

## Reproductive Mechanism and Fertilization in Poultry

Mustafa Yiğit Nizam<sup>1,a,\*</sup>, Murat Selçuk<sup>1,b</sup>

<sup>1</sup>Department of Reproduction and Artificial Insemination Faculty of Veterinary Medicine, Ondokuzmayıs University, 55200 Samsun, Turkey  
\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Review Article</i></p> <p>Received : 19/08/2019 Accepted : 11/11/2019</p> <p><b>Keywords:</b> Embryonic process Fertilization Reproduction Ubiquitination Poultry</p>	<p>Significant process has been made in mammalian reproductive biotechnology due to the well-known reproductive physiology of mammalian animals and in particular the availability of cattle sperm for cryopreservation. Reproductive studies in poultry did not provide much diversity in mammalian animals due to the absence of an oestrus cycle of poultry, poultry oocyte significantly larger than mammalian oocytes, polyspermic fertilization in poultry is a physiological condition, female poultry reproductive organ significantly different from the mammalian organ. Poultry reproduction have specific properties such as, fertilization of poultry in the infundibulum region and occur within a maximum of 15 minutes, to maintain vitality up to 70 days in oviduct, production of eggs in about 25 hours, zona pellucida proteins undergoing a change to perivitelline membrane, lack of capacitation in poultry sperm and these properties creates reproductive differences between poultry and mammals. Knowledge of poultry reproduction and the spread of artificial insemination in poultry will make significant contributions to the poultry meat sector for our country.</p>

Tavukçuluk Araştırma Dergisi, 16(2): 68-73, 2019

## Kanatlı Hayvanlarda Reprodüktif Mekanizma ve Fertilizasyon

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Derleme Makale</i></p> <p>Geliş : 19/08/2019 Kabul : 11/11/2019</p> <p><b>Anahtar Kelimeler:</b> Embriyonik dönem Fertilizasyon Reprodüksiyon Ubikuitinizasyon Kanatlı</p>	<p>Memeli hayvanların reprodüktif fizyolojisinin iyi bilinmesi ve özellikle sığır spermasının kryoprezervasyona elverişli oluşu nedeniyle memeli hayvanlarda reprodüktif biyoteknoloji alanında kayda değer bir ilerleme kat edilmiştir. Fakat kanatlı hayvanların bir östrus siklusunun olmayışı, kanatlı oositinin memeli oositinden önemli ölçüde büyük oluşu, kanatlılarda polispermik fertilizasyonun fizyolojik bir durum oluşu, dişi kanatlı reprodüktif organın memeliden büyük ölçüde farklı olması gibi nedenlerden dolayı kanatlı hayvanlarda yapılan reprodüktif çalışmalarda memeli hayvanlardaki kadar çeşitlilik sağlanamamıştır. Kanatlı hayvanlarda fertilizasyonun infundibulum bölgesinde şekillenmesi ve en fazla 15 dakikalık bir süre içerisinde gerçekleşmesi, spermanın ovidukt içerisinde 70 güne kadar canlılığını koruyabilmesi, yaklaşık 25 saatte bir yumurta üretilmesi, zona pellusida proteinlerinin farklılaşarak pervitellin membrana katılması, spermatozoon kapasitasyonunun olmaması gibi kendine özgü reprodüktif özellikler, memeli hayvanlar ile aralarında önemli farklar oluşturmaktadır. Kanatlı reprodüksiyonunun iyi bilinmesi ve kanatlı hayvanlarda suni tohumlama uygulamasının yaygınlaşması, ülkemiz için beyaz et sektörüne önemli katkılar sağlayacaktır.</p>

<sup>a</sup> [mustafayigitnizam@hotmail.com](mailto:mustafayigitnizam@hotmail.com)

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0003-0830-1644>

<sup>c</sup> [mselcuk@omu.edu.tr](mailto:mselcuk@omu.edu.tr)

<sup>d</sup> <https://orcid.org/0000-0003-1371-6297>



## Giriş

Fertilizasyonun sağlanabilmesi için spermatozoon ile oosit doğru zamanda doğru yerde bir araya gelmelidir. Spermatozoa, in vivo koşullarda fertilizasyon bölgesine gelebilmek için dişi genital sistem içerisinde bir takım zorlu aşamalardan geçmektedir. Dişilerde ovulasyon, her zaman çiftleşme anına denk gelmemektedir. Spermatozoa ile oositin karşılaşabilme şansını artırabilmek için dişi reproduktif sistemi içerisinde sperma muhafaza edilmektedir. Balıklar, amfibiler, sürüngenler ve kanatlılar gibi çeşitli hayvan türlerinde sperma, dişi genital sistem içerisinde depo edilmektedir (Holt, 2011). Spermanın depolanması için dişi genital sistem içerisinde, sperma depolama tubulleri adı verilen özel yapılar gelişmiştir. Bu tubuller spermatozoayı ovulasyon zamanına kadar depo eder ve ovulasyon zamanında uygun fertilizasyon için spermatozoayı ovidukta bırakmaktadır.

Bu derlemede, kanatlı hayvanlardaki reproduktif özellikler, reproduktif mekanizma ve fertilizasyon hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

## Dişi Kanatlı Hayvanların Reproduktif Fizyolojisi

Kanatlı hayvanlarda, memeli hayvanlardaki gibi bir östrus siklusu olmadığı için reproduktif fizyoloji açısından önemli farklılıklar görülmektedir. Kanatlı hayvanlarda yumurtlamaya hazırlık evresinde östrojen seviyesi yükselmekte, uterus kalsiyum ATPase sentezi başlamakta, yumurta formasyonundan 10 gün önce iskelet sisteminde uzun kemiklerin (özellikle tibia ve femurda) medullar boşluklarında kalsifikasyon gibi bazı değişiklikler görülmektedir. Bu değişiklikler, kemiklerdeki kalsiyumun uterusu mobilize edilmesi sonucu gerçekleşmektedir. Karaciğer tarafından yumurta sarısının oluşumu için öncül olan düşük yoğunluklu lipoproteinler (VLDL) salgılanır, oviduktun hacmi artar, tüylerde değişiklikler gözlenir. Folliküller olgunlaşırken, teka hücrelerindeki enzimatik aktivite azalmakta, fakat granuloza hücrelerindeki enzimatik aktivite ve yumurtlama zamanında progesteron sentezi artmaktadır (Clark, 2018).

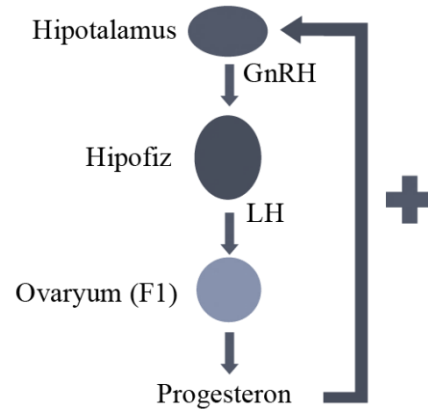
Kanatlılardaki ovulasyon siklusu memeli hayvanlardaki sükklusa benzer mekanizmaya sahiptir ve mekanizmalar arası farklar şu şekildedir; pozitif feedback döngüsü ile ilişkili hormon östrojen yerine progesterondur, kanatlılarda dominant follikülün ovulasyonu progesteron ve LH artışından önce olmaktadır, LH olgun ovulatör follikülün granuloza tabakasından daha fazla progesteron salınımını stimüle etmektedir, LH dalgalanmasını tetikleyen unsur memelilerdeki östrojenin aksine kanatlılarda progesterondur (Clark, 2018).

Kanatlı ve memelilerde LH ve östradiol, ovulasyon öncesi artış gösterir. Kanatlılar ile memeliler arasındaki farklardan en büyüğü, memelilerde progesteron sadece ovulasyon sonrası artış gösterirken, kanatlılarda progesteron, ovulasyon öncesi artış göstermektedir ve LH pikinin ovulasyonu tetiklemesiyle alakalıdır (Clark, 2018).

Her gün, LH salınımının gerçekleştiği bir zaman aralığı bulunmaktadır ve bu aralık "açık periyot" olarak adlandırılmaktadır. Bu aralık genellikle 8 ila 10 saat uzunluğunda olmakla birlikte günbatımını (karanlığı) takiben gün doğumundan (aydınlıktan) bir saat sonrasına kadar sürmektedir. Havanın kararması ile birlikte

hipotalamus uyarılarak açık periyot zamanı ayarlanmaktadır (Clark, 2018).

En büyük follikül (F1) açık periyotta yeterli miktarda progesteron salınımı gerçekleştirdiğinde LH piki ve ovulasyon meydana gelmektedir. Ovulasyon sonrası memelilerin aksine, kanatlılarda gebeliğin devamı gibi bir durum söz konusu olmadığı için korpus luteum görülmemektedir. Progesteronun sentezi birkaç olgun follikül ile sınırlıdır çünkü progesteron LH piki ve ovulasyon için tetikleyici pozitif geribildirimden sorumludur (Şekil 1). Eğer progesteron sentezi çok yüksek miktarlarda yapılırsa, GnRH ve LH baskılanmaktadır. Evcil tavuklarda, ovulasyon LH pikinden 6-8 saat sonra oluşmakta ve ovulasyondan ortalama 25 saat sonra yumurtlama gerçekleşmektedir (Clark, 2018).



Şekil 1. Kanatlı ovulasyonunda pozitif geri bildirim döngüsü (Clark, 2018'den uyarlanmıştır).

Figure 1. The avian ovulation positive feedback loop. (Adopted from Clark, 2018).

Ovaryum ağırlığı seksüel olgunlukla birlikte artmaktadır. Var olan binlerce oosit, genişleyerek 6-8 mm çapına ulaşırlar. 8 mm çapına ulaşan oositler büyümeye devam eder ve ovule olurlar. Yüksek verimli bir dişide, 25-27 saatte bir, 8 mm çapındaki bir ovum büyüyerek folliküller hiyerarşiye katılır. Bu follikül büyümeye devam ederek 5 ila 7 gün arasında ovule olur. Folliküller hiyerarşi ile sonuçlanan folliküllerin bu başarılı olgunlaşması, karakteristik olarak kanatlı ovaryumunda görülmektedir (Froman ve ark., 2000).

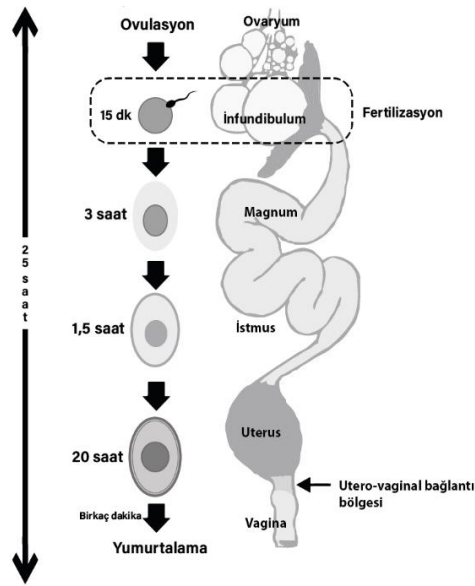
Broiler tavukları, yumurta tipi tavuklardan yaklaşık iki kat daha fazla sarı folliküle sahiptirler. Bu durum bir gün içerisinde iki veya daha fazla follikülün ovule olması ve yumuşak kabuklu veya çift sarılı yumurtaların oluşmasına neden olmaktadır. Hindilerde yumurta üretimi, yumurta tipi ve et tipi tavuklardan daha yavaştır, 8mm çapına ulaşması 9-10 gün kadar sürmektedir. Yumurta sarısı proteinlerinin ve fosfolipidlerinin ana kaynağı karaciğerdir. Yumurta sarısı prekürsörlerinin üretimi, östrojen kontrolünde karaciğerde gerçekleşmektedir (Froman ve ark., 2000).

## Sperma Depolanması, Nakledilmesi ve Fertilizasyon

Memelilerde spermatozoa, dişi reproduktif sistem içerisinde kanatlılara oranla daha kısa süre kalmaktadır. Horoz sperması 32 güne kadar, hindi sperması ise 70 güne kadar dişi reproduktif sistem içerisinde yaşayabilmektedir.

Bunun nedeni spermatozoanın uterovaginal bağlantı bölgesindeki sperma depolama tubullerinde depolanmasıdır.

Spermanın uterovaginal bağlantı bölgesine gelmesi 1 saatten daha az sürecek kadar hızlıdır. Sadece yaşayabilen sperma, sperma depolama tubullerine girebilmektedir. Spermatozoa, ovidukt boyunca kas kontraksiyonları ve siliar aktivite aracılığıyla ilerler ve infundibular bölgedeki sperma depolama tubullerine yerleşirler. Ovulasyon sırasında infundibulumun gerilmesi sayesinde spermatozoa, sperma depolama tubulleri içerisinde çıkarak ovuma ulaşır ve fertilizasyon aşaması başlar (Froman ve ark., 2000). Spermanın suni tohumlama veya doğal çiftleşme yoluyla vaginaya transferini takiben sperma, utero-vaginal bağlantı bölgesine yerleşir. Uterovaginal bağlantı bölgesinde bulunan sperma depolama tubulleri, ovidukal spermanın depolanmasından sorumludurlar (Şekil 2).



Şekil 2. Kanatlı oviduktu, fertilizasyon bölgesi, utero-vaginal bağlantı bölgesi ve yumurtlama döngüsü şematize edilmiştir (Sasanami ve ark., 2013'den uyarlanmıştır).

Figure 2. Schematic drawing of an avian oviduct, fertilization zone, utero-vaginal junction and ovulation cycle (Adopted from Sasanami et al., 2013).

İnfundibulumun, magnumun, istmusun ve uterusun distal bölgesindeki tubular bezlerin aksine, sperma depolama tubulleri, hakiki salgı bezleri değildir. Histolojik olarak çok az miktarda sekretorik aktivite göstermektedirler (Bakst, 2009).

Haftalık olarak 200-400 milyon spermatozoon ile suni tohumlama uygulanan ve yumurta üretimi döneminde olan bir hindinin sperma depolama tubulleri içerisinde 2 milyondan daha az spermatozoon bulunmuştur. Bu durum, vaginanın spermatozoon seleksiyonunu ciddi biçimde yaptığını veya sperma depolama tubullerinin kapasitesinden kaynaklanıyor olabileceği düşünülmektedir. Sperma, utero-vaginal bağlantı bölgesinden çıktıktan sonra vaginal mukoza, silia tabakası gibi engelleri aşarak fertilizasyon bölgesi olan infundibulumuna gelir (Bakst, 2009).

Kanatlı hayvanlarda östrus siklusu yoktur ve böylece dışiden erkeğe karşı herhangi bir çiftleşme isteği belirtisi gözlemlenmez. Kanatlılar bu eksikliği sperma depolama tubulleri ile gidermektedirler. Sperma depolama tubullerinin

4 farklı görevi vardır, bunlar; ovulasyonu takiben çiftleşme gereksinimini ortadan kaldırmak, fertil bir yumurta oluşumu sağlamak için gereken spermatozoon transferini en aza indirmek, seçilen spermatozoa için rezervuar oluşturmak ve günlük ovulatör siklus boyunca spermatozoa için koruma sağlamaktır. Spermanın, sperma depolama tubulleri içerisinde nasıl hayatta kaldığı yıllarca araştırılmış ve spermatozoanın metabolik olarak stabil kaldığı, motilitenin baskılandığı, plazmalemma ve akrozomal membranların bütünlüğünün korunduğu anlaşılmıştır. Fakat spermanın, sperma depolama tubullerinden nasıl çıktığı tam olarak kesinlik kazanmamıştır (Holm ve ark., 1996).

Sperma depolama tubulleri içerisinde sperma motilitesi, metabolizması, spermatozoon akrozomal enzimleri baskılanmaktadır ve spermatozoa inaktif veya dekapasite halde beklemektedir (Bakst ve ark., 1994). Spermanın, sperma depolama tubullerinden çıkışının teorik olarak, yumurta üretim aşamasındayken utero-vaginal bağlantı noktasından sıkıca geçtiği sırada pasif olarak gerçekleştiği düşünülmektedir. Sperma depolama tubullerinden çıkış mekanizması ne olursa olsun, tubuller içerisindeki spermatozoa, tubullerden ayrıldıktan sonra aktive olarak motilitelerini yeniden kazanmaktadır (Bakst, 2009).

Başarılı bir fertilizasyon için spermatozoa yavaş bir şekilde sürekli olarak sperma depolama tubulleri içerisinde salınmakta ve oviduktun infundibulum bölgesine (Şekil 2) doğru ilerlemektedir (Bakst, 2009).

#### Spermatozoon-Oosit Etkileşimi

Zona pellucida, memeli türlerinde oositi çevreleyen bir yapıdır ve fertilizasyon sırasında spermatozoon-oosit etkileşiminin ilk aşamasını oluşturur. Spermatozoon, oosit ile karşılaştığında, spermatozoon-oosit etkileşimi olmadan önce zona pellucidayı geçmesi gerekmektedir (Ikawa ve ark., 2008). Memeli türleri ile kanatlı türlerinin oositleri karşılaştırıldığında, kanatlı oositlerinin ciddi ölçüde daha büyük olduğu ve bu büyüklüğün in vitro koşullarda spermatozoon-oosit etkileşiminin gözlenememesine neden olduğu bildirilmiştir. Ovule olan oositler, şalaz tabakası nedeniyle hızlı bir şekilde fertilizasyon yeteneklerini kaybederler. Yumurta albumini veya şalaz oluşmaya başladıktan sonra spermatozoa, oosit ile bağlantı kuramamaktadır (Wishart, 1997).

Balıklar ve kanatlılar gibi ovipar türlerde (yumurtlayarak çoğalan), bazı oosit çevreleyici proteinler, karaciğer tarafından salgılanmaktadır ve kan sirkülasyonu aracılığıyla ovaryumlara gelmektedir (Sasanami ve ark., 2003). Kanatlı perivitellin membranı (PVM) 5 farklı glikoproteinden oluşmakta ve bu proteinler ZP1, ZP2, ZP3, ZP4 ve ZPD olarak adlandırılmaktadır (Serizawa ve ark., 2011). Spermatozoon başının etkileşime geçtiği ZP proteinlerinin ZP1 ve ZP3 olduğu ispatlanmıştır, fakat tavuklarda spermatozoon-oosit etkileşimi sırasında 180 kDa spermatozoon proteininin sadece ZP3 ile reaksiyon gösterdiği saptanmıştır. Bu veriler doğrultusunda perivitellin membrandaki spermatozoon bağlayıcı proteinin, ZP3 proteinini olduğu anlaşılmıştır (Bausek ve ark., 2004). Kanatlılarda ZP2, olgunlaşmamış follüküllerin oositinde belirtilmiştir ve ikincil bileşen olarak perivitellin membranda bulunmaktadır (Kinoshita ve ark., 2010). Tavuklarda ZP2'nin immatür oositlerin çevresinde biriktiği ve olgun oositlerde germinal disk bölgesinde varlığını sürdürdüğü bildirilmiştir (Nishio ve ark., 2014).

### Spermatozoon Akrozom Reaksiyonu

Hormonal, kimyasal veya oosit bileşenlerinin stimüle edici etkileriyle, spermatozoon dış akrozom membranı ile plazma membranı etkileştiği sırada, spermatozoon baş kısmında bulunan akrozomal vezikül erimektedir ve bu olay akrozom reaksiyonu (AR) olarak adlandırılmaktadır (Şekil 3) (Florman ve Ducibella, 2006). Kanatlılarda perivitellin membran komponentleri olan N-bağlı oligosakkaritler ile N-asetil-glukozamin artıklarının tespiti, akrozom reaksiyonunu indükleyici etkinin perivitellin membran aracılığıyla olduğu tespit edilmiştir (Horrocks ve ark., 2000). Ayrıca ZP1'e bağlı N-bağlantılı oligosakarit, akrozom reaksiyonunu tetikleyici etkiye sahiptir (Sasanami ve ark., 2007).

Kanatlı türlerinde, fertilizasyon infundibulum bölgesinde şekillenmekte ve sadece fertilizasyon zamanında perivitellin membran, oositi çevrelemektedir (Şekil 2). Kanatlılardaki spermatozoon-oosit etkileşimi, perivitellin membranda delik formasyonunun oluşması ile karakterizedir ve in vitro olarak görülebilen tek olgudur (Şekil 3) (Sasanami ve ark., 2011).

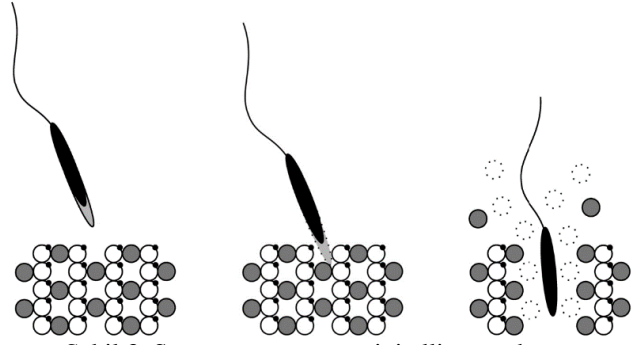
ZP1, kan dolaşımı ile perivitellin membrana gelmektedir ve bu süreçte bazı değişikliklere uğramaktadır (Ichikawa ve ark., 2016). Bıldırcın serumundan elde edilen ZP1, intravenöz olarak farklı kanatlılara enjekte edilmiş ve perivitellin membranda eksojen ZP1 belirtileri görülmüştür, fakat eksojen ZP1, perivitellin membran yapısına katılamamıştır (Kinoshita ve ark., 2008). Bu bilgiler ışığında oosit çevreleyen bir glikoprotein olan ZP1'in, kanatlı türlerinde akrozom reaksiyonunu başlatan esas faktör olduğu anlaşılmıştır (Ichikawa ve ark., 2016).

ZP1'in akrozom reaksiyonu indikatörü olarak bilinmesine rağmen anti-ubiquitin antikorları kullanılarak yapılan immunoblot analizi yapılmıştır ve yalnızca ZP1 içeren perivitellin membran reaksiyon göstermiştir. Bu analiz sonucunda, ZP1'in taşınması ve ZP3 ile birleşmesi sırasında ekstraselüler ubiquitinizasyona maruz kaldığı anlaşılmıştır (Şekil 4).

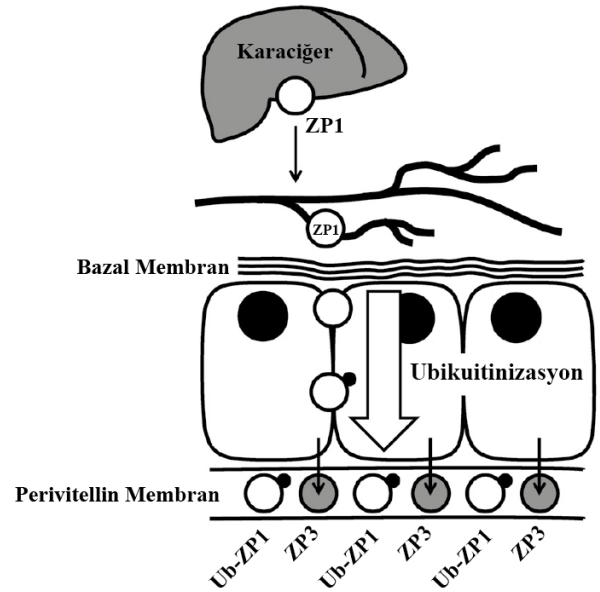
Çalışmalar sonucu elde edilen birçok veri, ubiquitin-proteasom sisteminin perivitellin membranda penetrasyon bölgelerinin oluşuma önemli katkı sağladığını ve kanatlı fertilizasyonunda öncül rol oynadığı düşünülmeye rağmen, akrozomal serin proteazı olan akrozimin fertilizasyon esnasında penetrasyon bölgelerinin oluşumuna dair bir düşünce de vardır (Slowińska ve ark., 2010).

Çoğu hayvan türünde oosit, fertilizasyon oluşumu için sadece 1 spermatozoon kabul etmektedir (Ichikawa ve ark., 2016). Çünkü birden fazla spermatozoon penetrasyonunu engellemek için bir blokaj sistemleri bulunmaktadır. Yakın zamanda kortikal granül proteaz ovastatin'in, ZP2 proteinini kısmi olarak disfonksiyona uğratarak polispermi bloğunu oluşturduğu ve ovastatin ile modifiye edilmiş zona pellucida ile spermatozoonun etkileşime girmediği bulunmuştur (Burkart ve ark., 2012).

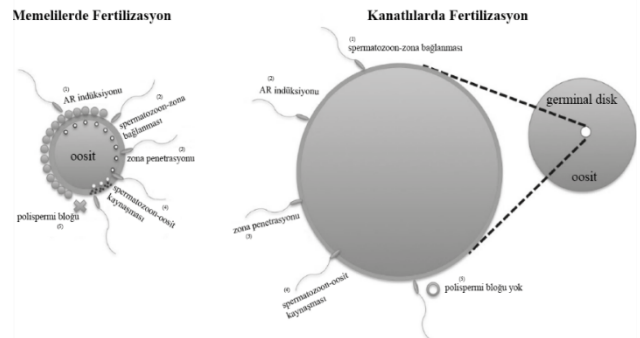
Memeli türlerindeki monospermik fertilizasyonun aksine kanatlı türlerinde, fertilizasyon sırasında oosite birden fazla spermatozoon penetre olmaktadır ve bu durum polispermik fertilizasyon olarak adlandırılmaktadır (Şekil 5). Bu fizyolojik olay, kanatlı türlerinde herhangi bir polispermi bloğunun var olmadığını göstermektedir (Ichikawa ve ark., 2016).



Şekil 3. Spermatozoonun perivitellin membrana penetrasyonu (Ichikawa ve ark., 2016'dan uyarlanmıştır)  
Figure 3. Suggested model for sperm penetration to the perivitelline membrane (Adopted from Ichikawa et al., 2016).



Şekil 4. Kanatlı hayvanlarda perivitellin membran formasyonu (Ichikawa ve ark., 2016'dan uyarlanmıştır)  
Figure 4. Formation of perivitelline membrane in birds (Adopted from Ichikawa et al., 2016).



Şekil 5. Memeli ve kanatlıların spermatozoon-oosit etkileşimi karşılaştırılması (Ichikawa ve ark., 2016'dan uyarlanmıştır).

Figure 5. Comparison of sperm-egg interaction of mammals and birds (Adopted from Ichikawa et al., 2016).

## Embriyonik Dönemde Cinsiyetin Gelişimi

Kanatlılarda, memelilerde olduğu gibi, embriyogenez sırasında 2 adet ovaryum ve 2 adet ovidukt şekillenir. Fakat kanatlılarda karakteristik olarak sağ taraftaki ovaryum, embriyonik gelişim sonrasında baskılanmıştır. Kanatlı hayvanlarda embriyonik ovaryum, testisten çok daha fazla östrojen salgılamakta ve böylece memelilerin aksine kanatlılarda erkek olan temel cinsiyet karakteri dişi olarak belirlenmektedir (Froman ve ark., 2000). Östrojen üretimi, gonadal farklılaşma sürecinde aromateaz enzimi yoluyla gerçekleşmektedir (Nakabayashi ve ark., 1998). P450 aromateaz enzimi androjeni östrojene çevirmektedir ve dişi cinsiyete sahip olacak olan gonadlar daha fazla östrojen salgılamaktadırlar (Andrews, 1997). Anti-Müllerian hormon, kanatlılarda ve memelilerde müller kanallarının baskılanmasına sebep olmaktadır, fakat memelilerin aksine dişi embriyonik organa sahip kanatlı embriyolarında da Anti-Müllerian hormonu salgılanmaktadır (Eusebe, 1996). Dişilerde östrojen, direkt olarak kanala etki göstererek müller kanalı regresyonunu engelleyici etki göstermektedir (Doi ve ark., 1988). Sağ taraftaki organın regresyonunun sebebi, anti-müllerian hormon etkisi ve organdaki östrojen reseptör sayısının az olmasından kaynaklanmaktadır (Nakabayashi ve ark., 1998). Gelişen sol ovaryum, fonksiyonel olarak oosit üretiminde ve hem steroid hem de protein hormonları salgılayıcı endokrin organ olarak görev yapmaktadır (Froman ve ark., 2000).

## Sonuç

Kanatlı hayvanları memeli hayvanlardan ayıran üreme özellikleri bakımından birçok önemli farklar bulunmaktadır. Fertilizasyonun infundibulum bölgesinde şekillenmesi ve en fazla 15 dakikalık bir süreç içerisinde gerçekleşmesi, östrus davranışları gibi çiftleşme belirtilerinin olmayışı fakat bu durumun günlük ovulasyon döngüsü ve sperma depolama tubullerinin varlığı ile bu engellerin aşılması, sperma depolama tubulleri sayesinde spermanın ovidukt içerisinde 70 güne kadar canlılığını koruyabilmesi, yaklaşık 25 saatte bir yumurta üretilmesi, zona pellucida 1 (ZP1)'in ekstraselüler ubiquitinizasyona uğraması, polispermik fertilizasyonun fizyolojik bir durum olması, spermatozoon kapasitesinin olmaması, embriyonik gelişim basamaklarındaki farklılıklar gibi kendine özgü reproduktif özellikler gibi farklıdır.

Bu nedenle kanatlı reproduksiyonunun iyi anlaşılması ve kanatlı hayvanlarda ıslahın ve verim özelliklerinin artırılması düşüncesiyle ülkemiz için beyaz et sektörüne önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

## Kaynaklar

- Andrews E, Smith CA, Sinclair AH. 1997. Sites of estrogen receptor and aromatase expression in the chicken embryo. *Gen Comp Endocrinol*, 108:182.
- Bakst MR, Wishart G, Brillard JP. 1994. Oviducal sperm selection, transport, and storage in poultry. *Poult. Sci. Rev.* 5: 117–143.
- Bakst MR. 2009. Oviducal sperm and fertilisation in poultry. *Avian Biology Research*, 2.1-2: 1-5.
- Bausek N, Ruckebauer HH, Pfeifer S, Schneider WJ, Wohlrab F. 2004. Interaction of sperm with purified native chicken ZP1 and ZPC proteins. *Biology of Reproduction*. 71:684-690.

- Burkart AD, Xiong B, Baibakov B, Jiménez-Movilla M, Dean J. 2012. Ovastacin, a cortical granule protease, cleaves ZP2 in the zona pellucida to prevent polyspermy. *Journal of Cell Biology*. 97:37-44.
- Clark MI. 2018. Management of Breeding in Small Poultry Production Units. Noakes DE, Parkinson TJ, England GC, editors. *Veterinary reproduction & obstetrics*. Elsevier Health Sciences; p: 526-540.
- Doi O, Hutson M. 1988. Pretreatment of chick embryos with estrogen in ovo prevents Mullerian duct regression in organ culture. *Endocrinology*. 122:2888.
- Eusebe D, di Clemente N, Rey R, Pieau C, Vigier B, Josso N, Picard JY. 1996. Cloning and expression of the chick antimullerian hormone gene. *BioI Chem*. 271:4798.
- Florman HM and Ducibella T. 2006. Fertilization in Mammals. *Knobil and Neill's Physiology of Reproduction* 3 edn. (Neill JD, Plant TM, Pfaff DW, Challis JRG, de Kretser DM, Richards JS and Wassarman PM eds.). Elsevier Academic Press. St Louis. Vol.1.Pp:55-112.
- Froman DP, Kirby JD, Proudman JA. 2000. Reproduction in Poultry: Male and Female. Balado D, editor. *Reproduction In Farm Animals*, 7th Edition. Lippincott Williams & Wilkins, USA. 237-257.
- Holm L, Ridderstrale Y, Knutsson P. 1996. Localisation of carbonic anhydrase in the sperm storing regions of the domestic hen oviduct. *Acta Anatom*. 156, 253–260.
- Holt WV. 2011. Mechanism of sperm storage in the female reproductive tract: an interspecies comparison. *Reprod Dom Anim*. 46: 68–74.
- Horrocks AJ, Stewart S, Jackson L, Wishart GJ. 2000. Induction of acrosomal exocytosis in chicken spermatozoa by inner perivitelline-derived N-linked glycans. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 278:84-89.
- Ichikawa Y., Matsuzaki M., Hiyama G., Mizushima S., Sasanami T. 2016. Sperm-Egg Interaction during Fertilization in Birds, *The Journal of Poultry Science* 53: 173-180.
- Ikawa M, Inoue N, Okabe M. 2008. Mechanisms of sperm-egg interactions emerging from gene-manipulated animals. *International Journal of Developmental Biology*. 52: 657-664.
- Kinoshita M, Mizui K, Ishiguro T, Ohtsuki M, Kansaku N, Ogawa H, Tsukada A, Sato T, Sasanami T. 2008. Incorporation of ZP1 into perivitelline membrane after in vivo treatment with exogenous ZP1 in Japanese quail (*Coturnixjaponica*). *FEBS Journal*. 275:3580-3589.
- Kinoshita M, Rodler D, Sugiura K, Matsushima K, Kansaku N, Tahara K, Tsukada A, Ono H, Yoshimura T, Yoshizaki N, Tanaka R, Kohsaka T, Sasanami T. 2010. Zona pellucida protein ZP2 is expressed in the oocyte of Japanese quail (*Coturnix japonica*). *Reproduction*. 39:359-371.
- Nakabayashi O, Kikuchi H, Kikuchi T, Mizuno S. 1998. Differential expression of genes for aromatase and estrogen receptor during the gonadal development of chicken embryos. *Mol Endocrinol*. 20:193.
- Nishio S, Kohno Y, Iwata Y, Arai M, Okumura H, Oshima K, Nadano D, Matsuda T. 2014. Glycosylated chicken ZP2 accumulates in the egg coat of immature oocytes and remains localized to the germinal disc region of mature eggs. *Biology of Reproduction*. 91:107, 1-10.
- Sasanami T, Murata T, Ohtsuki M, Matsushima K, Hiyama G, Kansaku N, Mori M. 2007. Induction of sperm acrosome reaction by perivitelline membrane glycoprotein ZP1 in Japanese quail (*Coturnixjaponica*). *Reproduction*. 133:41-49.
- Sasanami T, Pan J and Mori M. 2003. Expression of perivitelline membrane glycoprotein ZP1 in the liver of Japanese quail (*Coturnix japonica*) after in vivo treatment with diethylstilbestrol. *Journal of Steroid Biochemistry and molecular Biology*. 84:109-116.

- Sasanami T, Yoshizaki N, Dohra H, Kubo H. 2011. Sperm acrosin is responsible for the sperm binding to the egg envelope during fertilization in Japanese quail (*Coturnixjaponica*). *Reproduction*. 142:267-276.
- Serizawa M, Kinoshita M, Rodler D, Tsukada A, Ono H, Yoshimura T, Kansaku N, Sasanami T. 2011. Oocytic expression of zona pellucida protein 4 in Japanese quail (*Coturnixjaponica*). *Animal Science Journal*. 82:227-235.
- Słowińska M, Olczak M, Liszewska E, Watorek W, Ciereszko A. 2010. Isolation, characterization and cDNA sequencing of acrosin from turkey spermatozoa. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*. 157:127-136.
- Wishart GJ. 1997. Quantitative aspects of sperm: egg interaction in chickens and turkeys. *Animal Reproduction Science.*, 48: 81-92.