

Dekapod Kurustaselerde Üremeyi Düzenleyen Bazı Eksternal ve İnternal Faktörler

Enes VANLI¹, Ayşe Gül HARLIOĞLU^{2*}

^{1,2} Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü, Su Ürünleri Fakültesi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye

¹ enesvanli@hotmail.com, ² aharlioglu@firat.edu.tr

(Geliş/Received: 16/02/2021;

Kabul/Accepted: 14/05/2021)

Öz: Dekapod (on ayaklı) krustase (kabuklular) olarak bilinen karides, istakoz ve yengeçlerin bazı türleri ekonomik önem taşıyan su canlıları arasındadır. İnsanların protein ihtiyacına olan artış bu canlıların doğadan avlanılan miktarlarının tüketim ihtiyacını karşılayamamasına ve genel olarak lüks bir gıda maddesi olarak tüketilmelerine neden olmaktadır. Bu nedenle, özellikle son yıllarda dekapod krustaselerin üretim ve yetiştiricilik çalışmalarında önemli artışlar yaşanmıştır. Dekapodların üretimlerinin artırılması çalışmalarında üreme sistemlerinin bilinmesi ve bu sistemi etkileyen faktörlerin araştırılması büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, krustaselerde üremenin düzenlenmesinde etkili olan eksternal ve internal faktörler, krustaselerin üremelerinde hormonların ve nörotransmitterlerin rolü konularındaki bilgiler derlenilmiştir. Krustaselerde üremenin düzenlenmesinde etkili olan eksternal faktörlerin başında; su sıcaklığı, fotoperiyot, beslenme, tuzluluk gibi faktörlerin geldiği, diğer taraftan internal faktörler arasında ise, genel olarak gonad gelişimi üzerinde nöroendokrin ve nöroendokrin olmayan salgıların etkili olduğu görülmektedir.

Anahtar kelimeler: Dekapod, nörotransmitter, hormon, nöroendokrin, üreme.

Some External and Internal Factors Regulating Reproduction in Decapod Crustaceans

Abstract: Some species of shrimp, lobster and crabs known as decapod (ten feet) crustace are among the economically important aquatic organisms. The increase in peoples protein needs leads to the inadequate consumption of these organisms caught from the nature and the consumption of them as a luxury food in general. Therefore, there has been a significant increase in the reproduction and rearing of decapod crustaceans, especially in recent years. It is of great importance to know the reproductive systems and to investigate the factors affecting this system in the studies to increase the production of decapods. In this study, informations on the external and internal factors that are effective in the regulation of growth in crustaceans, and the role of hormones and neurotransmitters in the reproduction of crustaceans were reviewed. The most important external factors in growth regulations in crustaceans are water temperature, photoperiod, feeding, salinity on the other hand, among internal factors, neuroendocrine and non-neuroendocrine secretions appear to be effective on gonadal growth in crustaceans.

Key words: Decapod, neurotransmitters, hormones, neuroendocrine, reproduction.

1. Giriş

Su ürünleri yetiştiriciliğinde verimi artırmaya yönelik çalışmalar önem kazanmaktadır. Teknolojik gelişmelerdeki artışa paralel olarak kontrol altında kültürü yapılan akuatik türlerin sayısı hızla artmaktadır. Akvakültürde farklı balık türlerinin üretiminin yanısıra son yıllarda kabuklu canlıların (karides, yengeç ve istakoz) değerli bir besin kaynağı olmaları nedeniyle kültürleri de önem kazanmıştır. Ancak akuakültürde en büyük sorunlar arasında üretimde yeterli ve kaliteli yumurta ve sperma elde edilememesi bulunmaktadır. Sürdürülebilir bir su ürünleri üretiminin ön şartlarından biri üreme aşamalarının kontrol altında olması ve kaliteli gamet elde edilmesidir. Bu nedenle, balık üreme fizyolojisi ile birlikte, son yıllarda kabuklu su canlılarının üreme fizyolojilerine yönelik çalışmalar da artmaktadır [1, 2, 3, 4, 5]. Kabuklularda üreme fizyolojisi karmaşık bir yapıya sahiptir. Üremenin düzenlenmesinde etkili olan çevresel faktörlerin yanı sıra, peptidler, steroidler, terpenoidler ve biyojenik aminler gibi biyolojik bileşimler üremenin düzenlenmesinde rol oynayan önemli faktörlerdir [3].

Bu derlemede, dekapod krustaselerde üreme sistemi üzerinde etkili olan su sıcaklığı, fotoperiyot, beslenme, tuzluluk gibi eksternal faktörlerle birlikte gonad gelişimi üzerinde etkili olan bazı nöroendokrin ve nöroendokrin olmayan salgılar gibi internal faktörler konusunda yapılan çalışmaların araştırılması amaçlanmıştır.

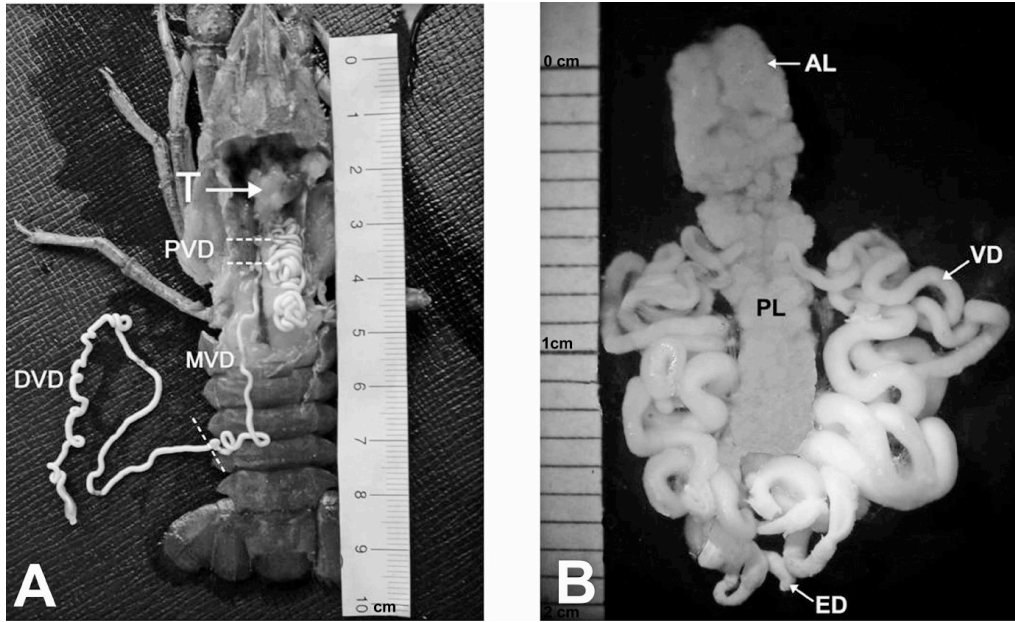
* Sorumlu yazar: aharlioglu@firat.edu.tr ¹ 0000-0001-9537-0310, ² 0000-0001-9478-6419

2. Dekapod Krustaselerde Üreme Sistemi

Dekapod krustaselerde üreme sisteminin cinsler arasında farklılıklar gösterdiği ve cinsiyetlerin ayrı olduğu bilinmektedir. İlk pleopodlar (bazen 2. pleopodlar) erkeklerde dişilerden daha geniştir. Ancak, birçok malakostraca kabuklularda (örneğin, isopodlar, amfipodlar, dekapodlar) cinsiyetin belirlenmesi kuluçka öncesi veya süresince belirlenmemektedir. Androjenik gland hormonu kabuklularda cinsiyet farklılığını düzenlemektedir. Anrojenik bezlerin gelişmesiyle erkek kabuklularda androjenik gland hormonu salgılanmakta ve erkek cinsiyetine ait karakteristikler görülmektedir. Diğer taraftan, dişilerde anrojenik bezler gelişmemekte dişi üreme organları oluşmaktadır [6]. Dolayısıyla, erkek ve dişiler kolaylıkla ayırt edilebilmektedir.

Örneğin karideslerde; genital açıklıklar (gonoforlar), erkeklerde 5. çift pereopodların, dişilerde ise 3. çift pereopodların koksa parçasının içyüzeyine açılırlar. Erkek üreme sistemi internal olarak bir çift testis, vas deferans ve bir çift terminal ampul eksternal olarak bir petesma ve bir çift appendiks maskulinadan oluşur. Petesma, 1. pleopodların her iki endopodların birleşmesiyle oluşan ve spermilerin paketlendiği, spermatoforların dişi bireylere transferinde kullanılan tübüler şekilli bir organdır. Dişi üreme sistemi internal olarak bir çift ovaryum ve bir çift ovidukt, eksternal olarak bir telikumdan oluşur. Bir çift olan gonadlar dorsal bölgede vücudun baş kısmından kuyruk ucuna kadar uzanır. Karideslerde erkeklerdeki spermatoforların dişilere aktarıldığı yer olan telikum 5. çift yürüme bacakları arasında bulunur [7].

Tatlı su ıstakozlarında ise erkeklerde, 1. ve 2. pleopodlar gonopod olarak adlandırılır ve spermatoforların dişi kerevitlerin seminal reseptakulum denilen kısma transferini sağlar. Dişilerde yumurta kanalları 3. çift pereopodların, erkeklerde ise vas deferensler 5. çift pereopodların koksasına açılır [7]. Erkeklerde üreme sisteminde üç loptan oluşan testis ve vas deferens bulunmaktadır [8] (Şekil 1). Dişilerde üreme sisteminde üç loptan oluşan ovaryum ve ovidukt yer almaktadır (Şekil 2) [9].

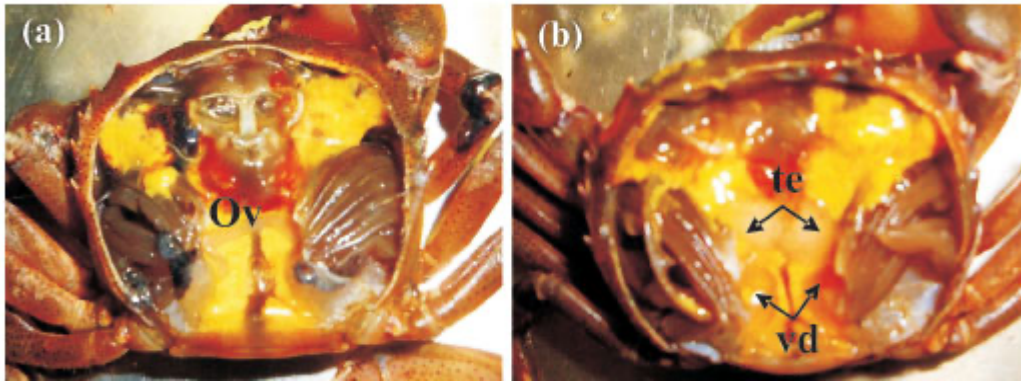


Şekil 1. Erkek *A. leptodactylus*'un üreme sistemi. A, üç loplu testis (T), proksimal vas deferens (PVD), medial vas deferens (MVD) ve distal vas deferens (DVD). B, testis ve vas deferens, üç loptan oluşan testiste iki anterior lop (AL), bir orta posterior lop (PL), vas deferens (VD), boşaltım kanalı (ED) [8].



Şekil 2. Dişi *A. leptodactylus*'un üreme sistemi. A, üç loptan oluşan ovaryumda iki anterior lop (AL), bir posterior lop (PL). B, ovaryumda anterior lop (AL) ve ovidukt (OVD) [9].

Gonadların olgunluğunun belirlenmesinde ise ovaryumun rengi ve gonad indeksi başlıca kullanılan metotlardır. Örneğin tatlısu yengeçlerinde *Oziotelphusa senex senex*, olgunlaşmayan ovaryum ve previtellogenik ovaryumlar küçük ve opak beyaz renktedir. Birinci dönem vitellogenesisin başlangıcında açık sarı, 2. dönemde turuncu, 3. dönem olan üreme döneminin başlangıcında ise kahverengiden koyu kahverengiye değişen renk alır [10]. Testis ve vas deferenslerde olgun olmayan dönemde şeffaf renkte olup olgun dönemde beyaz renk alır. Yengeçlerde (*Sylviocarcinus pictus*) üreme sisteminin dorsal görünümü, dişilerde ovaryum, erkeklerde testis ve vas deferens Şekil 3'de görülmektedir [11].



Şekil 3. Yengeçlerde (*Sylviocarcinus pictus*), (a) dişilerde ovaryum (Ov), (b) erkeklerde testis (te) ve vas deferens (vd)'in dorsal görünümü [11].

Ayrıca ovaryum büyüklüğünde de oosit artışı ve yumurta sarısı depolanması nedeniyle artış olur. Diğer taraftan son yıllarda hemolif ve ovarian vitellogenin seviyesi de ovaryum olgunluğunun bir indeksi olarak belirlenmektedir [10].

3. Krustaselerde Üremenin Düzenlenmesi

Krustaselerde üremenin düzenlenmesi hem eksternal hemde internal faktörlerin etkisindedir.

3.1 Eksternal Faktörler

Üreme aktivitesi, su sıcaklığı, fotoperiyot, beslenme, tuzluluk gibi faktörler tarafından etkilenmektedir [12, 13]. Örneğin yapılan araştırmalarda fotoperiyotun ovaryumun büyüme ve gelişme zamanının düzenlenmesinde etkili olduğu görülmüştür. Kerevitlerde *Orconectes virilis* türünde yapılan çalışma sonucunda ışık süresinin artırılmasına bağlı olarak ovaryumun olgunlaşma sürecinin hızlandığı, diğer taraftan tatlı su yengeçleri üzerinde yapılan bir çalışmada da *Oziotelphusa senex* türünde ışığın azalması ile ovaryum gelişiminin teşvik edildiği belirlenmiştir [14]. Ayrıca sıcaklığın da ovaryum gelişimi ve yumurtaların kuluçka dönemleri üzerinde etkili olduğu birçok krustasede belirlenmiştir. *Pseudodiaptomus dubia*'larda su sıcaklığının maksimum 30 °C'ye artması ile total fekundite ve üreme sıklığının arttığı belirlenmiştir. Oosit gelişimi yumurta da protein ve yağların sentezlenmesi için beslenme de üreme üzerinde etkili olan önemli bir faktördür [15].

3.2 İnternal Faktörler

Gonadların üzerinde etkili olan faktörler genel olarak nöroendokrin ve nöroendokrin olmayan salgılardır. Kabuklularda nöroendokrin ve nöroendokrin olmayan hormonların etkilediği dokular ve fizyolojik etkileri, Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kabuklularda nöroendokrin ve nöroendokrin olmayan hormonların etkilediği dokular ve fizyolojik etkileri [3].

Hormon	Üretim yeri	Hedef organ	Fizyolojik etki
Krustasean hiperglisemik hormon	Göz sapında bulunan X-organ sinüs bezleri	Birçok organ	Glikoz seviyesi, üremenin ve büyümenin düzenlenmesi
Gonad (vitellogenik)ları inhibe eden hormon	Göz sapında bulunan X-organ sinüs bezleri	Gonadlar ve hepatopankreas	Gonad olgunluğunu inhibe eder
Kabuk değişimini inhibe eden hormon	Göz sapında bulunan X-organ sinüs bezleri	Y- organ	Büyümeyi inhibe eder Vitellogenезisi sitimüle eder
Gonad sitimüle eden faktör	Beyin, torakik ganglia	Gonadlar ve hepatopankreas	Gonad gelişimini sitimüle eder
Nörotransmitterler:5HT (Serotonin), DA (Dopamin) ve Oktopamin	Göz sapı X-organ sinüs bezi, beyin, torakik ganglia	Gonadlar, hepatopankreas, Beyin, torakik ganglia vb.	Gonad gelişimi, büyüme ve metabolizmayı etkiler
Metil farnesoat	Mandibular organ	Gonadlar, hepatopankreas, Y-organ, Beyin, torakik ganglia vb.	Gonad gelişimi ve ekydisteroid gelişimini sitimüle eder
Farnesoik asit	Mandibular organ	Gonadlar, hepatopankreas	Gonad gelişimini sitimüle eder
Ekydisteroid	Y- organ	Göz sapı, Gonadlar, hepatopankreas	Büyüme ve gonad gelişimini sitimüle eder

Opioid peptidler	Göz sapı	Beyin, torakik ganglia, ovaryum ve hepatopankreas	Kabuk değişimini sitümüle edebilir Gonad olgunluğunu inhibe edebilir veya sitümüle edebilir
Prostaglandinler	-	X-organ sinüs bezi, Beyin, torakik ganglia ve hepatopankreas	Kabuk değişimini sitümüle edebilir Gonad olgunluğunu inhibe edebilir veya sitümüle edebilir
Folikül sitümüle eden hormon, lutein hormon ve human korionik gonodotropin	-	Ovaryum	Ovaryum olgunluğunu sitümüle eder
Estrojen, progesteron	-	Hemolenf ve ovaryum	Ovaryumu sitümüle edebilir
Androjenik hormon	Androjenik hormon	Testis, hepatopankreas, Beyin, torakik ganglia	Testiste spermatogenezis, sekonder erkek özellikleri, eril özellikleri

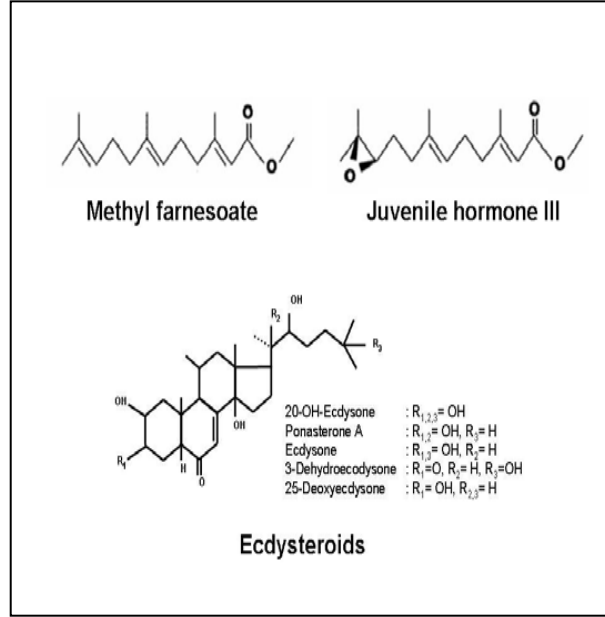
4. Dekapod Krustaselerin Üremelerinde Hormonların Rolü

Üremede hormonal kontrol birçok krustase türünde örneğin kerevit, karides, yengeç, ıstakozlarda araştırılmaktadır [3]. Nöroendokrin organlarda bazı hormonlar gonadların olgunlaşmasında esansiyel öneme sahiptir [16]. Krustaselerde gonadların olgunlaşması iki antagonistik nöropeptid hormon tarafından düzenlenmektedir. Genel olarak gonad inhibe eden hormon olarak tanımlanan bu hormon dişilerde vitellogenesisini inhibe eden hormon olarak tanımlanmaktadır. Bu hormon göz sapında bulunan X-organ-sinus bezlerinden salgılanmaktadır [17]. İkinci hormon ise gonadları sitümüle eden hormondur. Beyin ve torakik ganglion tarafından üretilmektedir. Ovaryum olgunlaşmasının düzenlenmesinde bu iki hormon arasında önemli bir bağlantı olduğu belirlenmiştir. Gonadları inhibe eden hormon ve stimüle eden hormonların sentezi ve salgılanmasının biyojenik aminler tarafından düzenlendiği bildirilmektedir [18].

Diğer taraftan krustasean hyperglysemik hormon üzerinde yapılan araştırmalar bu hormonun hem kabuk değiştirme hem de üreme üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. Kabuk değişimini inhibe eden hormonun seviyesinin nöropeptid mRNA transkripti ile ilişkili olduğu göz sapında gonad olgunlaşmasının ilk fazında (previtellogenik) azaldığı, olgunlaşmanın sonuna (vitellogenik III. dönem) doğru arttığı belirlenmiştir. Zmora ve ark. [] tarafından yapılan çalışmada da krustasean hyperglysemik hormonun mavi yengeçte (*Callinectes sapidus*) dişilerde erken ovarian dönemlerinde vitellogenesisini stimüle ettiği belirlenmiştir.

Krustaselerde kabuk değişimini inhibe eden hormonun endokrin düzenini sağladığı, kabuk değişimi ve üremenin kordinasyonunda önemli rol aldığı ve kabuk değişimini inhibe ederken aynı zamanda ovaryumun olgunlaşmasını da uyardığı belirlenmiştir. Bunlarla birlikte, üremede mandibular organ tarafından salgılanan metil farnesoat ve Y-organ tarafından salgılanan ekidysteroidlerde üremeyi düzenleyici önemli faktörlerdendir [12] (Şekil 4).

Dekapod Kurustaselerde Üremeyi Düzenleyen Bazı Eksternal ve İnternal Faktörler

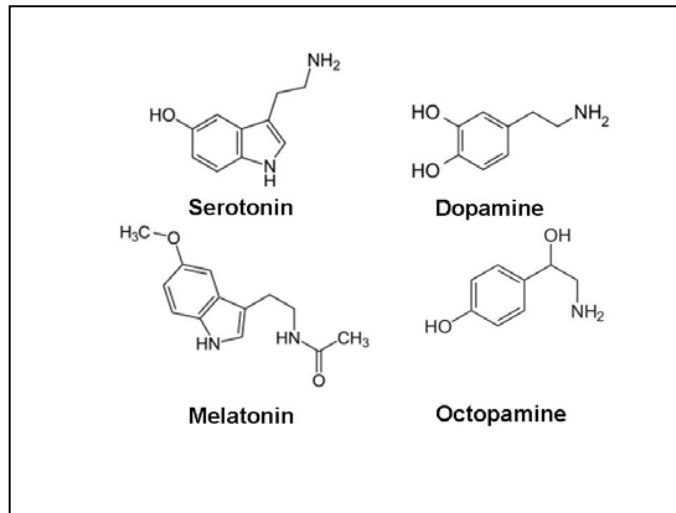


Şekil 4. Metil farnesoat, juvenil hormonu III ve ekidyosteroidlerin yapısı [12].

5. Nörotransmitterlerin Üremedeki Rolü

Nörotransmitterler karides, ıstakoz, kerevit, yengeç gibi dekapod türlerinin büyümesini, fizyolojisini ve üremesini kontrol eder. Nöronlar arasındaki iletişimden sorumludurlar. Aynı zamanda kimyasal muhabir olarak da kabul edilen nörotransmitterler, nörotransmisyon sağlayan endojen kimyasallardır. Nörotransmitterlerin sayısı tam olarak tanımlanmamasına rağmen, 100'den fazla kimyasal haberci tanımlanmıştır [20, 21].

Nörotransmitterler dekapodlarda fizyolojik aktivitenin içindedir. Hem nöroregulator olarak hem de nörohormon olarak görev yaparlar. Krustaselerde nörohormonların üremede önemli rolü vardır ve nörotransmitterlerin nörohormonun oluşumunu ve serbest bırakılmasını sağlarlar [12]. Nörotransmitterlerin ovaryumu stimüle eden hormonların salınımını sağladığı belirlenmiştir. Krustaselerde en önemli nörotransmitterler serotonin, dopamin, melatonin ve oktopamindir [12, 22]. Kimyasal yapıları Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. Serotonin, dopamin, melatonin ve oktopamin'in yapısı [12].

Bir nörotransmitter olan 5- hidroksitriptamin (5-HT), serotonin olarakta adlandırılmakta krustaselerin merkezi sinir sisteminde bulunmaktadır. Serotonin göz sapında üretilerek salgılanmaktadır. Beyin ve torasik ganglion gonadları stimüle eden hormonun salınımını teşvik etmektedir [12].

Dekapod krustaselerde serotonin ve dopamin gibi nörotransmitterlerin ovaryumun olgunlaşmasını da kapsayan farklı görevleri bulunmaktadır. Dopamin krustaselerde merkezi sinir sisteminde de mevcuttur. Bazı krustaselerde göz sapında belirlenmiştir. Hemolenfte de bulunmaktadır. Dopamin enjekte edilen dişi *Procambarus clarkii*'lerde dopamin enjekte edilmesiyle ovaryumun olgunlaşmasının engellendiği belirlenmiştir [12].

Yengeçlerde melatonin (N-acetyl-5-methoxy tryptamine)'in üreme fizyolojisi üzerindeki etkisi araştırılmaktadır. Yengeçler üzerinde melatonin enjeksiyonunun dişi *O. senex*'lerde ovaryumun olgunlaşmasını uyardığı belirlenmiştir [23]. Bir nörotransmitter olarak görev yapmaktadır. Ayrıca hem pigment konsantrasyon hormonu hem de distal retinal pigment karanlık-adaptasyon hormonunun sitimülasyonundan sorumludur. Yapılan araştırmalarda Krustaselerde nörotransmitterlerin üremedeki önemini belirlenmesi için birkaç krustase türünde araştırmalar yapılmıştır. Örneğin *H. americanus*'larda biyojenik aminlerden 5- hidroksitriptamin ve oktopamin'in çiftleşmede önemli rolü olduğu belirlenmiştir [24]. Ayrıca *Procambarus clarkii* ve *M. rosenbergi* türlerinde HPLC ile merkezi sinir sistemi ve ovaryumda 5- hidroksitriptamin belirlenmiştir [20, 24, 25].

Tinikul ve ark. [21] tarafından *M. rosenbergii* üzerinde 5- hidroksitriptamin ve spiperon uygulanması ile ovaryumun olgunlaşmasının, embriyonik gelişmenin, ovaryum indeksinin ve yumurta çapının artmasının uyarıldığı bildirilmektedir. Rodriguez ve ark. [26] tarafından *P. clarkii*'de vitellogeniz öncesi enjekte edilen spiperon ile gonadosomatik indeksin arttığı belirlenmiştir. Erkek krustaselerde de 5- hidroksitriptamin'in üremede dişilerde olduğu gibi pozitif etki gösterdiği bildirilmektedir [27].

6. Krustaselerde Üremede Etkili Olan Diğer Hormonlar

Farklı krustase türlerinde üremede böceklerdeki yavru hormonunun yapısal bir homoloğu olan metil farnesoat ve ayrıca ekydsteroidler ve omurgalılardaki gibi 17 β -östradiol gibi steroidler ve progesteron önemli görev yapar.

Bazı krustaselerde metil farnesoatın ovaryumun olgunlaşmasında, testislerdeki gelişimde teşvik edici rolü olduğu bildirilmektedir [28]. Örneğin, Alnawafleh ve ark. [29] tarafından yapılan araştırmada metil farnesoatın *Litopenaeus vannamei* karideslerinde büyüme ve ovaryum olgunlaşmasını artırdığı belirlenmiştir. *Oziotelphusa senex* yengeçlerinde metil farnesoat enjeksiyonunun bireysel testiküler foliküller büyüklüğü artırdığı belirlenmiştir [30].

Bazı krustaselerin vertebra tipi üreme hormonlarını progesteron, 17 β -östradiol veya testesteron gibi hormonları üreme organı olan veya olmayan organlarda örneğin mandibular organ, böbrek, hepatopankreas, hemolenf, ovaryum ve testislerde sentezleyebildikleri bildirilmektedir [13, 31].

Dekapodlarda ekydsteroidler hem kabuk değişimi hem de vitellogenizinin düzenlenmesi, ovaryumun olgunlaşması ve protein sentezinde görev yapar [32]. Kabuklularada ekydsteroidlerin dişilerin üreme fizyolojisinde düzenleyici olarak önemli bir rol aldığı belirlenmiştir [33].

Hansen ve ark. [34] tarafından yapılan araştırmada dişi *Calanus finmarchicus*'larda ekydsteroid konsantrasyonunun büyük yumurta keselerinde yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durumun yumurtaların olgunlaşmasında ve üremede ekydsteroidlerin görevi olduğunu gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca, ekydsteroidlerin *Macrobrachium rosenbergi* türünde testislerde DNA sentezini artırdığı belirlenmiştir [35].

Fairs ve ark. [36] tarafından *Penaes monodon* üzerinde vitellogeniz süresince steroid değişimi araştırılmıştır. Vitellojenik evrelerde yüksek östrojenler bulunmuş vitellogenizin stimüle edilmesinde önemli rolü olabileceği belirlenmiştir.

Progesteron (17 α -hidroksiprogesteron, 20 α -hidroksiprogesteron ve 6 β -hidroksiprogesteron) ve estradiol (17 β -östradiol, östron ve testosteron) omurgalı tipi steroidlerdir. Hemolenfte vitellogenin seviyeleri arasında pozitif ilişki ve hem progesteron hem de 17 β -östrodiolün dolaşım seviyeleri *Penaes monodon* karidesleri, Quinitio ve ark. [37] tarafından, *Mictyris brevidactylus* yengeçleri ise Shih [38] tarafından gözlemlenmiştir. Ayrıca, dalgalanan estradiol ve progesteron düzeyleri ovaryum ve hemolenfte *Scylla serrata* yengeçlerinde farklı vitellogenin aşamalarında bildirilmiştir [39]. Diğer taraftan, ovaryum olgunlaşması ve hemolenfteki steroidlerin düzeyleri arasında olumsuz bir ilişki kuruma karidesi *Marsupenaes japonicus*'ta bulunmuştur [40]. Yengeçler üzerinde yapılan bir araştırmada ise *Oziotelphusa senex*'lerde 17 α -hidroksiprogesteron enjeksiyonunun ovaryum olgunlaşmasını teşvik ettiği bildirilmiştir [10].

Sonuç

Dekapod kurustaselerde üreme fonksiyonları hem eksternal hemde internal faktörlerin etkisi altındadır. Üreme üzerinde etkili olan beslenme, su sıcaklığı, fotoperiyot, tuzluluk gibi eksternal faktörler önemli olmakla birlikte internal faktörlerin (nöropeptidler, nörotransmitterler, opioidler, gonad uyarıcı hormonlar, metil farnesoat, ekydsteroidler ve omurgalı tipi steroidler gibi farklı biyolojik faktörler) yapısal ve fonksiyonel etkilerinin araştırılması ve uygulanması da üreme başarısını artıracaktır. Nöroendokrin ve nöroendokrin olmayan salgıların üremedeki etkilerinin belirlenmesi dekapodların kontrollü üretiminde fayda sağlayacaktır. Örneğin, biyojenik aminlerden 5- hidroksitriptamin (5-HT) dekapodlarda üreme sistemini stimüle ettiği belirlenmiştir. Diğer taraftan epinefrin gibi bazı biyojenik aminlerin ise etkileri tam olarak belirlenememiştir. Benzer şekilde kurustaselerin sinir sisteminde bulunan ve bir opioid olan methionin enkefalinin dişi yengeçlere enjekte edilmesiyle ovarian olgunlaşması yavaşlamıştır. Buna karşılık, opioid antagonist naloxon enjeksiyonu ovarian olgunlaşmasını sağlamıştır. Bir başka çalışmada ise, dopamin enjeksiyonu ile erkek ve dişilerde gonadların olgunlaşmasının engellediği belirlenmiştir. Red pigment konsantre hormonun da 5-HT gibi ovarian olgunlaşmasını stimüle ettiği belirlenmiştir. Kurustaselerde vertebra tipi steroidlerin de vitellogenезisi ve ovaryum olgunlaşmasını artırdığı ancak bu steroid hormonların fonksiyonları ile ilgili ayrıntılı çalışmaların yapılması gerektiği bildirilmektedir. Sonuç olarak, üreme üzerinde etkili olan, endokrin hormonların ve diğer faktörlerin fonksiyonlarının belirlenmesi amacıyla bu konudaki çalışmaların artırılması dekapod kurustase üretiminde verimi artırmaya yönelik çalışmalarda ekonomik ve biyolojik yönden önem taşımaktadır.

Kaynaklar

- [1] Mananos E, Carrillo M, Sorbera LS, Mylonas CC, Asturiano JF, Bayarri MJ, Zohar Y, Zanuy S. Luteinizing hormone and sexual steroid plasma levels after treatment of European sea bass with sustained-release delivery systems for gonadotropin-releasing hormone analogue. *J. Fish Biol.* 2002; 60: 328–339.
- [2] Kaminski R, Kuszniez J, Myszkowski L, Wolnicki J. The first attempt to artificially reproduce the endangered cyprinid lake minnow *Eupallasea perenurus* (Pallas). *Aquacult. Int.* 2004; 12: 3–10.
- [3] Nagaraju GPC. Reproductive regulators in decapod crustaceans: an overview. *The Journal of Experimental Biology* 2011; 214:3-16.
- [4] Harlioğlu AG. Kültür balıklarında döl alımında hormon kullanımı. *Menba Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 2014; 3: 35-38.
- [5] Şahin E, Aksu Ö, Kutluyar F. Evaluation of reproductive parameters of males in wild freshwater crayfish (*Astacus leptodactylus*). *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 2019; 12(1): 3-7.
- [6] Hasegawa Y, Hirose E, Katakura Y, 1993. Hormonal control of sexual differentiation and reproduction in Crustacea. *Am Zool* 2014; 33:403–411.
- [7] Kumlu M. Karides, İstakoz ve Midye Yetiştiriciliği. Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No: 6, s. 305, Adana- Türkiye, 2001.
- [8] Erkan M, Tunalı Y, Sancar-Bas S. Male reproductive system morphology and spermatophore formation in *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) (Decapoda: Astacidae). *Journal of Crustacean Biology*, 2009; 29(1): 42–50.
- [9] Uniş Ç, Erkan MB. Morphology and development of the female reproductive system of *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) (Decapoda, Astacidae). *Turk J Zool* 2012; 36(6): 775-784
- [10] Reddy PR, Reddy PS. Isolation of peptide hormones with pleiotropic activities in the freshwater crab, *Oziotelphusa senex senex*. *Aquaculture* 2006; 259:424-431.
- [11] Silva LS, Martinelli-Lemos JM, Ferreira MAP, Rocha RM. Gonadal development in the freshwater crab *Sylviocarcinus pictus* (H. Milne Edwards, 1853) (Brachyura: Trichodactylidae) from the Guama River, state of Para, Brazil. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences* 2012, 84(3): 789-798.
- [12] Swetha CH, Sainath SB, Ramachandra Reddy P, Sreenivasula Reddy P. Reproductive Endocrinology of Female Crustaceans: Perspective and Prospective 2011; 3:1-13.
- [13] Aprajita, K, Pandey AK, Singh R, Chauhan UK. Reproductive Endocrinal Regulation in Decapod Crustaceans: A review. *J. Ecophysiol. Occup. Hlth.*, 2014; 14(1, 2):55–65.
- [14] Aiken DE. Ovarian maturation and egg laying in the crayfish *Orconectes virilis*: influence of temperature and photoperiod. *Can J Zool.* 1969; 47: 931-935.
- [15] Li C, Luo X, Huang X, Gu B. Influences of temperature on development and survival, reproduction and growth of a calanoid copepod (*Pseudodiaptomus dubia*). *Scientific World Journal*, 2009; 9: 866-879.
- [16] Raviv S, Parnes S, Sagi A. Coordination of reproduction and molt in decapods. In *Reproductive Biology of Crustaceans* (ed. E. Mente), Enfield, NH: Science Publishers, 2008.

- [17] Quackenbush LS. Vitellogenesis in the shrimp, *Penaeus vannamei*: in vitro studies of the isolated hepatopancreas and ovary. *Comp. Biochem. Phys. B* 1989; 94:253–261.
- [18] Fingerman M. Roles of neurotransmitters in regulating reproductive hormone release and gonadal maturation in decapod crustaceans. *Invert. Reprod. Dev.* 1997; 31: 47–54.
- [19] Zmora N, Trant J, Zohar Y, Chung J. Molt-inhibiting hormone stimulates vitellogenesis at advanced ovarian developmental stages in the female blue crab, *Callinectes sapidus*, an ovarian stage dependent involvement. *Saline Systems* 2009; 5(7):1-11.
- [20] Tinikul Y, Joffre Mercier, A, Soonklang N, Sobhon P. Changes in the levels of serotonin and dopamine in the central nervous system and ovary, and their possible roles in the ovarian development in the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. *Gen. Comp. Endocrinol.* 2008;158:250-258.
- [21] Tinikul Y, Soonthornsumrith B, Phoungpetchara I, Meeratana P, Poljaroen J, Duangsuwan P, Soonklang N, Mercier A, Sobhon P. Effects of serotonin, dopamine, octopamine, and spiperone on ovarian maturation and embryonic development in the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879). *Crustaceana* 2009; 82:1007-1022.
- [22] Richardson HG, Deccaraman M, Fingerman M. The effect of biogenic amines on ovarian development in fiddler crab, *Uca pugilator*. *Comp. Biochem. Physiol.* 1991; 99: 53–56.
- [23] Sainath SB, Reddy PS. Effect of selected biogenic amines (dopamine, serotonin and melatonin) on ovarian maturation in the fresh water edible crab, *Ozotyelphusa senex senex*. *Aquaculture* 2010; 313:144-148.
- [24] Beltz B. Crustacean neurohormones. In *Endocrinology of Selected Invertebrate Types 2* (ed. H. Laufer and R. G. H. Downer), Alan Liss, New York, 1988. pp:235-258.
- [25] Kulkarni G, Fingerman M. Quantitative analysis by reverse phase high performance liquid chromatography of 5-hydroxytryptamine in the central nervous system of the red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*. *Biol. Bull.* 1992; 182:341.
- [26] Rodríguez E, Medesani D, Greco L, Fingerma, M. Effects of some steroids and other compounds on ovarian growth of the red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*, during early vitellogenesis. *J. Exp. Zool.* 2001; 292A, 82-87.
- [27] Sarojini R, Nagabhushanam R, Fingerman M. 5-Hydroxytryptaminergic control of testes development through the androgenic gland in the red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*. *Invert. Reprod. Dev.* 1994; 26:127-132.
- [28] Nagaraju GPC, Borst DW. Methyl farnesoate couples environmental changes to testicular development in the crab *Carcinus maenas*. *The Journal of Experimental Biology* 2008; 211:2773-2778.
- [29] Alnawafleh T, Kim BK, Hye-Eun Kang HE, Tae-Ho Yoon TH, Kim HW. Stimulation of Molting and Ovarian Maturation by Methyl Farnesoate in the Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Fish Aquat Sci.* 2014; 17(1): 115-121.
- [30] Reddy PR, Nagaraju GPC, Reddy PS. Involvement of methyl farnesoate in the regulation of molting and reproduction in the freshwater crab *Ozotyelphusa senex senex*. *J Crust Biol.* 2004; 24:511-515.
- [31] Subramoniam T. Endocrine regulation of egg production in economically important crustaceans. *Current Sci.* 1999; 76:350–368.
- [32] Brown M, Sieglaff D, Rees H. Gonadal ecdysteroidogenesis in Arthropoda: occurrence and regulation. *Annu. Rev. Entomol.* 2009; 54:105-125.
- [33] Chang ES, Kaufman WR. Endocrinology of Crustacea and Chelicerata. In: *comprehensive moleküler Insect Science*, 3. L.I. Gilbert, K. Latrou and SS. Gill (eds) Elsevier B.V. Oxford, 2005. pp:805-842.
- [34] Hansen B, Altin D, Hessen K, Dahl U, Breitholtz M, Nordtug T, Olsen A. Expression of ecdysteroids and cytochrome P450 enzymes during lipid turnover and reproduction in *Calanus finmarchicus* (Crustacea: Copepoda). *Gen. Comp. Endocrinol.* 2008; 158:115-121.
- [35] Sagi A, Homola E, Laufer H. Methyl farnesoate in the prawn *Macrobrachium rosenbergii*: synthesis by the mandibular organ in vitro, and titers in the hemolymph. *Comp. Biochem. Physiol. B Biochem. Mol. Biol.* 1991; 99: 879-882.
- [36] Fairs N, Quinlan P, Goad L. Changes in ovarian unconjugated and conjugated steroid titers during vitellogenesis in *Penaeus monodon*. *Aquaculture* 1990; 89:83-99.
- [37] Quiniti, E, Hara A, Yamauchi K, Nakao S. Changes in the steroid hormone and vitellogenin levels during the gametogenic cycle of the giant tiger shrimp, *Penaeus monodon*. *Comp. Biochem. Physiol. C Pharmacol. Toxicol. Endocrinol.* 1994; 109:21-26.
- [38] Shih J. Sex steroid-like substances in the ovaries, hepatopancreases, and body fluid of female *Mictyris brevidactylus*. *Zool. Stud.* 1997; 36:136-145.
- [39] Warriar S, Tirumalai R, Subramoniam T. Occurrence of vertebrate steroids, estradiol 17 [beta] and progesterone in the reproducing females of the mud crab *Scylla serrata*. *Biochem. Physiol. A Physiol.* 2001; 130: 283-294.
- [40] Okumura T, Sakiyama K. Hemolymph levels of vertebrate-type steroid hormones in female kuruma prawn *Marsupenaeus japonicus* (Crustacea: Decapoda: Penaeidae) during natural reproductive cycle and induced ovarian development by eyestalk ablation. *Fish. Sci.* 2004; 70:372-380.