



## Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi (YYU Journal of Agricultural Sciences)



<https://dergipark.org.tr/pub/yyutbd>

Derleme Makalesi (Review Article)

### Metil Farnesoat Hormonunun Kabuklu Su Ürünlerinde Üremeye Etkisi

Mehmet BAL<sup>1</sup>, Ayşe Gül HARLIOĞLU\*<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, 23000, Elazığ, Türkiye

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-8659-3200> <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-9478-6419>

\*Sorumlu yazar e-posta: [aharlioglu@firat.edu.tr](mailto:aharlioglu@firat.edu.tr)

#### Makale Bilgileri

Geliş: 16.01.2021

Kabul: 19.11.2021

Online Yayınlanma: 15.12.2021

DOI: 10.29133/yyutbd.862712

#### Anahtar Kelimeler

Hormon,  
Kabuklular,  
Metil Farnesoat,  
Üreme.

**Öz:** Kabuklu su ürünlerinin yapay üretimi, talep artışıyla birlikte küresel ölçekte önem kazanmıştır. Bu nedenle, ekonomik önem taşıyan kabukluların akuakültür çalışmalarında hormon uygulamaları ile üreme verimliliğinin artırılmasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Kabuklu su ürünlerinin yetiştiriciliğinde hormon uygulaması ile yumurta alımına yönelik çalışmalar yoğunlaşmıştır. Bu amaçla, nöropeptitler, opioidler, vertebra tipi steroidler ve metil farnesoat (MF) gibi hormonlar kullanılmaktadır. Metil farnesoat, kimyasal yapısı böcek juvenil hormonu III'e benzeyen ancak bu yapıdan epoksit grubunun olmayışı ile ayrılan bir hormondur. Metil farnesoatın kabuklularda protein sentezi, kabuk değişimi, morfogenezis, metamorfoz ve üremede önemli fonksiyonlara sahip olduğu belirlenmiştir. Kabuklularda eksojen testosteron, progesteron, juvenil hormonu III ve MF'nin erkek dekapodlarda sperm kalitesini ve üreme verimliliğini artırdığı belirlenmiştir. Bu derleme makalede farklı kabuklu türlerinde MF hormonu uygulamalarının üremeye etkilerine ilişkin çalışmalar irdelenmiştir.

### The Effect of Methyl Farnesoate Hormone on Reproduction in Crustaceans

#### Article Info

Received: 16.01.2021

Accepted: 19.11.2021

Online Published: 15.12.2021

DOI: 10.29133/yyutbd.862712

#### Keywords

Hormone,  
Crustaceans,  
Methyl Farnesoate,  
Reproduction.

**Abstract:** Artificial production of crustaceans has gained importance on a global scale with the increase in demand. For this reason, studies are carried out to increase reproductive efficiency with hormone applications in aquaculture studies of economically important crustaceans. Studies on egg production have intensified with hormone application in the rearing of crustaceans. For this purpose, hormones such as neuropeptides, opioids, vertebral steroids, and methyl farnesoate (MF) are used. Methyl farnesoate is a hormone that is chemically similar to insect juvenile hormone III but differs from this structure by the absence of an epoxide group. It has been determined that MF has important functions in protein synthesis, moulting, morphogenesis, metamorphosis, and reproduction in crustaceans. It has been determined in crustaceans that exogenous testosterone, progesteron, juvenile hormone III, and MF increase sperm quality and reproductive efficiency in male decapods. In this review article, studies on the effects of MF hormone applications on reproduction in different crustacean species are discussed.

#### 1. Giriş

Son yıllarda, balık türlerinin yanı sıra, bazı kabuklu su ürünlerinin yetiştiriciliği de küresel ölçekte önem kazanmıştır. Örneğin tatlı su kabuklularında 2007 yılında avcılık ile elde edilen miktar 397 541 ton iken, bu miktar 2015 yılında ancak 423 852 tona yükselmiştir (FAO 2014a, b; FAO 2016)

(Çizelge 1). Yetiştiricilik ile elde edilen miktar ise 2007 yılında 1 271 584 ton iken, bu miktar 2015 yılında 2 016 505 tona yükselmiştir (FAO, 2014a, b; FAO, 2016) (Çizelge 2).

Denizlerde avcılıkla elde edilen toplam kabuklu su ürünleri miktarı 2015, 2016, 2017 ve 2018 yıllarında sırasıyla 6109, 5979, 6027 ve 5997 bin ton, canlı ağırlık olarak bildirilmektedir (FAO, 2020). Yetiştiricilikle elde edilen toplam kabuklu su ürünlerinin miktarı ise 2016 ve 2018 yıllarında sırasıyla 7676 ve 9387 bin ton olarak rapor edilmiştir (FAO, 2020).

Çizelge 1. 2007 -2015 döneminde tür gruplarına göre avlanan kabuklu su ürünleri miktarı (ton) (FAO, 2014a, b; FAO, 2016)

Tür Grubu	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Tatlısu kabukluları	397541	462983	473747	525094	424386	447942	434064	428500	423852
Yengeçler, deniz örümcekleri	1316470	1331101	1342392	1415606	1444264	1478595	1594615	1669919	1628359
Deniz istakozları, dikenli istakozlar	237856	253476	251028	283467	284505	294780	289222	306568	308947
Kral yengeçleri, squat-istakozlar	62132	56874	55577	44970	43632	49261	56148	56961	60523
Karidesler	3269612	3143542	3170802	3113002	3305370	3429029	3419430	3370947	3439907
Kril, planktonik kabuklular	104586	156 521	125864	215175	181010	188147	239950	317615	250846
Muhtelif deniz kabukluları	489930	443283	451125	480338	464655	463173	484401	425996	450106

Çizelge 2. 2007 -2014 döneminde tür gruplarına göre yetiştiricilikle elde edilen kabuklu su ürünlerinin miktarı (ton) (FAO, 2014a, b; FAO, 2016)

Tür Grubu	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Tatlısu kabukluları	1271584	1373886	1555216	1692211	1664884	1821891	1953773	2016505
Yengeçler, deniz örümcekleri	231 070	240 787	246534	254378	270087	289951	302257	316850
Deniz istakozları, dikenli istakozlar	70	1092	1412	1611	1805	2035	1045	948
Karidesler	3295419	3400458	3532152	3779126	4190377	4338554	4454602	4580770
Muhtelif deniz kabukluları	30	16	-	-	-	-	-	-

Kabuklu su ürünlerinin avcılıkla elde edilen miktarı yanında, nüfus artışına paralel olarak artan gıda ihtiyacı talebinin yapay üretimle de desteklenmesi ihtiyacı doğmuştur (Nagaraju, 2011). Örneğin, Türkiye'deki tatlısu istakozu (kerevit) üretiminin de azalan bir eğilime sahip olduğu, kerevit stoklarının iyileştirilmesi ve üretimin artırılabilmesi için alternatif üretim yöntemlerinin yaygınlaştırılması gerektiği bildirilmektedir (Kale ve Berber, 2020). Ancak bazı ekonomik öneme sahip kabuklu su ürünlerinin yapay üretiminde karşılaşılan sorunların en önemlisi, yeterli ve kaliteli cinsiyet ürünü (yumurta ve sperma) elde edilememesidir (Nagaraju, 2011). Bu nedenle, kabuklu su ürünleri yetiştiriciliğine yönelik araştırmalarda üreme verimliliğinin artırılması büyük önem taşımaktadır.

Türlerin genetik yapıları üreme potansiyelleri üzerinde etkili olan en önemli faktörlerden birisidir. Diğer önemli faktörlerden birisi de ortamda bulunan, besin maddelerinin yoğunluğu ve tipidir. Nitekim besin yetersizliğinin kabuklularda yumurta sayısını olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir. Avşar (2005), su canlılarında, stoktaki olgun dişilerin yumurta veriminin büyüklüklerine (yaş ve boy), aldıkları besinlerin kalitesine ve miktarına bağlı olarak değişim gösterdiğini, alınan besin miktarı arttıkça yumurta veriminin de arttığını bildirmiştir. Diğer taraftan, kabuklu su ürünlerinin yapay üretiminde artırılmasına yönelik çalışmalar sınırlıdır.

Tatlısu istakozu *Cherax quadricarinatus*'un yumurtlama ve yumurta kalitesi üzerine farklı oranda protein içeren diyetlerin etkisi Rodriquez-Gonzalez ve ark. (2006) tarafından araştırılmıştır. Ayrıca, tatlısu istakozu *Astacus leptodactylus*'un pleopodal yumurta ve birinci devre yavru sayısını artırmak amacıyla E vitamini katkılı diyetler kullanılmış ve başarılı sonuçlar alınmıştır. Bunlarla birlikte, *A. leptodactylus*'un yemine n-3 serisi yağ asitleri ile L-tryptophan ilave edilerek bu türün üreme ve yetiştiricilik verimliliğinin artırılması araştırılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Harlıoğlu ve ark., 2014).

Yukarıda sıralanan çalışmalarla birlikte, kabuklularda hormon uygulanması ile üreme verimliliğinin artırılmasına yönelik çalışmalar da yapılmaktadır. Örnek olarak; Nagabhushanam ve Kulkarni (1981) karides türü *Parapenaeopsis hardwickii*'de testosteron; Alfaro (1996) karides türü *Penaeus vannamei*'de 17 $\alpha$ -Methyltestosterone ve 17 $\alpha$ -Hydroxyprogesteron; Alfaro ve ark. (2008) ise başka bir karides türü *Litopenaeus vannamei*'de juvenil hormonu III ve MF enjeksiyonunun sperm miktarını artırmaya olan etkilerini; Fatihah ve ark. (2014) deniz ıstakozu türü *Panulirus polyphagus*'da 17 $\alpha$ -Hydroxyprogesterone ve 17 $\alpha$ -Hydroxypregnenolone araştırmışlardır. Diğer taraftan, bu çalışmaya konu edilen metil farnesoat hormonunun kabuklularda üreme verimliliğine etkileri konusunda da oldukça az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu amaçla, kabuklu türlerine hormon uygulamaları, metil farnesoat ve önemi, kabuklu hemolenfinde MF değerleri, hormon enjeksiyonlarının erkek kabuklularda üremeye ve sperm sayısı artışına etkilerinin araştırıldığı çalışmalar derlenmiştir.

## 2. Su Ürünlerinde Hormon Uygulamaları

Su ürünleri yetiştiriciliğinde hormon kullanarak eşey dönüşümünün teşvik etmek, eşey dönüşümü sürecini anlamada ve tek eşeyli popülasyonlar üretilmesinde oldukça önemli bir uygulamadır (Aktaş, 2006).

### 2.1. Balıklarda Hormon Uygulamaları

Literatürde doğal ve sentetik steroid hormonlar kullanarak, özellikle balıkların dişileştirilmesi ve erkekleştirilmesi ile ilgili çalışmalar oldukça fazladır. Bununla birlikte, yetiştiricilikte steroid hormonlar kullanılarak büyüme hızlandırılırken arzu edilen eşey dönüşümü de sağlanmaktadır. Steroid hormonu uygulanan balıklar alınan besini gonad gelişimi yerine büyüme ve gelişme için kullandıklarından et verimleri artmaktadır. Benzer şekilde, akvaryum balıklarında da steroid hormon kullanılarak tamamı dişi veya tamamı erkek steril popülasyonlar üretilebilmekte ve üretim maliyeti azaltılabilmektedir (Aktaş, 2006).

Dünyanın farklı bölgelerindeki araştırmacılar, ekonomik önem taşıyan balıklar başta olmak üzere bazı su ürünlerinde eşey dönüşümünü gerçekleştirmek amacıyla 30 farklı doğal ve sentetik steroid hormonu kullanmışlardır. Bu hormonlardan 17 $\alpha$ -methyltestosterone erkekleştirme amacıyla en fazla uygulanan androjen hormondur. 17 $\alpha$ -methyltestosterone Salmonidae, Cichlidae, Cyprinidae, Anabantidae, Poecilidae ve Cyprinodontidae familyalarına ait 25 türün erkekleştirilmesinde başarılı sonuçlar vermiştir (Aktaş, 2006). 17 $\beta$ -östradiol ise su ürünleri yetiştiriciliğinde dişileştirme amacıyla en yaygın olarak kullanılan hormondur. Östradiol (östradiol, E2 veya 17 $\beta$ -östradiol), eşey hormonu olarak bilinmektedir. Östradiol, estroneden yaklaşık 10 kat, estriolden ise yaklaşık 80 kat daha fazla östrojenik etkiye sahiptir. Bu nedenle, Salmonidae, Cichlidae, Cyprinidae, Anabantidae, Poecilidae ve Ictaluridae familyalarına ait 15 türün dişileştirilmesinde kullanılmıştır. Bununla birlikte, 11 sentetik androjen ve 12 sentetik östrojen de benzer amaçla denenmiş, ancak bunlardan sadece beş doğal androjen ile üç doğal östrojenin eşey dönüşümünde etkili olduğu saptanmıştır.

### 2.2. Kabuklu Su Ürünlerinde Hormon Uygulamaları

Farklı kabuklu türleri üzerinde yapılan hormon uygulamaları genel olarak; eşey dönüştürme (Aktaş, 2006), gonad olgunlaşması (Nagaraju, 2007), metabolik dengenin korunması, kabuk değişimi ve büyüme (Chang ve Mykles, 2011), saldırganlık davranışını etkileme (Harlıoğlu ve ark., 2014), eşey belirleme (Harlıoğlu ve ark., 2017), konularını kapsamaktadır.

Balıklarla karşılaştırıldığında kabuklu su ürünlerinde eşey dönüşümü için hormon kullanımı konusunda daha az sayıda çalışma bulunmaktadır. Aktaş (2006) 17 $\beta$ -östradiol kullanarak dişi yeşil kaplan karidesinin (*Penaeus semisulcatus*) farklı evrelerinde (yumurta, nauplius, protozoa, mysis, postlarva) banyo şeklinde (50  $\mu$ g/L) 17 $\beta$ -östradiol uygulamasının yumurta, naupli ve protozoa döneminde yaşama oranını önemli ölçüde azalttığını en iyi dişileşme oranının % 71.88 ile naupli grubu için saptandığını bildirmiştir.

Fairs ve ark. (1990), deniz karideslerinden *Penaeus monodon*'da vitellonogenezin çeşitli aşamalarında 12 adet steroidin (Estrone, 17 $\beta$ -östradiol-Estriol, Androstenedione, Dehydroepiandrosterone, 5 $\alpha$ -Dihydrotestosterone, Testosterone, Pregnenolone, Progesterone, 17 $\alpha$ -

hydroxyprogesterone, 20a- Hydroxypregn-4-en-3-one) varlığını saptamışlar ve ovaryum gelişimi ile olgunlaşmasının balıklarinkine benzer olduğunu gözlemlediklerinden, söz konusu östrojenlerin karideslerde eşeyin belirlenmesinde rol oynayabileceğini ileri sürmüşlerdir. Bu hormonların kabuklu su ürünlerinin hepatopankreas, ovaryum ve hemolenfde bulunduğunu, miktarının ise yumurtalıkların gelişim devresine göre değiştiğini rapor etmişlerdir.

Son yıllarda yapılan çalışmalarda 17β-östradiol'ün dekapod kabuklularda üremede, özellikle vitellogenesisde, fizyolojik rolünün olduğu ve *Marsupenaeus japonicus* karidesinde ovaryumda bulunan progesterondan 17β-östradiol hormonunun sentezlenebilmesi için tüm enzim sisteminin çalışmasının gerekli olduğu bildirilmiştir. Benzer şekilde, Li ve ark. (1998) da bir istiridyeye türü olan *Crassostrea gigas* türü istiridyede vitellogenesisin 17β-östradiol tarafından kontrol edildiğini bildirmişlerdir.

Karideslerle benzer şekilde, kerevitlerde de cinsiyet değişiminde hormon kullanımını konu edinen bir çalışma bulunmaktadır. Harlıoğlu ve ark. (2017), *A. leptodactylus*'un hormon uygulamasıyla (17β-östradiol) üreme verimliliğinin (pleopodal yumurta sayısı ve % 100 dişi birey üretimi) artırılmasının gerçekleştirilip gerçekleştirilemeyeceğini araştırmışlardır. Ayrıca, başka bir çalışmada ise Harlıoğlu ve ark. (2018), hormon (17β-östradiol) enjeksiyonunun dişi bireylerin ovaryum, hepatopankreas ve hemolenfde 17β-östradiol düzeylerine etkilerini de belirlemişlerdir. Bu amaçla; üreme döneminden önce doğal ortamından yakalanan ergin *A. leptodactylus*'lar, kontrol altındaki havuzlarda, besin ihtiyaçlarına yönelik olarak hazırlanmış referans bir diyet ile beslenerek hem yeme hem de ortam şartlarına uyumlarının gerçekleşmesi sağlanmıştır. Daha sonra, pleopodal yumurta üretinceye kadar dişilere üç haftada bir 17β-östradiol enjeksiyonu ( $10^{-7}$  mol/kerevit), bu dişilerin pleopodal yumurta ile birinci, ikinci ve üçüncü devre yavrularına ise banyo ile 17β-östradiol uygulaması yapılmıştır. Banyo uygulaması pleopodal yumurta taşıyan bireylere aylık; yavru taşıyan bireylere ise 1 kez 50 µg 17β-östradiol/L dozunda uygulanmıştır. Dişilere 17β-östradiol enjeksiyonu bu türün üreme verimliliği ile gonadosomatik ve hepatosomatik indeks değerlerini önemli düzeyde artırmıştır ( $P < 0.05$ ). Bununla birlikte, hormon enjeksiyonu, hemolenf, gonad ve hepatopankreasta 17β-östradiol miktarlarını önemli ölçüde yükseltmiştir ( $P < 0.05$ ). Ayrıca, bulgular hem dişilere 17β-östradiol enjeksiyonunun hem de pleopodal yumurta ve yavrulara 17β-östradiol banyosunun dişileşmeyi önemli derecede artırdığı saptanmıştır ( $P < 0.05$ ). En yüksek dişileşme oranı % 79.95 ile anaç dişilere enjeksiyonla birlikte pleopodal yumurtalara ve yavrulara hormon banyosu uygulanan grupta elde edilmiştir.

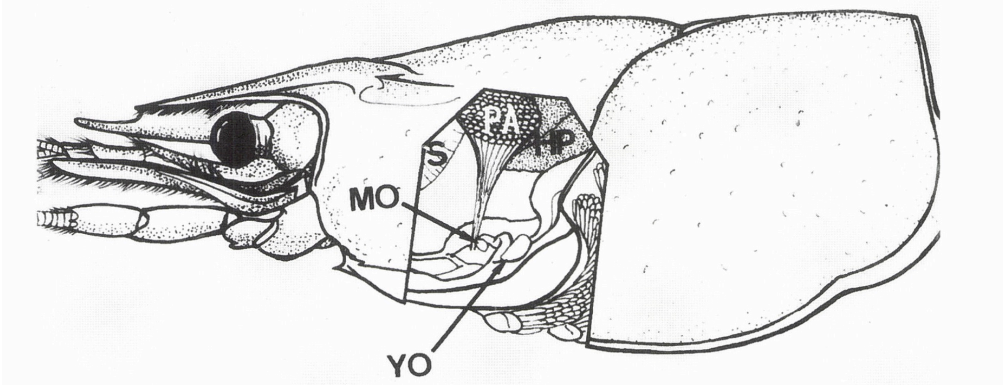
Rodriquez ve ark. (2002a), *Procambarus clarkii* türü kerevitlerde vitellogenesis oluşumu öncesinde 17β-östradiol ve 17 α-hydroxyprogesterone uygulanmasının gonadosomatik indeks değerini yükselttiğini belirlemişlerdir. Rodriquez ve ark. (2002b) *P. clarkii*'nin vitellogenesis oluşumu öncesinde MF'nin tek başına ve MF ile birlikte 17β-östradiol kullanımının oosit (olgunlaşmamış dişi gamet) büyümesini olumlu yönde etkilediğini saptamışlardır.

Coccia ve ark. (2010), *Cherax albidus* türü kerevitin üremesi üzerinde 17β-östradiol'ün progesteron'dan daha etkili olduğunu, 17β-östradiol ve progesteron'un birlikte kullanımının ise vitellogenez oluşumu öncesi dişilerde ve vitellogenez oluşmuş dişilerde hepatopankreasta vitellogeninin düzeyinin artmasına neden olduğunu belirlemişlerdir. Buna karşılık progesteron'un ise vitellogenez oluşmamış dişilerin ve vitellogenez oluşmuş dişilerin hemolenfde vitellogeninin konsantrasyonunu yükselttiğini bildirmişlerdir.

Malati ve ark. (2013) doğadan yakalanan *A. leptodactylus* kerevitlerin hemolenf, hepatopankreas ve ovaryumunda 17β-östradiol ve 17α-hidroksiprogesteron düzeylerinin oosit gelişimi süresince değişimini araştırdıkları çalışmalarında; hemolenf ve ovaryumdaki 17β-östradiol düzeyinin vitellogenesis süresince arttığını, hepatopankreasta ise azaldığını belirlemişlerdir. Ayrıca, maksimum 17β-östradiol düzeyinin de ovaryumda saptandığını bildirmişlerdir.

### 3. Metil Farnesoat Hormonu ve Önemi

Mandibular organ (MO), kabuklu su ürünlerinde bir salgı bezi olarak görev yapar. Hemolenfte bulunan MF hormonu MO tarafından (Şekil 1) sentezlenir ve salgılanır. Yapısal olarak böceklerde bulunan "juvenil hormona" benzer bir hormon olan MF kabuklu su ürünlerinde morfogenezis, metamorfoz (Laufer ve ark., 2005), üreme (Kalavathy ve ark., 1999) ve büyüme ile genel protein sentezinde (Soroka ve ark., 1993) önemli rol oynamaktadır.



Şekil 1. Kerevitlerde mandibular organ (MO)'ın görünümü (YO: Y- organ, S: mide, PA: posterior adductor kası, HP: hepatopankreas) (Taketomi ve Nakano, 2007).

#### 4. Kabuklu Su Ürünlerinin Hemolenfinde Metil Farnesoat Değerleri

Laufer ve ark. (1998; 2005) *Procambarus clarkii* türü kerevitin hemolenfinde MF düzeyi 0,5 ng/ml - 3 ng/ml olarak saptamışlardır. Laufer ve ark. (2005), *Procambarus clarkii* ve *Cherax quadricarinatus* türü kerevitlerin hemolenflerindeki MF düzeyini sırasıyla t 1,41 ng/ml ve 5,1±2,5 ng/ml olarak rapor etmişlerdir.

Borst ve Tsukimura (1991), deniz ıstakozu (*Homarus americanus*) hemolenfinde MF değerinin 5 ng/ml, *Libinia emarginata* türü yengeç hemolenfinde MF değerini ise kerevit ve deniz ıstakozlarına benzer şekilde 0,5 ng/ml – 2.5 ng/ml, olarak belirlemişlerdir. Sagi ve ark. (1994) ise *Libinia emarginata* ve *Carcinus maenas* türü yengeçlerde hemolenf MF değerlerini sırasıyla 20 ng/ml - 65 ng/ml ve 1,5 ng/ml - 20 ng/ml olarak bildirmişlerdir.

Yukarıda verilen çalışmalardaki MF değerleri herhangi bir MF enjeksiyonu uygulanmadan elde edilmiş değerlerdir.

#### 5. Kabuklu Su Ürünlerinde Hormon Enjeksiyonlarının Üremeye Etkileri

Erkek dekapod kabuklu su ürünlerine eksojen hormon enjeksiyonunun üreme gelişimini hızlandırdığı (Nagaraju ve ark., 2003) ve sperm kalitesini artırdığı (Nagabhushanam ve Kulkarni, 1981; Alfaro, 1996; Alfaro ve ark., 2008; Fatihah ve ark., 2014) saptanmıştır. Bununla birlikte, erkek dekapodlara testosteron (Nagabhushanam ve Kulkarni, 1981; Alfaro, 1996), progesteron (Alfaro, 1996; Fatihah ve ark., 2014), juvenil hormonu III ve metil farnesoat (Alfaro ve ark., 2008) uygulanmasının sperm kalitesini olumlu yönde etkilediği bildirilmiştir.

Testosterone hormonlarının (örnek olarak; 17 $\alpha$ -Methyltestosterone, 17 $\alpha$ -Hydroxyprogesterone, testosterone propionate ve testosterone acetate) enjeksiyonuyla bazı penaeid karides türlerinde (*Parapenaeopsis hardwickii* ve *Litopenaeus vannamei*) sperm kalitesinin olumlu yönde etkilediğini bildiren çalışmalar da bulunmaktadır (Nagabhushanam ve Kulkarni, 1981; Alfaro, 1996). Buna karşılık, juvenil hormonu III ve MF enjeksiyonunun yengeçlerde (Kalavathy ve ark., 1999), tatlısu karideslerinde (Nagaraju ve ark., 2003) ve deniz karideslerinde (Alfaro ve ark., 2008) testislerin büyümesini teşvik ettiği, fakat sperm kalitesini azalttığı rapor edilmiştir.

Nagabhushanam ve Kulkarni (1981), testosteron propionat (TP) ve testosteron asetat (TA) hormonlarının *Parapenaeopsis hardwickii* türü deniz penaeid karideslerine 10 gün arayla toplamda iki defa 10 pg/karides olacak şekilde TP ve TA enjekte edilmesinin testis ağırlığı, testis çapı ve testis indeksi ile olgun sperm sayısında önemli düzeyde artış sağlandığını bildirmişlerdir.

Nagaraju ve ark. (2003) dişi ve erkek tatlısu karideslerine (*Macrobrachium malcolmsonii*) 5 ng/birey dozunda MF enjeksiyonunun oocyte çapı ve testis bezini önemli derecede büyüttüğünü ve ovaryum indeksi ile testicular indeks değerlerini artırdığını belirlemişlerdir. Bu sonuçlara göre, MF enjeksiyonunun tatlısu karideslerinde gonad gelişimini hızlandırdığını savunmuşlardır.

Alfaro (1996), *Penaeus vannamei* türü deniz karidesinde bir gruba tek doz olacak şekilde (0,01 veya 0,1  $\mu$ g/g vücut ağırlığı) 17 $\alpha$ -Methyltestosterone, diğer gruba da aynı şekilde 17 $\alpha$ -

Hydroxyprogesterone enjekte etmiş ve tek doz 17 $\alpha$ -Methyltestosterone uygulamasının sperm sayısını yaklaşık 3 kat artırdığını artırdığını, spermelerin yapısındaki anormalliklerin ise azaldığını tespit etmiştir. Diğer taraftan, tek doz 17 $\alpha$ -Hydroxyprogesterone enjeksiyonunun ise sperm kalitesini önemli düzeyde artırmadığını bildirmiştir.

Kalavathy ve ark. (1999), *Oziotelphusa senex senex* türü tatlısu yengecinde testis büyümesi üzerine MF'nin etkilerini araştırdıkları çalışmalarında 1, 7 ve 14. günlerde 16 ng/yengeç dozunda MF enjekte etmiş ve 21. gününde çalışmayı sonlandırmışlardır. Bulgular MF enjeksiyonunun bu yengeç türünde testis ağırlığı, çapı ve büyüklüğünü artırdığı, testis indeks değerini yükselterek testislerin büyümesini teşvik ettiğini göstermiştir. Çalışmanın bulgularına dayanarak Kalavathy ve ark. (1999) MF'nin kabukluda erkek üreme hormonu olduğunu savunmuşlardır.

Alfaro ve ark. (2008), *Litopenaeus vannamei* deniz karideslerine 1, 8, 15, 22 ve 29. günlerde 120 ng/g ağırlık ve 1200 ng/g ağırlık dozunda MF; 1, 9, 30, 43 ve 58. günlerde ise 109 ng/g ağırlık dozunda juvenil hormonu III enjekte etmişlerdir. Juvenil hormonu III enjeksiyonunun sperm yapısındaki anormallikleri azaltmasına rağmen sperm sayısını artırmadığını, MF enjeksiyonlarının ise hem sperm yapısındaki anormallikleri azalttığını hem de sperm sayısını önemli derecede artırdığını belirlemişlerdir.

Alfaro ve ark. (2008), çalışmaları sonunda, *L. vannamei* türü deniz karidesine 120 ng/g ağırlık ve 1200 ng/g ağırlık dozlarında MF enjeksiyonunun sperm sayısını yaklaşık 19 kat ve 2 kat artırdığını saptamışlardır.

Fatihah ve ark. (2014), *Panulirus polyphagus* türü deniz ıstakozlarında sperm kalitesi ve miktarına 17 $\alpha$ -Hydroxyprogesterone (17 $\alpha$ -OHP) ve 17 $\alpha$ -Hydroxypregnenolone (17 $\alpha$ -OHPL) enjeksiyonunun etkilerini araştırmışlardır. Yapılan çalışmada ıstakozlara 0,01 ve 0,1  $\mu$ g/g vücut ağırlığı dozunda, 1, 8, 15, 22, 29 ve 39. günlerde 17  $\alpha$ -OHP ve 17  $\alpha$ -OHPL enjekte edilmiştir. Araştırma sonucunda 17 $\alpha$ -OHP ve 17 $\alpha$ -OHPL enjeksiyonlarının ortalama sperm kalitesini artırdığı, bu artışın 0,01  $\mu$ g/g vücut ağırlığı dozunda 17 $\alpha$ -OHP enjekte edilen ıstakozlarda 17 $\alpha$ -OHPL enjekte edilen ıstakozlara göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Öte yandan, yüksek dozda (0,1  $\mu$ g/g vücut ağırlığı) 17 $\alpha$ -OHPL enjeksiyonlarının ise sperm miktarında azalmaya neden olduğu belirlenmiştir.

## 6. Sonuç

Küresel ölçekte, avcılık yoluyla elde edilen kabuklu su ürünlerinin miktarı talep karşısında yetersiz kaldığından, lüks gıda maddesi olarak pazara sunulmaktadır. Bu durum, ekonomik öneme haiz kabuklu su ürünlerinin bazılarının yetiştiriciliğe adapte edilerek üretilmelerini cazip hale getirmektedir.

Kabuklu su ürünlerinin yapay üretiminde, üreme biyolojilerinin bilinmesi ve manipüle edilmesi önemli bir yer tutmaktadır. Son yıllarda yapılan araştırmalar, kabuklu su ürünlerinin üreme verimliliğinin artırılmasında endokrin sisteminin manipüle edilmesinin olumlu sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur. Nitekim, yapılan araştırmalar MF hormonunun kabuklu su ürünlerinde morfogenezis, metamorfoz, protein sentezi ve büyüme ile üremede önemli rol oynadığını göstermiştir. Bu nedenle, MF hormonunun özellikle karides, ıstakoz, kerevit gibi yüksek ekonomik öneme sahip kabuklu su ürünlerinde, endokrin sistemin manipüle edilmesiyle, üreme üzerine olan etkilerinin daha detaylı bir şekilde araştırılması gerektiği düşünülmektedir.

## Kaynakça

- Aktaş, M. (2006). 17 $\beta$ -östradiol kullanarak monoseks, dişi yeşil kaplan karidesi, *Penaeus semisulcatus* üretimi. *Tübitak-Tovag*, 105Y259.
- Alfaro, J. (1996). Effect of 17 $\alpha$ -Methyltestosterone and 17 $\alpha$ -Hydroxyprogesterone on the quality of white shrimp *Penaeus vannamei* spermatophores. *J World Aquacult Soc*, 27(4), 487-492
- Alfaro, J., Zúñiga, G., García, A., & Rojas, E. (2008). Preliminary evaluation of the effect of juvenile hormone III and methyl farnesoate on spermatophore quality of the white shrimp, *Litopenaeus vannamei* Boone, 1931 (Decapoda: Penaeidae). *Revista de biología marina y oceanografía*, 43, 167-171.
- Avşar, D. (2005). *Balıkçılık Biyolojisi ve Popülasyon Dinamiği*. Adana Nobel Kitap Evi. 332 s. ISBN: 975-8561-44-8.

- Borst, D. W., & Tsukimura, B. (1991). Quantification of methyl farnesoate levels in hemolymph by high-performance liquid chromatography. *J Chromatogr A*, 545, 71-78.
- Chang, E. S., & Mykles, D. L. (2011). Regulation of crustacean molting: a review and our perspectives. *General and comparative endocrinology*, 172(3), 323-330.
- Coccia, E., Lisa, E. D., Cristo, C. D., Cosmo, A. D., & Paolucci, M. (2010). Effects of estradiol and progesterone on the reproduction of the freshwater crayfish *Cherax albidus*. *The Biological Bulletin*, 218(1), 36-47.
- Fairs, N. J., Quinlan, P. T., & Goad, L. J. (1990). Changes in ovarian unconjugated and conjugated steroid titers during vitel- logenesis in *Penaeus monodon*. *Aquaculture*, 89, 83-99.
- FAO. (2014a). The State of World Fisheries and Aquaculture 2014. Rome, FAO.
- FAO. (2014b). FAO yearbook: fishery and aquaculture statistics 2012. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2016). FAO yearbook: Fishery and aquaculture statistics 2016. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2020). FAO yearbook: The state of World fisheries and aquaculture sustainability in action 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fatihah, S. N., Safiah, J., Abol-Munafi, A. B., & Ikhwanuddin, M. (2014). Effect of 17 [alpha]-Hydroxyprogesterone and 17 [alpha]-Hydroxypregnenolone on Sperm Quality and Sperm Quantity in Male Mud Spiny Lobster (*Panulirus polyphagus*). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 17, 1124-1129.
- Harlıoğlu, M. M., Yonar, M. E., Harlıoğlu, A. G., Yonar, S. M., & Farhadi, A. (2017). Effects of different methods and times of 17 $\beta$ -estradiol treatment on the feminization success in the narrow-clawed crayfish *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823). *Invertebrate Reproduction & Development*, 61, 245-252.
- Harlıoğlu, M. M., Yonar, M. E., Harlıoğlu, A. G., Yonar, S. M., & Farhadi, A. (2018). Effects of 17 $\beta$ -estradiol injection on the reproductive efficiency of freshwater crayfish, *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823). *Journal of Applied Aquaculture*, 30(3), 197-210.
- Harlıoğlu, M. M., Harlıoğlu, A. G., Miŝe Yonar, S., & akmak Duran, T. (2014). Effects of Dietary L-Tryptophan on the Agonistic Behavior, Growth, and Survival of Freshwater Crayfish *Astacus leptodactylus* Eschscholtz. *Aquaculture International*, 22, 733-748.
- Kalavathy, Y., Mamatha, P., & Reddy, P. S. (1999). Methyl farnesoate stimulates testicular growth in the freshwater crab *Oziotelphusa senex senex* Fabricius. *Naturwissenschaften*, 86, 394-395.
- Kale S., & Berber S. (2020). Trend Analysis and Comparison of Forecast Models for Production of Turkish Crayfish (*Pontastacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) in Turkey. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Science*, 30, 973-988.
- Laufer, H., Biggers, W. J., & Ahl, J. S. (1998). Stimulation of ovarian maturation in the crayfish *Procambarus clarki* by methyl farnesoate. *General and Comparative Endocrinology*, 111, 113-118.
- Laufer, H., Demir, N., Pan, X., Stuart, J. D., & Ahl, J. S. (2005). Methyl farnesoate controls adult male morphogenesis in the crayfish, *Procambarus clarkii*. *J Insect Physiol*, 51, 379-384.
- Li, Q., Osada, M., Suzuki, T., & Mori, K. (1998). Changes in vitellin during oogenesis and effect of estradiol-17 $\beta$  on vitellogenesis in the Pacific oyster *Crassostrea gigas*. *Invertebrate Reproduction & Development*, 33(1), 87-93.
- Malati, E. F., Heidari, B., & Zamani, M. (2013). The variations of vertebrate-type steroidhormones in the freshwater narrow-clawed crayfish *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) (Decapoda, Astacidae) during oocyte development. *Crustaceana*, 86(2), 129-138.
- Nagabhushanam, R., & Kulkarni, G. K. (1981). Effect of exogenous testosterone on the androgenic gland and testis of a marine penaeid prawn, *Parapenaeopsis hardwickii* (Miers)(Crustacea, Decapoda, Penaeidae). *Aquaculture*, 23, 19-27.
- Nagaraju, G. P. C. (2007). Is methyl farnesoate a crustacean hormone? *Aquaculture*, 272, 39-54.
- Nagaraju, G. P. C., Suraj, N. J., & Reddy, P. S. (2003). Methyl farnesoate stimulates gonad development in *Macrobrachium malcolmsonii* (H. Milne Edwards)(Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana*, 76, 1171-1178.
- Nagaraju, G. P. C. (2011). Reproductive regulators in decapod crustaceans: an overview. *J Exp Biol*, 214, 3-16.

- Rodríguez, E. M., Medesani, A. D., Greco, L. S. L., & Fingerman, M. (2002a). Effects of some steroids and other compounds on ovarian growth of the red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*, during early vitellogenesis. *J Exp Zool*, 292 (1), 82-87.
- Rodríguez, E. M., Greco, L. S. L., Medesani, D. A., Laufer, H., Fingerman, M. (2002b). Effect of methyl farnesoate, alone and in combination with other hormones, on ovarian growth of the red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*, during vitellogenesis. *General and comparative endocrinology*, 125, 34-40.
- Rodríguez-González, H., García-Ulloa, M., Hernández-Llamas, A., & Villarreal, H. (2006). Effect of dietary protein level on spawning and egg quality of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Aquaculture*, 257, 412-419.
- Sagi, A., Ahl, J. S., Danaee, H., & Laufer, H. (1994). Methyl farnesoate levels in male spider crabs exhibiting active reproductive behavior. *Hormones and Behavior*, 28, 261-272.
- Soroka, Y, Milner, Y., Laufer, H., & Sagi, A. (1993). Protein synthesis in the ovary of *Macrobrachium rosenbergii* during the reproductive cycle: effects of methyl farnesoate (MF). *American Zool*, 13, 123A.
- Taketomi, Y., & Nakano, Y. (2007). Y-organ and mandibular organ of the crayfish *Procambarus clarkii* during the molt cycle. *Crustacean research*, 36, 25-36.