

# BAL ARILARINDA YUMURTANIN YAPISI VE EMBRİYO GELİŞİMİ

## Egg Structure and Embryo Development in Honeybees (*Apis mellifera* L.)

Ethem AKYOL

Niğde Üniversitesi, Ulukışla Meslek Yüksekokulu

**Özet:** Bu derleme en iyi gelişmiş sosyal böceklerden olan bal arılarında yumurtanın meydana gelişi, döllenmesi ve larval döneme kadar geçirdiği safhalar üzerine bilinenleri ve yakın zamanda yapılmış çalışmaları, taramak üzere hazırlanmıştır. Kraliçe arıların yumurtalıklarında bulunan yumurta tüplerinin uç kısımlarındaki doğurucu hücreler tarafından meydana getirilen yumurtalar yumurta tüpleri içerisindeki yaklaşık iki günlük yolculuk sırasında yine doğurucu hücreler tarafından meydana getirilen besleyici hücreler tarafından beslenerek gelişmelerini tamamlarlar. Gelişimini tamamlayan yumurta, yumurta tüplerinin dip kısmında besleyici hücrelerin kalan kısmını içine alır ve sonra da yumurta kabuğu oluşur. Yumurta daha sonra lateral oviductta ve median oviducta geçer. Median oviductan vajinaya geçen yumurta daha önce işçi arılar tarafından hazırlanmış ve kraliçe arı tarafından temizlik ve büyüklük bakımından kontrol edilmiş petek gözlerine bırakılır. Temiz olduğu anlaşılan ve çapı yaklaşık 5mm (işçi arı gözü) ve 8–9mm (kraliçe arı gözü) olan gözlere döllenmiş, 7mm (erkek arı gözü) olan gözlere ise döllenmemiş yumurtalar bırakılır. Yumurta vajinadan geçme esnasında spermatekadan gönderilen spermatazoa ile döllenirse dişi (kraliçe veya işçi arı) döllenmeden geçerse erkek bireyler meydana gelir. Petek gözlerine bırakılan yumurtalar ilk gün dik pozisyonda, ikinci gün eğik ve üçüncü gün ise göz tabanına yatık pozisyonda bulunurlar. Üç günlük bir süreden sonra açılarak önce larva halini alırlar ve bu süre larvanın cinsiyetine göre değişmek üzere 5 ila 7 gün arasında değişir. Bu sürenin sonunda ise göz kapanarak pupa dönemi başlar ve pupa dönemi de yine cinsiyete göre değişmek üzere 8 ila 14 gün arasında değişir. Pupa döneminin tamamlanmasından sonra ise göz açılır ve gelişmesini tamamlayan bireyler ergin olarak gözden çıkarak kolonideki görevlerini yerine getirmeye başlarlar.

**Anahtar Kelimeler:** Yumurta, döllenme, yumurtalık, embriyo

### GİRİŞ

Bu derleme makalesi bal arılarında (*Apis mellifera* L.) yumurtalıkların yapısını, yumurtanın oluşumunu, gelişme safhalarını, kraliçe arıların çiftleşme ve spermatozooları saklama mekanizmaları ile yumurtaların döllenmesini ve yumurtlanması hakkında okuyucuları bilgilendirmek amacıyla hazırlanmıştır.

Bal arıları koloni halinde yaşamlarını sürdüren gelişmiş sosyal böceklerdendir. Bir bal arısı kolonisi sayıları ekolojik şartlar ve mevsime göre değişen, anatomik, fizyolojik ve davranışsal olarak farklılıklar

gösteren erkek ve dişi bireylerden oluşmaktadır. Dişi bireyler; kendi arasında fonksiyonel çoğalma yeteneğine sahip kraliçe arı ile kolonideki tüm işlerin yürütülmesinden sorumlu, aralarında yaşa gruplarına göre iş bölümü olan işçi arılardan (kast) oluşmaktadır (Dadant 1999, Caroline ve ark. 2004).

Kolonideki tüm bireyler ana arı tarafından petek gözlerin tabanına bırakılan yumurtalardan oluşurlar (Genç 2000). Kolonideki tüm bireylerin gelişimi embriyo safhalarının gözlemlendiği yumurta dönemi, larva, prepupa, pupa ve ergin olmak üzere 5 farklı

aşamada meydan gelmektedir (Harbo ve Rinderer 1980). Her gelişme dönemi fiziksel görünüş bakımından farklılıkları ile dikkati çeker (Dogaroğlu 1999). Her evresi farklı bir görünüş arz eden bu tip gelişmeye tam başkalaşım (Halometabol metamorfoz) adı verilir (Taber 1980, Demirsoy 1992). Larva ve pupa döneminde gelişmelerine devam eden yavru arıların, fiziksel görünüşleri ile organları, ergin bireylerden çok farklıdır. Arılar ergin birey olarak petek gözlerinden çıktıktan sonra vücut şekli ve organ yapılarında büyük değişiklikler gözlenmez (Öder 2006).

Kraliçe arıların yumurtalıklarında (ovaryum) bulunan yumurta tüplerinin (ovariol) uç kısımlarındaki doğurucu hücreler tarafından meydana getirilen yumurtalar; yumurta tüpleri içerisindeki yaklaşık iki günlük yolculukları esnasında yine doğurucu hücreler tarafından meydana getirilen besleyici hücreler tarafından beslenerek gelişmelerini tamamlarlar (Laidlaw ve Page 1997). Yumurta tüplerinde olgunlaşma aşamasına gelen yumurtalar önce lateral oviducta sonra median oviducta geçerler. Median oviductan vajinaya ilerleyen yumurta işçi arılar tarafından hazırlanmış, kraliçe arı tarafından temizliği ve genişliği kontrol edilmiş, balmumundan yapılmış eşkenar altıgen petek gözlerin tabanına iğne yardımı ile dik pozisyonda yerleştirilirler. Yumurtaların bırakılacağı petek gözün büyüklüğüne göre vajinadan geçiş esnasında spermatekada depolanan spermatozoonların valf ve bağlantı kanalı aracılığı ile yumurtanın döllenmesi dişi bireylerin oluşumuna, döllenmeden geçiş ise erkek bireylerin oluşumuna (haplo-diploid sistem) neden olduğu kabul edilmektedir (Taber 1980, Laidlaw ve Page 1997). Beye ve ark. (2003) bal arılarının Haplo-diploid yapıya sahip canlılar olduklarını, dişi bireylerin döllenmiş, erkek bireylerin ise döllenmemiş yumurtalardan oluştuklarını bildirmiştir. Petek göz tabanına yapıştırılan yumurtalar; üç gün süren embriyo gelişimi sonrası çatlayarak larva dönemine geçerler. Çevre, bakım-besleme ve cinsiyet durumuna göre farklı zaman aralıklarında larva dönemini açık petek gözlerde tamamlayan yavru arılar ön pupa (prepupa) dönemine girerler. Tam başkalaşım için kapalı gözlerde pupal gelişim evrelerini tamamlayan yavru arılar ergin bireyler olarak petek gözleri terk ederler (Harbo ve Rinderer 1980, Öder 2006).

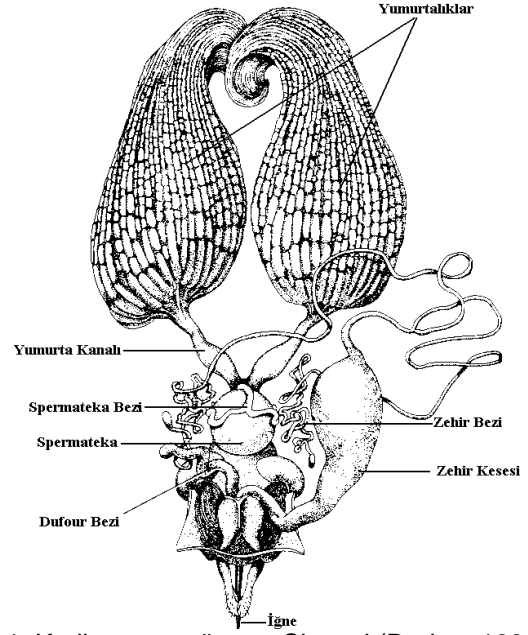
## BAL ARILARINDA YUMURTALIKLAR VE YUMURTANIN OLUŞUMU

### Yumurtalıklar (Ovaryum ve Ovarioller)

Dişi bireyler olan kraliçe ve işçi arıların üreme organları karın bölgesinde (abdomen) bulunur. Dişi bireylerde çok sayıda yumurta tüplerinden (ovariol) oluşan iki adet yumurtalık (ovaryum) bulunur (Dadant 1999, Harbo ve Rinderer 1980). İşçi arı yumurtalıkları; fizyolojik olarak kraliçe arı feromonlarının etkisi altında bulunduğu sürece yani kolonide kraliçe arı olduğu sürece gelişemez (Taber 1980, Olroyd ve Osborne 2006). İşçi arıların her bir yumurtalığında ortalama 4 (2-12) adet yumurta tüpü bulunurken, koloninin çoğalma işleminin temel yapı taşı olan kraliçe arıların yumurtalıklarının her birinde; sayıları kraliçe arının genetik yapısı ve kalitesine bağlı olarak 110 ile 180 arasında değişen yumurta tüpü bulunur (Winston 1987, Gould 1995, Kaftanoğlu ve ark. 2000, Landim ve ark. 2002). (Şekil:1). Dişi bireylerdeki ovariol farklılaşması ve gelişiminin larval dönemde meydana geldiği ve bu işte acid fosfataz gibi enzimlerin düzenleyici rol aldıkları bildirilmektedir (Landim et al. 2002). Gozansky ve ark. (2004) işçi arılarda ovariol gelişimi ve yumurtlama üzerine Dufor bezi salgılarının etkili olduğunu bildirmektedir. Bir kolonide kraliçe arı ve yavru olduğunda işçi arılar pek nadir yumurtlarken kraliçe arıyı kayıp eden ve yeni bir kraliçe arı kazanamayan kolonilerde işçi arıların yumurtladığı ancak bazı türlerde (anarchistic) kraliçe arı olduğu halde işçi arıların yumurtalıklarının aktif olduğu ve yumurta bıraktıkları, bu yumurtalardan da erin erkek bireylerin oluştuğu bildirilmektedir (Wassler ve Crewe 1999a, Olroyd ve ark. 2001, Stephan ve ark. 2004, Olroyd ve Osborne 2006). Cook (1993) işçi arıların da ovariolere sahip olduğunu ancak kraliçeli bir kolonide bunların ancak on binde birinin ovariollerinin aktif olduğunu, kraliçesiz kolonilerde ise işçilerin %10'unda ovariollerinin aktif olduğunu ve bunların bıraktığı yumurtalardan fonksiyonel erkek arıların oluştuğunu bildirmiştir. Winston (1987) işçi arıların kesinlikle çiftleşme uçuşuna çıkmadıklarını ve çiftleşmediklerini, onların yumurtalıklarının az geliştiğini spermatekalarının ise hiç gelişmediğini, Caroline ve ark. (2004) ise kraliçeli kolonilerde işçi arıların çok nadir olarak yumurtladığını, kraliçesiz kolonilerde ise bazı işçi arıların yumurtalıklarının aktif hale gelerek çok sayıda yumurta bıraktıklarını, bu durumda ise kolonideki alt aile grupları arasında farklılıkların olduğunu bildirmişlerdir Tamar ve ark. (2001) ve

## ARI BİLİMİ / BEE SCIENCE

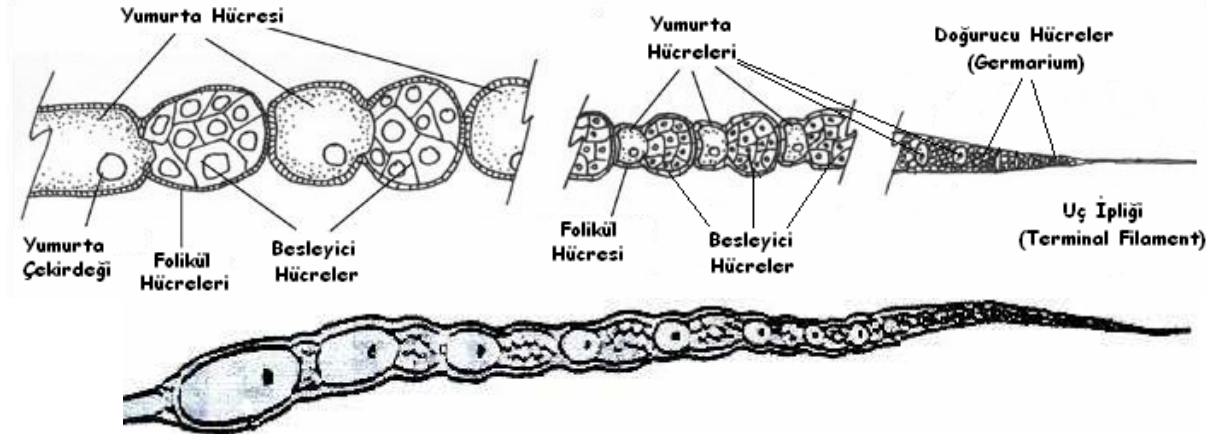
Stephan ve ark. (2004) Dufour bezi salgılarının kraliçe arı tarafından yumurtlanan yumurtaların işçi arılar tarafından yumurtlanan yumurtalardan ayırt edilmesinde bir işaretleyici olarak kullanıldığını bu salgı ile işaretlenmiş yumurtaların işçi arılar tarafından ilgilenildiği, diğer yumurtaların ise ilgilenilmeyip taşınarak imha edildiğini bildirmişlerdir Yumurtalıklarda bulunan her bir yumurta tüpünde günlük oluşturulabilecek yumurta sayısı belli olduğundan (5–7 adet/gün), yumurta tüpü sayısı kraliçe arıların günlük yumurtlama kapasitesini etkileyen en önemli faktörlerden biridir (Rinderer 1986, Kaftanoğlu ve ark. 2000). Yumurtalıklardaki her bir yumurta tüpünde üretilen ve olgunlaşan yumurta önce yan yumurta kanalına (lateral oviduct), sonra ana yumurta kanalına (median oviduct) ve daha sonra da döllenme işleminin gerçekleştiği vajinaya geçer (Laidlaw ve Page 1997) (Şekil. 1).



Şekil 1: Kraliçe arının üreme Sistemi (Dadant 1999)

### Yumurtanın Oluşumu ve Döllenmesi

Yumurta hücresi ilk olarak yumurtalıkta bulunan her tüpün başlangıç kısmındaki doğurucu hücreler tarafından meydana getirilir (Şekil. 2)



Şekil 2. Yumurta tüplerinde yumurta oluşumu ve yumurta tüpünün yapısı (Dearden 2006)

Doğurucu hücrelerden her defasında üç hücre çıkar. Yumurtalık tüpü içerisinde ilerleyen hücrelerden birincisi gerçek yumurta hücresine, ikincisi besleyici hücreye ve sonuncusu da follikül hücrelere dönüşür (Dadant 1999, Dearden 2006). Yumurta hücreleri bitişiğinde bulunan besleyici hücreler içerdikleri besin maddelerinin düzenli olarak yumurta hücresine transferi sonucu küçülürken yumurta hücresi gelişmesine devam

eder (Dearden 2006). Yumurta hücreleri geliştikçe yumurta tüpleri de enine gelişir. Yumurta tam olgunlaşmaya başlayınca besleyici hücrelerde kalan gıda maddesi yumurta içerisine alınır (Free 1982). Olgunlaşmış yumurtada folikül hücreleri ile kaplı olmayan uç (micropyl) açık kalır (Dadant 1999). Yumurta kabuğu veya corion, yumurta hücresi gerçek iriliğini aldığı ve yumurta tüplerinden lateral oviduct içerisine geçeceği esnada teşekkül

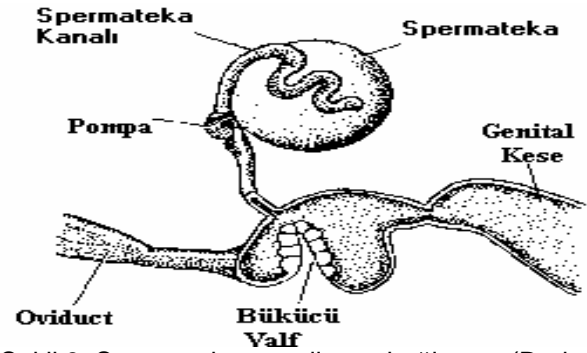
## ARI BİLİMİ / BEE SCIENCE

eder (Dearden ve ark. 2003). Yumurtanın doğrucu hücreden salınmasından ilk yumurta kabuğu hücrelerinin tamamlanmasına kadar yaklaşık olarak iki gün geçer (Dadant 1999, Free 1982). Lateral oviducta girerken 0.39–0.42 mm arasında olan yumurta çapı median oviduct'un 0.33–0.34 mm çapında olması ve kaslı yapısından dolayı genişleyememesi nedeniyle yumurta median oviducttan çıktığında şekli daha ince uzun bir yapı kazanır ve bundan sonra vajinaya geçerek döllenmeye ve yumurtlanmaya hazır hale gelir (Dearden 2006, Öder 2006).

Yumurtalar bu ana kadar henüz döllenmemiştir ve bu şekilde petek gözlerine bırakılırlarsa bu yumurtalardan yalnızca erkek arılar oluşurlar (Taber 1980, Dearden ve ark.. 2003). Bu şekilde döllenmeden olgunlaşan yumurta çekirdeği 16 kromozomludur (Page 1980, Landim ve ark. 2002,). Erkek cinsiyet hücrelerinin meydana gelişinde indirgemeli (redüksiyon) bölünme yoktur. Tüm spermatazoolar tamamen erkek arı ile aynı genlere sahiptirler (klon). Bunun için erkek arının spermatozoası milyonlarca defa çoğaltılmış ana arının özel gametini ifade eder. Yumurta tüpünden salınan yumurtanın erkek arı olmasına karar verilmişse, bu yumurta için sperm kesesinden (spermateka) sperm salınmaz ve böylece döllenemeyen yumurtalar gelişerek erkek arıyı meydana getirirler (partenogenez, Taber 1980, Dadant 1999).

İşçi ve kraliçe arıları meydana getirecek yumurtalar yan yumurta kanalından (lateral oviduct) geçerken çiftleşme sırasında erkek arılardan alınan ve sperm kesesinde depolanan spermatazoadan 5-6 tanesi yumurtayı dölemek üzere serbest bırakılır ve bu spermatazoa vajinada yumurta ile birleşirler (Rinderer 1986) (Şekil 3). Yumurtaları döleyecek olan spermatazoa kraliçe arının çiftleşme uçuşunda çok sayıda erkek arıdan alarak önce yan ve orta yumurta kanalı sonra da sperm kesesinde karıştırarak (Page 1986), değişik antioksidant enzimler (catalase, glutathione-S-transferase (GST), ve Superoxide dismutase (SOD1)) sayesinde yaşamı boyunca canlı olarak koruduğu erkek üreme hücreleri olan spermelerdir (Koeniger 1986, Collin ve ark. 2004, Collins 2005). Çok sayıda erkek arıdan alınan spermatazoa karışık olarak alabildiği kadarı sperm kesesine doldurulur ve arta kalanı dışarı atılır. Schlüns et al. (2004) Sperm kesesindeki spermelerin kullanımında ilk veya son çiftleşilen erkek arıdan alınmış olmasının önemli olmadığını ancak alınan sperm miktarının

önemli olduğunu, Haberl ve Tautz (1998), Haberl ve Moritz (1994) ve Schlüns ve ark. (2004) ise sperm kesesinde karışık olarak bulunan spermatozoanın vajinadan geçmekte olan yumurtaları dölemek için karışık olarak (rastgele) gönderildiklerini bildirmişlerdir. Çok sayıda erkek arıdan alınan spermatazoanın karışık olarak kullanılmasının sonucu olarak bir arı kolonisinde aynı anda farklı akrabalık derecelerine sahip (ana bir baba farklı) alt gruplar bulunur ve bunlar süper kız kardeşler, tam kız kardeşler ve yarım kız kardeşler şeklinde isimlendirilirler (Rinderer ve ark. 1980). Franck ve ark. 1999) kolonideki alt grup sayısının her zaman aynı olmadığını bunda ise sperm kesesindeki spermelerin kullanımının etkili olduğunu bildirmektedir.



Şekil 3: Spermateka ve vajinaya bağlantısı (Dadant, 1999)

Yine benzer olarak Page (1980), Moritz ve Soutwick (1992) kraliçe arının çiftleşme uçuşunda çok sayıda erkek arıdan aldıkları spermeleri sperm keselerinde karışık olarak depoladıkları ve yumurtayı dölemek üzere yine karışık olarak kullandıklarından kolonide farklı alt grupların olduğunu, aynı alt gruplardaki bireylerin genetik yapı olarak birbirlerine daha yakın olduklarını bildirmektedirler. Spermatazoadan bir veya bir kaç yumurtanın üst geniş ucunda yumurta sitoplazması tarafından meydana getirilmiş olan micropilden yumurta içerisine girer. Aktif ve hareketli olan spermatazoanın yumurta içerisine girme ve yumurta pronükleusu ile birleşme şansı daha yüksektir (Laidlaw ve Page 1997). Spermatazoa yumurta içerisine girdikten sonra değişikliğe uğrayarak kuyruk kısmı kaybolur, baş kısmı genişleyerek çekirdek görünümünü alır (Laidlaw ve Page 1997). Bu olay meydana gelirken diğer taraftan da mitoz bölünmesi tamamlanır (Laidlaw ve Page 1997). Dışının pronükleusu yumurta içerisine

## ARI BİLİMİ / BEE SCIENCE

harekete başlar. Pronükleus esas kromozom sayısının yarısına (16) sahip olup karşılaştığı spermatazoa çekirdeği ile birleşerek döllenme meydana gelir (Taber 1980, Free 1982, Dadant 1999). Böylece dişi bir birey meydana getirecek arı embriyosunun (zigot) gelişmesi başlamış olur (Laidlaw ve Page 1997). Döllenmiş yumurta içerisindeki sitoplazma ve besleyici materyal yumurta tüplerindeki besleyici hücrelerden gelmektedir (Gould 1995, Dadant 1999). Erkek ve dişi gametlerin her biri 16 kromozoma sahiptir. Bunların birleşmesiyle kromozom sayısı zigotta 32'ye yükselir. Döllenmiş yumurtadan meydana gelen işçi ve kraliçe arılar diploid yapıya sahip olup 32 kromozom taşırlar (Taber 1980, Demirsoy 1992, Dearden ve al. 2003).

Döllenme meydana geldikten sonra çekirdek bölünmeye başlar. Hücre çekirdeğinin bölünmesiyle meydana gelen her bir hücre az miktarda sitoplazma ile çevrilir. Bu döllenmiş hücrelerden her biri besleyici materyal deutoplasmanın ortasına dağılırlar. Bunların birçoğu geçici hücre zarı olan blastodermi oluşturmak üzere yumurtanın dış yüzüne göç ederler (Free, 1982, Dadant 1999).

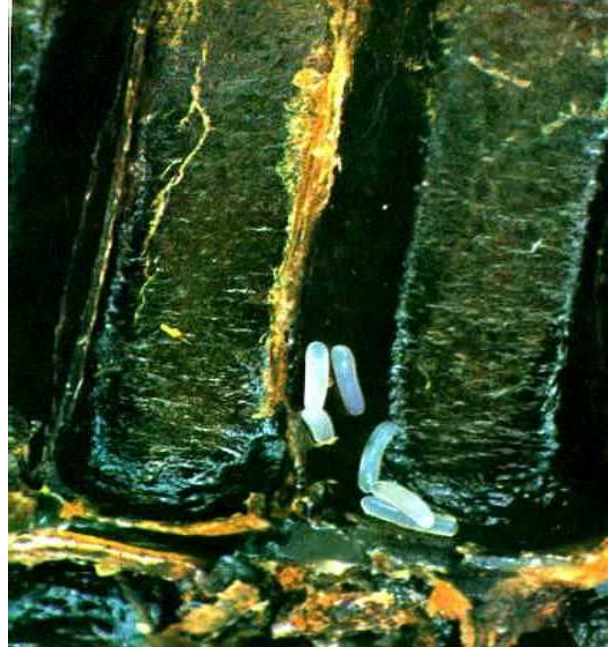
### Yumurtlama

Başarılı bir çiftleşme uçuşu sonucunda yeterli sayıda erkek arı ile çiftleşen ve erkek arılardan almış olduğu spermleri sperm kesesine depolayan kraliçe arı iki üç gün içerisinde petek gözlerine yumurta koymaya başlayabilir (Taber 1980, Kaftanoğlu et al. 2000). Kryger ve Moritz (1997) kraliçe arının yumurtlamaya başlamadan önce genellikle onun üzerinde erkek arı ile çiftleştiğini ve yumurtlamaya başladıktan sonra bir daha kesinlikle çiftleşme uçuşuna çıkmadığını bildirmişlerdir. Petek gözler içerisinde konan her yumurta ince ucuyla yapıştırıcı bir madde ile göz tabanına dikine tutturulur (Genç 2000, Gould 1995). Petek gözü içerisine bırakılan yumurtalar ilk gün dik, ikinci gün eğik ve üçüncü gün göz tabanına yatmış olarak dururlar (Şekil 4a). Çiftleşmemiş, yaşlı veya sağlıklı olmayan kraliçe arılar ile yalancı kraliçe arılar (işçi arılar) hem bir göze birden fazla yumurta bırakırlar hem de yumurtayı gözün tabanına mükemmel bir şekilde yerleştiremezler çünkü yalancı kraliçeler işçi arılardan gelişirler ve abdomenleri daha kısa olduğundan yumurta yerleştirme işlemini mükemmel yapamazlar, yumurtlamaya yeni başlayanlar ve yaşlı olan kraliçe arılar ise ovarioollerden yumurta salınımını tam olarak kontrol edemediklerinden düzgün ve düzenli yumurta

birakamayabilirler (Dadant 1999, Dearden et al. 2003) (Şekil 4b).



Şekil 4a: Normal kraliçe arı



Şekil 4b: Yalancılaşmış kraliçe arı yumurtası (Foto: Kaftanoğlu)

Kraliçe arı yumurtlamadan önce başını petek gözlerinin içerisine sokar gözlerin temizliğini kontrol eder, gözlerin temiz olduğuna karar verdikten sonra ön ayaklarıyla gözlerinin çapını ölçer ve bırakacağı yumurtanın döllenmiş veya döllenmemiş olacağına karar verir (Taber 1980, Öder 2006). Kraliçe arının petek gözlerine bıraktığı yumurtanın döllenmiş veya dölsüz olmasında işçi arıların da önemli rolleri



## ARI BİLİMİ / BEE SCIENCE

vardır (Winston 1987). Peter ve ark. (2000). Bırakılan yumurtaların dömlü veya dölsüz olmasında işçi arıların önemli rolleri olduğunu, yaptıkları petek gözü şekli ile bu işte etkili olduklarını, bu durumda ise arı ırkları arasında önemli farklılıkların olabileceğini bildirmektedirler. Ratnieks ve Keller (1998) yaptıkları çalışmada işçi arı gözlerinden aldıkları yumurtaların tamamının (169 adet) diploid yapıda (dömlü), erkek arı gözlerinden alınan yumurtalarında tamamının (129 adet) haploid (dölsüz) olduğunu, kraliçe arıların işçi arı gözlerine dömlü, erkek arı gözlerine dölsüz yumurta bıraktıklarını bundan dolayı bırakılan yumurtanın dömlü veya dölsüz olmasında göz şeklinin ve bununla birlikte sezonun, genotipin ve kraliçe arı yaşının etkili olduğunu bildirmişlerdir. Yumurta bırakılacak gözün çapı yaklaşık 4.5–5 mm (işçi gözü) veya 8.5–9 mm (kraliçe arı gözü) ise dömlü, bunların ikisinin arasında bir büyüklükte (yaklaşık 6.5 mm (erkek)) ise dölsüz yumurta bırakmaya karar verilir ve bu karardan sonra abdomen göz içerisine sokularak göz tabanına yumurta bırakılır (Free 1982). Kraliçe arılar kendi kız kardeşleri ile kavga etme özelliğinde canlılar olup gözden ilk çıkan kraliçe arı gözden çıkacak olanları imha eder, çıkanlarla ise kavga eder ve kolonide tek bir kraliçe arı kalıncaya kadar bu kavga devam eder. Bu nedenle oğul verecek koloni dışındaki kolonilerde sadece bir kraliçe arı bulunur (Pflugfelder and Koeniger 2003).



Şekil 5a: Petek gözlerin kontrolü (Foto: Kaftanoğlu)



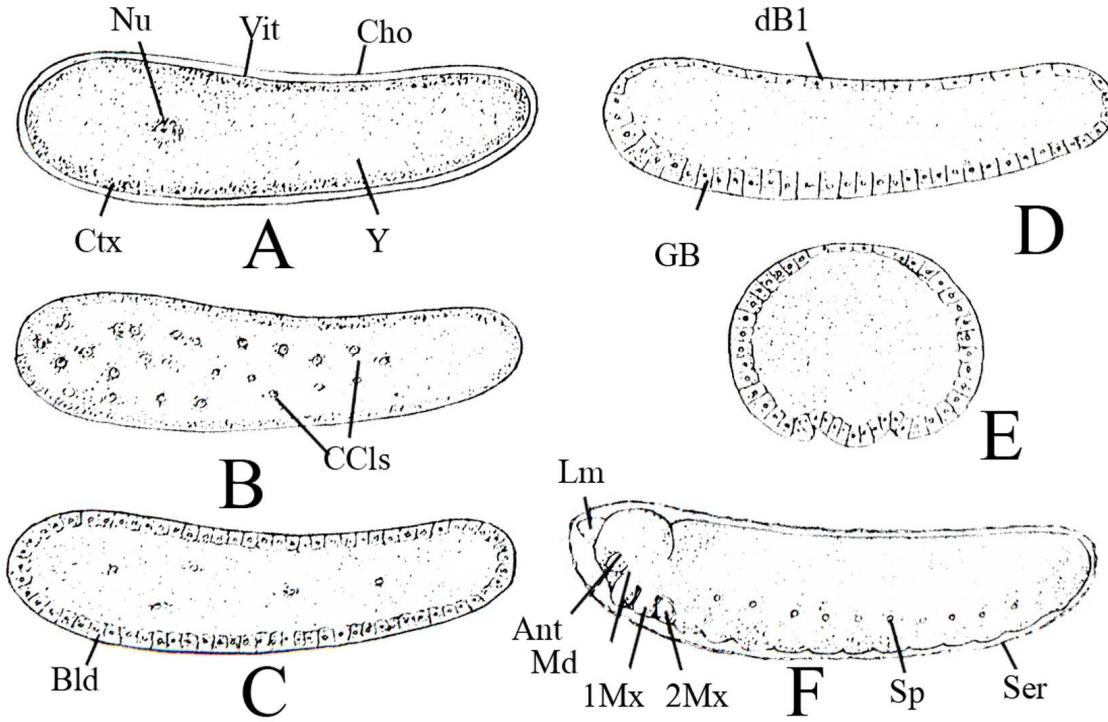
Şekil 5b: Petek gözüne yumurta bırakılması (Foto: Kaftanoğlu)

Kolonide üretilen yumurta miktarı koloni gücüne, kovan sıcaklığına, hazırlanan temiz petek gözü sayısına, kraliçe arılara verilen besin kalitesi ve miktarı ile arının genetik yapısına bağlı olarak değişir (Genç 2000). Bazı kraliçe arılar çiftleşmeden döndükten sonra yumurtlamaya başladıkları ilk günlerde düzensiz ve bir göze birden fazla yumurta bırakırlar. Ancak birkaç gün sonra düzensizlik ortadan kalkarak kolonilerdeki diğer şartlar da uygunsa kraliçe arı yumurtlama kapasitesinin en üst düzeyine ulaşır (Öder 2006). Bir kraliçe arı normal şartlarda yılda ortalama 200 bin yumurta bırakır (Winston 1992).

### Yumurtanın Şekil ve Yapısı

Bal arısı yumurtası beyaz renkte olup silindirik şeklindedir. Üst ucu alt ucuna göre oldukça genişlemiştir. Her iki ucu da hafifçe yuvarlak ve kavislidir. Uzunluğu yaklaşık 1.5–1.6 mm civarında, tepesi yaklaşık 1/3 mm çapındadır (Free 1982, Dadant 1999, Dearden 2006). Yaklaşık 0,13 mg ağırlığında olan yumurtalar alt uca doğru hafifçe inceliyor (Şekil 6). Yaklaşık 1600–1700 yumurtanın ağırlığı bir kraliçe arının ağırlığı kadar olup genç, sağlıklı ve güçlü bir kolonideki kraliçe arı bu sayıdaki yumurtayı bir günde bırakabilir.

## ARI BİLİMİ / BEE SCIENCE



Şekil 6: Bal arılarında yumurtanın yapısı ( Dadant 1999)

A: Korion içinde yumurtanın uzunlamasına kesiti, Nu: Nucleus (Çekirdek), Cho: korion (yumurta kabuğu); Vit: Vitellus zarı; Y: Besleyici hücreler (deutoplazm), Ctx: Persiplasm

B- Hücre çekirdeğinin bölünmesi sonucu meydana gelen hücrelerin deutoplazm içindeki dağılımı ve korteks'e göçleri CCl's: Bölünmüş hücreler

C- Kortekste bölünmüş hücreler tarafından blastodermi teşkil eden Bld.: Blastoderm.

D- Blastoderm teşkil ve ince sırt blastodermine (dBl) dönüşmesi.

E- Yumurtanın dikey kesiti

F- Genç embriyo: Lm: labrum, Ant: Anten, Md: Mandibula, 1Mx: I. Maxilla 2Mx: II. Maxilla Sp: Havadeliği (stigma) Ser: Seroza

### Embriyonun Gelişmesi

Yumurta hücresinin spermatozoa ile döllenmesi ile meydana gelen embriyonun larva aşamasına kadar olan embriyonik gelişme safhaları şu şekilde özetlenebilir.

Hücre bölünmesi 14–16 saatte tamamlanır ve 30–35'inci saatler arasında blastoderm meydana gelir. Mezoderm ve mesenteron rudimentleri ile embriyo zarı 42–48. saatlerde tamamlanır ve bu devrede solunum sistemi ve diğer bazı farklılaşmalarda görülmeye başlar (Gould 1995, Dadant 1999). Stomodeal ve proktodeal kılıflar ile sinirsel kanalın gelişmesi 66. saate kadar tamamlanır ve yumurta

dönemindeki tüm gelişmeler 76. saatten sonra tamamlanmış olur. Kraliçe arı tarafından petek göz tabanına yapıştırılan yumurtalarda üç günlük süre içerisinde; yumurtaların dış kısmında fiziksel konum haricinde bir değişiklik olmaz iken iç kısımda embriyo gelişimi devam eder. Embriyo gelişimi tamamlanan yumurtanın kabuğu çatlayarak larvalar oluşur. Kolonideki tüm bireyleri oluşturacak yumurtaların larva haline gelme süreleri eşit olup yaklaşık üç gün veya 76 saattir (Dadant 1999). Bu aşamadan sonra larva, prepupa ve daha sonra pupa olarak gelişmeye devam edip ergin bireyleri meydana getirirler.

### KAYNAKLAR

- Beye M, Hasselmann M, Fondrik MK, Page R.E., Omholt SW 2003. The gene *csd* is the primary signal for sexual development in the honeybee and encodes an SR-type protein. *Cell* 114:419–429
- Benjamin P. Oldroyd and Katherine E. Osborne 2006. *The evolution of worker sterility in honeybees: the genetics basis of failure of worker policing*. School of Biological sciences A12, Uni. of Sydney, Sydney, New South Wales, Australia.
- Caroline G. Martin, Benjamin P. Oldroyd, Madeleine Beekman, 2004. Differential reproductive success among subfamilies in queenless honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies. *Behav Ecol Sociobiol* (2004) 56: 42–49
- Collins, A.M. 2005. Sperm storage in *Apis mellifera*, proteomics, genomics and technology, BRL, USDA, ARS, 10300 Baltimore Ave., Bldg 476, Beltsville, MD
- Collin, A.M., Williams, V., Evans, J.D. 2004. Sperm Storage and antioxidative enzyme expression in the honeybee, *Apis mellifera*. *Insect Molecular Biology*, 13(2): 141–146.
- Cook JM 1993 Sex determination in the *Hymenoptera*: a review of models and evidence. *Heredity* 71: 421–435.
- Landim, C.C., Reginato, R.D., Morelli, R.L., de Moraes, S., Cavalcante, V.M. 2002. Cell nucleus activity during post-embryonic development of *Apis mellifera* L. (*Hymenoptera:Apidae*). Intranuclear acid phosphatase, *Genet. Mol. Res.* 1 (2): 131–138.
- Doğaroğlu, M. 1999. *Modern Arıcılık Teknikleri*. T.Ü.T. Zir. Fak. 59030. TEKİRDAĞ.
- Demirsoy, A. 1992. *Yaşamın Temel Kuralları* (Entomoloji) Cilt II, Kısım II Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü.
- Dadant @ Sons Inc. 1999. *The Hive and the Honey Bee*. IV. Press.
- Dearden, P. K. 2006. Germ cell Development in the Honeybee (*Apis mellifera*) *Vasa* and *Nanos* expression. *BMC Development Biology*, 6:6. doi:10.1186/1471-213X-6-6.
- Dearden P.K., Grbic M., Donly C. 2003. *Vasa* expression and Germ Cell Specification in the Spider mite *Tetranychus urticae*, *Dev. Genes Evol.* 212, 599–603.
- Franck P., H. Coussy, Y. Le Conte, M. Solignac, L. Garnery and J.-M. Cornue. 1999. Microsatellite analysis of sperm admixture in honeybee. *Insect Molecular Biology* (1999) 8(3), 419–421
- Free, J.B. 1982. *Honeybee Biology*, Central Association of Bee-keepers' Publications.
- Genç, F. 2000. *Arıcılığın Temel Esasları*, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları no:149.
- Gould, J.L. 1995. *The Honey Bee*, Scientific American Library A Division of HPHLP, New York.
- Haberl, M., Moritz, R.F.A. 1994. Estimation of intracolony worker relationship in a honey bee colony (*Apis mellifera* L.) using DNA fingerprinting. *Insectes Sociaux*, 41(3) 263–272.
- Haberl, M, Tautz, D. 1998. Sperm usage in honey bees. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 42(4): 247–255.
- Harbo, J.R., Rinderer, T.E. 1980. *Breeding and Genetics of Honeybees*, revised from *Beekeeping in the United States Agriculture Handbook*, number 335.
- Kaftanoğlu, O., Akyol, E., Yeninar, H. 2000. The effects of juvenile hormone analog on the development time and the quality of queen honeybees (*Apis mellifera* L.). II. Intern. Conf. on Africanized Honeybees and Bee Mites. 10–12 April 2000. Arizona, USA.
- Katzav-Gozansky, T., Soroker, V., Ibarra, F., Francke, W., Hefetz, A. 2001. Dufour's gland secretion of the queen honeybee (*Apis mellifera*): an egg discriminator pheromone or a queen signal. *Behav Ecol Sociobiol* (2001) 51: 76–86
- Koeniger, G. 1986. Reproduction and mating behavior. In: *Bee Genetics and Breeding* (Rinderer TE, Ed.) Academic Press, Orlando, pp. 255–280.
- Kryger, P. & Moritz RFA (1997) Lack of kin recognition in swarming honeybees (*Apis mellifera*). *Behav. Ecol. Sociobiol.* 40: 271–276.
- Laidlaw, H.H., Page, R.E. 1997. *Queen Rearing and Bee Breeding*, University of California, Davis.
- Martin, S.J., Châline, N., Oldroyd, B.P., Jones, G.R., Ratnieks, F.L.W. 2004. Egg marking pheromones of anarchistic worker honeybees (*Apis mellifera*) *Behavioral Ecology* Vol. 15 No. 5: 839–844.
- Moritz, R.F.A., Southwick, E.E. 1992. *Bees as superorganisms*. Berlin, Springer Verlag.
- Neumann, P., Hepburn, H.R., Randolf, S.E. 2000. Modes of worker reproduction, reproductive dominance and brood cell construction in



## ARI BİLİMİ / BEE SCIENCE

- queenless honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies. *Apidologie* 31: 479–486.
- Öder, E., 2006. Uygulamalı Arıcılık, Meta Basım Matbaacılık Hiz. Bornova/İzmir
- Page R.E. 1980 The evolution of multiple mating behaviour by honey bee queens (*Apis mellifera* L.). *Genetics* 96: 263–273
- Page, R.E., 1986. Sperm utilization in social insects. *Ann. Rev. Entomol.* 31: 297–320.
- Pflugfelder J & Koeniger N. 2003 Fight between virgin queens (*Apis mellifera*) is initiated by contact to the dorsal abdominal surface. *Apidologie* 34: 249–256.
- Ratnieks, F.L.W., Keller, L. 1998. Queen control of egg fertilization in the honey bee. *Behav Ecol Sociobiol* 44: 57–61
- Schlüns, H., Koeniger, G., Koeniger, N., Moritz, R., 2004. Sperm utilization pattern in honey bee (*Apis mellifera*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 56(5): 458–463.
- Taber, S. 1980. Bee Behavior, revised from Beekeeping in the United States Agriculture Handbook, number 335.
- Winston ML (1987) *The Biology of the Honey Bee*. Harvard University Press, Cambridge. Graham) pp. 73–101. Hamilton: Dadant and Sons.
- Wossler TC, Crewe RM (1999a) Honeybee queen tergal gland secretion affects ovarian development in caged workers. *Apidologie* 30: 311–320

### ABSTRACT

This review aims to survey what is known and the relatively recent studies on formation and fertilization of the egg, and its development stages from embryo to larva in one of the most advanced social insects (Winston 1987, Moritz and Southwick 1992), the honey bee.

The eggs are produced by the mother cells in the narrow end of the each tube of the ovaries. These eggs receive nutrients from the nurse cells during their development and travel in the egg tubules. Egg development takes approximately two days. The full-grown eggs absorb the nurse cell in the lower end of the tubules and the eggshell is formed. The mature eggs pass into the lateral oviduct and median oviduct. Then, they are discharged through the genital exit passage or vagina and are laid in the comb cells that were cleaned and prepared by the worker bees. Queens check cells before egg laying for cleaning and size. If eggs are fertilized while passing through the vagina they develop into female bees (queens or workers); those that are unfertilized become males or drones. After three days of embryonic development, these eggs laid in the comb cells turn into larvae that would develop into pupae and lastly, adult bees. Even though there are excellent reviews on the status quo, the new questions are not well represented in these reviews (e.g. Harbo and Rinderer, 1980, Koeniger 1986).

Subjects where relatively recent information and questions are available follow:

*Gene expression during germ cell development* is a question that could only recently be answered (e.g. Dearden et al. 2003, 2006). Similarly, it is well known that only fertilized eggs develop into females, but the sex genes have been characterized only recently (see Beye et al. 2003). Since 1980s we know the importance of presence of multiple subfamilies in the honey bee colony (e.g. Page 1980), however, only recently do we see implication on worker reproduction. Worker reproduction is prevented by an elaborate mechanism including egg marker pheromones (e.g. Katzav-Gozansky et al. 2001, Martin et al. 2004) and worker policing (Oldroyd et al. 1991).

*Colony genetics and worker reproduction* is of interest both to understand genetic variability in honey bee colonies and to examine impact of this variability on worker reproduction. Better assessment of genetic variation in colonies (e.g. Haberl and Moritz 1994) and even inside the spermatheca of the queen (e.g. Franck et al. 1999) have been the note-worthy improvements in this field. Another research frontier is to understand the order within chaos of queenless worker colonies (e.g. Neumann et al. 2000).

*Post-Embryonic development* is the area where genetic and hormonal factors in development are being studied. The role of juvenile hormone in queen post-embryonic development has recently been re-visited for queens (Kaftanoglu et al. 2000). Cruz et al. (2002) examined changes in nuclear activity during post-embryonic development.

Understanding egg production, fertilization, sex determination, and embryonic development could be important both for research on genetics and manipulation of the genome and for agricultural applications.

Worker reproduction or laying workers, male production and queen production could be important for productivity, disease control by biological methods, and colony survival. This study compiled a survey of knowledge base and entry points to current literature on honey bee reproduction.

**Key Words:** Egg, fertilization, ovary, embryo.