. "Pharmacology of tetrodotoxin", *Toxin Reviews*, 20(1), 67-84.
- Nelson, J. S. 2006. "Fishes of the World", 4th eds. ; John Wiley ve Sons, Inc.; New York; 601s.
- Ngy, L., Taniyama, S., Shibano, K., Yu, C. F., Takatani, T., Arakawa, O. 2008. "Distribution of tetrodotoxin in pufferfish collected from coastal waters of Sihanouk Ville, Cambodia. *Shokuhin Eiseigaku Zasshi. Journal of the Food Hygienic Society of Japan*, 49(5), 361.
- Noguchi, T., Arakawa, O. 2008. "Tetrodotoxin-distribution and accumulation in aquatic organisms, and cases of human intoxication", *Marine Drugs*, 6(2), 220-242.
- Noguchi, T., Arakawa, O., Takatani, T. 2006. "Toxicity of pufferfish *Takifugu rubripes* cultured in netcages at sea or aquaria on land", *Comparative Biochemistry and Physiology Part D: Genomics and Proteomics*, 1(1), 153-157.
- Noguchi, T., Arakawa, O., Takatani, T. 2007. "TTX accumulation in pufferfish", *Comparative Biochemistry and Physiology Part D: Genomics and Proteomics*, 1(1), 145-152.
- Noguchi, T., Ebesu, J. S. 2001. "Puffer poisoning: Epidemiology and treatment", *Toxin Reviews*, 20(1), 1-10
- Noguchi, T., Onuki, K., Arakawa, O. 2011. "Tetrodotoxin poisoning due to pufferfish and gastropods, and their intoxication mechanism", *ISRN Toxicology*.
- Nuñez-Vazquez, E. J., Garcia-Ortega, A., Campa-Cordova, A. I., DE La Parra, I. A., Ibarra-Martinez, L., Heredia-Tapia, A., ve Ochoa, J. L. 2012. "Toxicity of cultured bullseye puffer fish *Sphoeroides annulatus*", *Marine Drugs*, 10(2), 329-339.



- Nuñez-Vázquez, E. J., Yotsu-Yamashita, M., Sierra-Beltrán, A. P., Yasumoto, T., Ochoa, J. L. 2000. "Toxicities and distribution of tetrodotoxin in the tissues of puffer fish found in the coast of the Baja California Peninsula Mexico", *Toxicon*, 38(5), 729-734.
- Oliveira, J. S., Pires Junior, O. R., Morales, R. A. V., Bloch Junior, C., Schwartz, C. A., Freitas, J. C. 2003. "Toxicity of puffer fish: two species (*Lagocephalus laevigatus*, Linnaeus 1766 and *Sphoeroides spengleri*, Bloch 1785) from the Southeastern Brazilian coast", *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*, 9(1), 76-88.
- Otero, P. 2014. *Epidemiology of Marine Toxins. Seafood and Freshwater toxins: Pharmacology, Physiology, and Detection*. Editör: Botana, L. Florida: CRC Press.
- Özbek, E. Ö., Çardak, M., Kebapçioğlu, T. 2017. "Spatio-temporal patterns of abundance, biomass and length of the silver-cheeked toadfish *Lagocephalus sceleratus* in the Gulf of Antalya, Turkey (Eastern Mediterranean Sea)", *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 17, 725-733.
- Popkiss, M. E., Horstman, D. A., Harpur, D. 1979. "Paralytic shellfish poisoning. A report of 17 cases in Cape Town", *South African Medical Journal= Suid-Afrikaanse Tydskrif Vir Geneeskunde*, 55(25), 1017.
- Por, F. D., 1964. A study of the Levantine and Pontic Harpacticoida (Crustacea, Copepoda). *Zoologische Verhandelingen*, 64(1): 1-128.
- Priya, E. R., Ravichandran, S., Ghosh, S. 2016. "Pharmacological evaluation of bioactive peptide from *Lagocephalus spadiceus*", *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 5(4), 1004-1015.
- Randall, J. E. 1995. "Coastal fishes of Oman", University of Hawaii Press.
- Rao, P. Y., Sirisha, I. R. 2009. "Changes in the muscle biochemical composition of *Lagocephalus spadiceus* (Richardson, 1845) and *Lagocephalus lunaris* (Bloch and Schneider, 1801) off Visakhapatnam, East Coast of India", *International Journal of Scientific and Research Publications*, 477.
- Reina-Hervás, J. A., Raso, J. E., Manjon-Cabeza, M. E. 2004. "First record of *Sphoeroides spengleri* (Osteichthyes: Tetraodontidae) in the Mediterranean Sea", *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 84(05), 1089-1090.



- Rodriguez, P., Alfonso, A., Otero, P., Katikou, P., Georgantelis, D., Botana, L. M. 2012. "Liquid chromatography-mass spectrometry method to detect tetrodotoxin and its analogues in the puffer fish *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) from European waters", *Food Chemistry*, 132(2), 1103-1111.
- Saad, A. 2005. "Check-list of bony fish collected from the coast of Syria", *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 5(2).
- Sabour, W., Saad, A., Jawad, L. 2014. "First record of yellowspotted puffer *Torquigener flavimaculosus* Hardy & Randall, 1983 (Osteichthys: Tetraodontidae) from Mediterranean Sea coasts of Syria", *Thalassia Salentina*, 36, 29-34.
- Sabrah, M.M., El-Ganainy, A.A., Zaky, M.A., 2006. Biology and Toxicity of the puffer fish *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) from The Gulf of Suez. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 32: 283-297.
- Sangthong, P., Ngernsiri, L., Sangthong, D. 2014. "Identification of puffer fish of the genus *Lagocephalus*: *L. lunaris*, *L. spadiceus* and *L. inermis*, using multiplex PCR", *Food Biotechnology*, 28(3), 216-231.
- Saoudi, M., Abdelmouleh, A., El Feki, A. 2010. "Tetrodotoxin: A potent marine toxin", *Toxin Reviews (formerly Journal of Toxicology: Toxin Reviews)*, 29(2), 60-70.
- Saoudi, M., Abdelmouleh, A., Kammoun, W., Ellouze, F., Jamoussi, K., El Feki, A. 2008. "Toxicity assessment of the puffer fish *Lagocephalus lagocephalus* from the Tunisian coast", *Comptes Rendus Biologies*, 331(8), 611-616.
- Schwartz, D. M., Fields, H. L., Duncan, K. G., Duncan, J. L., Jones, M. R. 1998. Experimental study of tetrodotoxin, a long-acting topical anesthetic", *American Journal of Ophthalmology*, 125(4), 481-487.
- Shipp, R. L. 2002. "Tetraodontidae. The living marine resources of the Western Central Atlantic", Vol. 3: Bony fishes, Part 2 (Opisthognathidae to Molidae). Food and Agriculture Organization (FAO), Rome, 1988-2006.
- Silva, M., Azevedo, J., Rodriguez, P., Alfonso, A., Botana, L. M., Vasconcelos, V. 2012. "New gastropod vectors and tetrodotoxin potential expansion in temperate waters of the Atlantic Ocean", *Marine Drugs*, 10(4), 712-726.
- Simon, K. D., Mazlan, A. G., Usup, G. 2009. "Toxicity of puffer fishes (*Lagocephalus wheeleri* Abe, Tabeta and Kitahama, 1984 and

- Lagocephalus sceleratus* Gmelin, 1789) from the East Coast waters of Peninsular Malaysia”, *Journal of Biological Sciences*, 9(5), 482-487.
- Šprem, J. D., Dobroslavić, T., Kožul, V., Kuzman, A., Dulčić, J. 2014. “First record of *Lagocephalus sceleratus* in the Adriatic Sea (Croatian coast), a Lessepsian migrant”, *Cybium*, 38(2), 147-148.
- Thuesen, E. V., Kogure, K. 1989. “Bacterial production of tetrodotoxin in four species of Chaetognatha”, *The Biological Bulletin*, 176(2), 191-194.
- Torcu Koç, H., Erdoğan, Z., Üstün, F. 2011. “Occurrence of the lessepsian migrant, *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin 1789)(Osteichthyes: Tetraodontidae), in İskenderun Bay (north-eastern Mediterranean, Turkey)”, *Journal of Applied Ichthyology*, 27(1), 148-149.
- Tsunenari, S., Uchimura, Y., Kanda, M. 1980. “Puffer poisoning in Japan- A case report”, *Journal of Forensic Sciences*, 25(1), 240-245.
- Tuncer, S., Aslan Cihangir, H., Bilecenoglu, M. 2008. “First record of the lessepsian migrant *Lagocephalus spadiceus* (Tetraodontidae) in the Sea of Marmara”, *Cybium*, 32, 347-348.
- Tuncer, S., Aslan, H., Bilecenoglu, M. 2008. “First record of the lessepsian migrant *Lagocephalus spadiceus* (Tetraodontidae) in the Sea of Marmara”, *Fisheries Science*, 69, 1224-1230.
- Tüney, I. 2016. “Molecular identification of puffer fish *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) and *Lagocephalus spadiceus* (Richardson, 1845) from Eastern Mediterranean, Turkey”, *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(5), 1429-1437.
- Türker-Çakır, D., Yarmaz, A., Balaban, C. 2009. “A new record of *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin 1789) confirming a further range extension into the Northern Aegean Sea”, *Journal of Applied Ichthyology*, 25(5), 606-607.
- Tüzün, S. 2012. “Benekli balon balığı'nın (*Lagocephalus sceleratus* Gmelin, 1789) Antalya Körfezi'ndeki büyüme özellikleri”, *Yüksek Lisans Tezi, Biyoloji Anabilim Dalı*, 44s, Aydın.
- Ujević, I., Busatto, R. R., Dulčić, J., Pralija, A. 2016. “The concentration of tetrodotoxin (TTX) in invasive species *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin 1789) in the Adriatic Sea (Croatia)”, In *The 17th International Conference on Harmful Algae*.
- Ünal, V., Göncüoğlu, H., Durgun, D., Tosunoglu, Z., Deval, M. C., Turan, C. 2015. Silver-cheeked toadfish, *Lagocephalus sceleratus* (Actinopterygii: Tetraodontiformes: Tetraodontidae), causes a



- substantial economic losses in the Turkish Mediterranean coast: A call for decision makers”, *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 45(3), 231.
- Vacchi, M., Bussotti, S., Miglietta, A. M., Guidetti, P. 2007. “Presence of the Guinean puffer *Sphoeroides marmoratus* (Lowe, 1838) in the Mediterranean Sea”, *Journal of Fish Biology*, 71(4), 1215-1219.
- Veeruraj, A., Arumugam, M., Ajithkumar, T., Balasubramanian, T. 2011. Distribution of tetraodontiformes (Family: Tetraodontidae) along the Parangipettai Coast, Southeast coast of India”, *Zootaxa*, 3015(1), 1-12.
- Wextech, <http://www.wextech.ca>, <http://www.wextech.ca/Products.asp?m=1>, Son erişim tarihi: 12 Haziran 2017.
- Yamaguchi, H., Nakaya, M., Kaneko, G., Yoneda, C., Mochizuki, T., Fukami, K., Ushio, H., Watabe, S. 2013. “Comparison in taste and extractive components of boiled dorsal muscle and broth from half-smooth golden puffer *Lagocephalus spadiceus* caught in Japan with those of the same fish imported”, *Fisheries Science*, 79(2), 327-334.
- Yasumoto, T., Michishita, T. 1985. “Fluorometric determination of tetrodotoxin by high performance liquid chromatography”, *Agricultural and Biological Chemistry*, 49(10), 3077-3080.
- Yasumoto, T., Nagai, H., Yasumura, D., Michishita, T., Endo, A., Yotsu, M., Kotaki, Y. 1986. “Interspecies distribution and possible origin of tetrodotoxin”, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 479(1), 44-51.
- Yıldırım, U. G. 2011. “Akdeniz'deki balon balığı, *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789)'un bazı biyolojik özelliklerinin tespiti”, Yüksek Lisans Tezi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, 46s, Isparta.
- Yotsu-Yamashita, M. 2001. “Chemistry of puffer fish toxin”, *Journal of Toxicology. Toxin Reviews*, 20(1), 51-66.
- Yu, C. H. 2008. “Detection and biosynthesis of puffer fish toxin from bacterial culture for novel medical application”, PhD Thesis, The Hong Kong Polytechnic University, PRC.
- Yu, C., Yu, P. H. 1997. “A preliminary study of puffer fishes and their toxins found in Hong Kong waters”, *Food Hygiene and Safety Science (Shokuhin Eiseigaku Zasshi)*, 38(6), 460-463.
- Zenetos, A., Gofas, S., Morri, C., Rosso, A., Violanti, D., Raso, J. G., Verlaque, M. 2012. *Alien Species In The Mediterranean Sea by 2012*.



A contribution to the Application of European Union's Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Part 2. Introduction trends and pathways. *Mediterranean Marine Science*, 13(2):328-352.



**TÜBİTAK**  
**PROJE ÖZET BİLGİ FORMU**

Proje Yürütücüsü:	Prof. Dr. FATİH ÖZOĞUL
Proje No:	1150679
Proje Başlığı:	Mersin Körfezi'ndeki Balon Balığı Türlerinin Tetradotoksin (TTX) Düzeylerindeki Eşeye ve Mevsime Bağlı Değişimlerin Belirlenmesi
Proje Türü:	1001 - Araştırma
Proje Süresi:	20
Araştırmacılar:	DENİZ AYAS
Danışmanlar:	
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:	ÇUKUROVA Ü. SU ÜRÜNLERİ F. SU ÜRÜNLERİ AVLAMA VE İŞLEME TEKN. B.
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:	15/10/2015 - 15/06/2017
Onaylanan Bütçe:	216030.0
Harcanan Bütçe:	181484.65
Öz:	<p>Bu çalışmada Akdeniz'de son yıllarda tür sayısı ve yayılım alanları hızla artan balon balıklarının Tetradotoksin (TTX) içerikleri araştırılmıştır. Türkiye kıyılarında yoğun dağılım gösteren balon balığı türleri olan Lagocephalus sceleratus (Gmelin, 1789), Lagocephalus spadiceus (Richardson, 1845), Lagocephalus suezensis (Clark and Gohar, 1953); Torquigener flavimaculosus (Hardy and Randall, 1983) türlerindeki TTX içerikleri ve toksin düzeylerindeki mevsimsel/eşeyssel farklılıklar araştırılmıştır.</p> <p>Balon balıklarının avlanması ve karaya çıkarılması T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'nca yasaklanmış olmasından dolayı, çalışmada kullanılacak balıkların yakalanabilmesi için ilgili bakanlıktan araştırma izinleri alınmıştır. Çalışmada kullanılan balon balıkları Aralık 2015-Ekim 2016 tarihleri arasında Mersin Körfezi'nde dört mevsim olarak Berdan Çayı ile Yeşilovacık arasındaki bölgede yakalanmıştır. Mevsimsel olarak yakalanan balon balığı türlerinin boy-ağırlık ölçümleri ve eşey tayinleri yapılmış, her mevsim için her bir balon balığı türüne ait 10 erkek 10 dişi birey belirlenerek, bu bireylere ait kas doku, gonad, karaciğer, deri ve bağırsak gibi kısımlar disekte edilmiştir. Dokulardaki TTX düzeyleri Q-TOF LC/MS cihazı kullanılarak belirlenmiştir.</p> <p>Q-TOF LC/MS analizleri sonucunda balon balığı türlerindeki TTX içerikleri sırasıyla Lagocephalus sceleratus için <math>0.69 \pm 0.11</math> ile <math>35.60 \pm 3.75</math> (<math>\mu\text{g/g}</math>) aralığında; Torquigener flavimaculosus için <math>5.03 \pm 0.42</math> ile <math>139.88 \pm 12.21</math> (<math>\mu\text{g/g}</math>) aralığında bulunmuştur. Lagocephalus suezensis türünde ise bazı doku örneklerinde TTX tespit edilememiş, toksin tespit edilebilen dokularda ise TTX düzeyleri <math>0.63 \pm 0.08</math> ile <math>3.09 \pm 0.28</math> (<math>\mu\text{g/g}</math>) aralığında tespit edilmiştir.</p> <p>Analizler sonucunda en yüksek toksisiteyi T. flavimaculosus türünün gösterdiği, ardından sırasıyla L. sceleratus ve L. suezensis türlerinin TTX limit değerinin (MLD50) üzerinde toksisite göstererek, toksik türler olduğu belirlenmiştir. Ancak L. spadiceus türünün ölçülebilir düzeylerde TTX içermediği ve toksik olmadığı belirlenmiştir.</p>
Anahtar Kelimeler:	Balon Balıkları, Zehirli Balıklar, Mersin Körfezi, Su Ürünleri, Toksinleri, Tetradotoksin
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu Mu?:	Hayır