

ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BAL ARISI (*Apis mellifera* L.) ERKEK ARILARININ ÜREME ÖZELLİKLERİNDE  
YAŞA BAĞLI DEĞİŞİM

Siamak HAMEDNIA

ZOOTEKNİ ANABİLİM DALI

ANKARA  
2012

Her hakkı saklıdır.

## TEZ ONAYI

Siamak HAMEDNIA tarafından hazırlanan “Bal Arısı (*Apis mellifera* L.) Erkek Arılarının Üreme Özelliklerinde Yaşa Bağlı Değişim” adlı tez çalışması 21/12/2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootekni Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Prof. Dr. H. Vasfi GENÇER

**Jüri Üyeleri** :

**Başkan:** *Prof. Dr. A. Çetin FIRATLI*

*Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü*

**Üye:** *Prof. Dr. Mete KARACAOĞLU*

*Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü*

**Üye:** *Prof. Dr. H. Vasfi GENÇER*

*Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü*

**Yukarıdaki sonucu onaylarım.**

**Prof. Dr. Özer KOLSARICI**

**Enstitü Müdürü**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### BAL ARISI (*Apis mellifera* L.) ERKEK ARILARININ ÜREME ÖZELLİKLERİNDE YAŞA BAĞLI DEĞİŞİM

Siamak HAMEDNIA

Ankara Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Zootečni Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. H. Vasfı GENÇER

Erkek arı üreme organlarının ağırlık ve boyutlarının yaşa bağlı değişimi üzerine fazla bilgi bulunmamaktadır. Diğer yandan, yaşlanmanın erkek arılarda sperm sayısını ve sperm canlılığını etkileyip etkilemediği üzerine bildirişler tartışmalıdır. Bu çalışma; (1) cinsel olgunlaşma sırasında ve sonrasında erkek arıların üreme organlarının ağırlık ve boyutlarında meydana gelen değişiklikleri belirlemek ve (2) sperm sayısı ve sperm canlılığında yaşa bağlı bir değişiklik olup olmadığı sorusuna yanıt bulmak amacıyla yürütülmüştür.

Kafkas ırkından (*A. m. caucasica*) güçlü 3 koloni erkek arı yetiştirmek için düzenlenmiştir. Yetiştirilen erkek arılar ergin çıkışlarında markalanmış ve kolonilerine geri verilmişlerdir. Erkek arılar 0, 3, 6, 9, 12, 18, 30 ve 40 günlük yaşlara ulaştıklarında testisler, seminal keseler ve mukus bezlerinin ağırlık ve boyutlarını ölçmek için disekte edilmişlerdir. On iki, 18, 30 ve 40 günlük yaştaki erkek arıların seminal keselerinde sperm sayısı ve sperm canlılığı saptanmıştır.

Farklı yaşlardaki erkek arıların testislerinin ( $P < 0.01$ ) ağırlık ve uzunluklarında, seminal keselerinin ( $P < 0.01$ ) ve mukus bezlerinin ( $P < 0.01$ ) ağırlık, uzunluk ve alanlarında önemli farklılıklar saptanmıştır. Testislerin ağırlığı ergin çıkıştan 9. güne kadar belirgin şekilde azalırken, 12 günlük yaştan 40 günlük yaşa kadar önemli bir azalma olmamıştır. Seminal keselerin ağırlık ve uzunluğu ergin çıkıştan 6 günlük yaşa kadar artmıştır. Altı ile 18 günlük yaş arasında seminal keselerin ağırlık ve uzunluğu dereceli olarak azalmıştır. Mukus bezlerinin ağırlık ve uzunluğu ergin çıkıştan 9 günlük yaşa kadar artmış, 9 ile 30 günlük yaş arasında ise dereceli olarak azalmıştır. Sperm sayısı (ortalama = 10.8 milyon) ve sperm canlılığı (ortalama = %98.3) bakımından erkek arı yaş grupları arasında önemli bir farklılık saptanmamıştır ( $P > 0.05$ ).

Sonuç olarak, seminal keselerin ağırlığı ve mukus bezlerinin ağırlık ve boyutu sadece cinsel olgunlaşma sürecinde değil, cinsel olgunlaşma sonrasında da değişmektedir. Sperm sayısı ve canlılığı ise erkek arıların yaşlanmasına bağlı olarak değişmemektedir.

**Aralık 2012, 60 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** erkek arı, sperm sayısı, sperm canlılığı, testis, seminal kese, mukus bezi

## ABSTRACT

Master Thesis

### THE AGE DEPENDENT VARIATION IN REPRODUCTIVE TRAITS OF HONEY BEE (*Apis mellifera* L.) DRONES

Siamak HAMEDNIA

Ankara University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Animal Science

Supervisor: Prof. Dr. H. Vasfi GENÇER

There is not much information on the age dependent variation in reproductive organs of drones in terms of weight and size. On the other hand, the reports on whether the aging affects the sperm number and viability in drones are controversial. This study was conducted (1) to determine the variation in weights and sizes of reproductive organs of drones during and after sexual maturation periods and (2) to answer the question whether the number and viability of sperm in drones change with age.

Three full-strength Caucasian honeybee colonies (*A. m. caucasica*) were arranged for drone production. The drones at emergence were individually marked with paint marker and then introduced into their colonies for future measurements. The drones were dissected for the weight and size measurements of testes, seminal vesicles and mucus glands when they were 0, 3, 6, 9, 12, 18, 30 and 40 days old. The number and viability of sperm in seminal vesicles of drones were determined at the age of 12, 18, 30 and 40 days.

There were significant differences in weight and length of testes ( $P < 0.01$ ), weight, length and area of seminal vesicles ( $P < 0.01$ ) and mucus glands ( $P < 0.01$ ) of drones at different ages. The weight of testes decreased noticeably from emergence through 9th day, whereas any significant decrease did not happen at period between 12 and 40 days. The weight and length of seminal vesicles increased from emergence through 6th day. A gradual decrease in the weight and length of seminal vesicles also happened during the period between 6th and 18th days. Mucus glands gained weight and length from emergence through 9th day. The weight and length of mucus glands decreased gradually during the period between 9th and 30th days. There were no significant differences in number (mean = 10.8 million) and viability (mean = 98.3%) of sperm between drone age groups ( $P > 0.05$ ).

In conclusion, the weight of seminal vesicles and the weight and size of mucus glands change not only during sexual maturation period but also after sexual maturation. The number and viability of sperm did not change significantly with increasing age of drones.

**December 2012, 60 pages**

**Key Words:** drone, sperm number, sperm viability, testis, seminal vesicle, mucus gland

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim süresince beni en iyi şekilde yönlendiren, tezin kurgulanmasından tamamlanmasına kadar her aşamasında emeği bulunan değerli danışman hocam Prof. Dr. H. Vasfi GENÇER'e (AÜ Zootekni Anabilim Dalı), tez çalışmasında bana eşlik ederek önemli katkı sağlayan Araş. Gör. Yasin KAHYA'ya (AÜ Zootekni Anabilim Dalı), değerli jüri üyeleri Prof. Dr. Çetin FIRATLI (AÜ Zootekni Anabilim Dalı) ve Prof. Dr. Mete KARACAOĞLU'na (ADÜ Zootekni Anabilim Dalı) ve beni destekleyen aileme teşekkür ederim.

**Siamak HAMEDNIA**  
**Ankara, Aralık 2012**

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	vii
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ .....	4
2.1 Kolonilerde Erkek Arıların Üretilmesi .....	4
2.2 Erkek Arı Üreme Organları .....	7
2.3 Bal Arısı Semeninin Biyokimyasal Özellikleri .....	9
2.4 Sperm Morfolojisi ve Ultrastrüktürü .....	11
2.5 Erkek Arılarda Semen Üretimini Etkileyen Faktörler .....	13
2.6 Sperm Doğal Muhafazası .....	16
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	18
3.1 Materyal .....	18
3.2 Yöntem .....	19
3.2.1 Erkek arı yetiştirme .....	19
3.2.2 Erkek arıların üreme özelliklerinin belirlenmesi .....	23
3.2.2.1 Erkek arıların diseksiyonu .....	23
3.2.2.2 Erkek arıların üreme organlarının ağırlık ve boyutlarının belirlenmesi .....	24
3.2.2.3 Sperm sayısı ve sperm canlılığının belirlenmesi .....	27
3.2.3 İstatistik analizler .....	32
4. ARAŞTIRMA BULGULARI .....	33
4.1 Erkek Arıların Canlı Ağırlıkları .....	33
4.2 Üreme Organlarının Ağırlık ve Boyutları .....	34
4.2.1 Testislerin ağırlığı .....	34
4.2.2 Testis uzunluğu .....	35
4.2.3 Seminal keselerin ağırlığı .....	36
4.2.4 Seminal kese uzunluğu .....	37
4.2.5 Seminal kese alanı .....	38
4.2.6 Mukus bezlerinin ağırlığı .....	39
4.2.7 Mukus bezi uzunluğu .....	40
4.2.8 Mukus bezi alanı .....	41
4.3 Sperm Özellikleri .....	42
4.3.1 Sperm sayısı .....	42
4.3.2 Sperm canlılığı .....	42
4.4 Özellikler arası ilişkiler .....	43
5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....	45
KAYNAKLAR .....	53
ÖZGEÇMİŞ .....	60

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Kabartılmış erkek arı peteği yerleştirilerek koloni ana arısının içine salıverildiği ana arı ızgaralı plastik kafes .....	20
Şekil 3.2 Erkek arı petek gözlerinden erkek arıların çıkışı .....	21
Şekil 3.3 Erkek arı markalama işlemi .....	21
Şekil 3.4 Kolonilerine verilmeyi bekleyen markalanmış erkek arılar.....	22
Şekil 3.5 Markalanmış erkek arıların kolonilerine salıverilmeleri.....	22
Şekil 3.6 Erkek arının diseksiyona hazırlanması .....	25
Şekil 3.7 Seminal keseler ve mukus bezlerinin abdomenden çıkartılması .....	25
Şekil 3.8 Stereo-mikroskop (Leica, Z16 Apo) ve görüntüleme-analiz sistemi.....	26
Şekil 3.9 Seminal kese ve mukus bezi uzunluğunun ölçümünü gösteren görüntü analiz programı (LAS) arayüzü.....	26
Şekil 3.10 Seminal kese ve mukus bezi alanı ölçümünü gösteren görüntü analiz programı (LAS) arayüzü .....	27
Şekil 3.11 Sperm sayısının belirlenmesinde kullanılan spektrofotometre (Shimadzu, UV1800).....	29
Şekil 3.12 Kuvars küvet içinde Kiev solusyonu ile homojen karıştırılmış semen örneğinin spektrofotometreye yerleştirilmesi.....	29
Şekil 3.13 Semen - solusyon karışımının su banyosunda (Nüve BM 302) inkübasyonu.....	30
Şekil 3.14 Floresan ataçmanlı araştırma mikroskobu (Leica DM3000) .....	31
Şekil 3.15 Floresan ataçmanlı araştırma mikroskobunda canlı (yeşil) ve ölü (kırmızı) spermilerin görüntüsü.....	31
Şekil 4.1 Erkek arılarda canlı ağırlığın yaşa bağlı değişimi.....	33
Şekil 4.2 Erkek arılarda testislerin ağırlığının yaşa bağlı değişimi.....	34
Şekil 4.3 Erkek arılarda testis uzunluğunun yaşa bağlı değişimi.....	35
Şekil 4.4 Erkek arılarda seminal keselerin ağırlığının yaşa bağlı değişimi .....	36
Şekil 4.5 Erkek arılarda seminal kese uzunluğunun yaşa bağlı değişimi .....	37

Şekil 4.6 Erkek arılarda seminal kese alanının yaşa bağlı değişimi .....	38
Şekil 4.7 Erkek arılarda mukus bezlerinin ağırlığının yaşa bağlı değişimi.....	39
Şekil 4.8 Erkek arılarda mukus bezi uzunluğunun yaşa bağlı değişimi.....	40
Şekil 4.9 Erkek arılarda mukus bezi alanının yaşa bağlı değişimi.....	41
Şekil 4.10 Farklı yaşlarda erkek arıların sperm sayıları ( $X 10^6$ ).....	43
Şekil 4.11 Farklı yaşlarda erkek arıların sperm canlılıkları (%) .....	43
Şekil 5.1 Erkek arı üreme organlarının yaşa bağlı değişimi .....	50
Şekil 5.2 Erkek arı üreme organlarının ağırlık (A), uzunluk (B) ve alanlarının (C) farklı yaşlarda değişimi .....	51



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1 Erkek arıların farklı yaşlarda canlı ağırlıkları (mg) .....	33
Çizelge 4.2 Farklı yaşlarda erkek arıların testislerinin ağırlıkları (mg) .....	34
Çizelge 4.3 Farklı yaşlarda erkek arıların testis uzunlukları (mm) .....	35
Çizelge 4.4 Farklı yaşlarda erkek arıların seminal keselerinin ağırlıkları (mg) .....	36
Çizelge 4.5 Farklı yaşlarda erkek arıların seminal kese uzunlukları (mm) .....	37
Çizelge 4.6 Farklı yaşlarda erkek arıların seminal kese alanları (mm <sup>2</sup> ) .....	38
Çizelge 4.7 Farklı yaşlarda erkek arıların mukus bezlerinin ağırlıkları (mg) .....	39
Çizelge 4.8 Farklı yaşlarda erkek arıların mukus bezi uzunlukları (mm) .....	40
Çizelge 4.9 Farklı yaşlarda erkek arıların mukus bezi alanları (mm <sup>2</sup> ) .....	41
Çizelge 4.10 Farklı yaşlarda erkek arıların sperm sayıları (X 10 <sup>6</sup> ) .....	42
Çizelge 4.11 Farklı yaşlarda erkek arıların sperm canlılıkları (%) .....	42
Çizelge 4.12 Canlı ağırlık ve üreme organları ağırlık ve boyut özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları .....	44

## 1. GİRİŞ

Bal arıları (*Apis*); ergin bireylerin yavru bakımı ve yuva yapımında işbirliği yapması, üremede işbölümü ve en az 2 generasyonun bir arada bulunması ile karakterize edilen gerçek sosyal (eusocial) böceklerin en tanınan üyeleridirler (Wilson 1971). Gerçek sosyal böcekler Hymenoptera (sosyal arılar, sosyal vasplar, karıncalar) ve Isoptera (termitler) takımları içinde yer alırlar. Haplo-diploid cinsiyet belirleme sistemi, ana arının çok eşliliği (poliandri), erkek eşey lehine cinsiyet oranı, ana arının açık havada çiftleşmesi, erkek arının ilk ve tek çiftleşmesinin hemen ardından ölmesi sonucu tek eşli olması (monogami), spermlerin sperm torbasında ana arının yaşamı boyunca canlı kalması, bal arılarının temel üreme özellikleri arasında yer alır (Baer 2005).

Halodiploid cinsiyet belirleme sistemi bal arısı kolonisinin genetik yapısını etkileyen önemli bir mekanizmadır. Haplo-diploid cinsiyet belirleme sistemi; döllenmiş yumurtalardan dişi kastların (ana arı ve işçi arı), döllenmemiş yumurtadan ise erkek cinsiyetin meydana gelmesi durumudur. Erkek arılar döllenmemiş yumurtalardan meydana geldikleri için haploiddirler. Tek kromozom setine sahip olan erkek arı kendisi ile genetik olarak özdeş spermler (klonlar) üretir. Bir kolonide sadece dişi döllere babalık yapan bir erkek arının tüm dişi döllere genetik katkısı aynıdır. Bu durumda ergin bir erkek arı sadece anasından aldığı genomun yaklaşık 10 milyon kopyasını (sperm) üretme ve çiftleşme sırasında genç ana arıya aktarma işlevini üstlenen reproduktif bireydir.

Bal arısı kolonisinde gözlenen diğer önemli üreme özelliği ise ana arının sadece yaşamının başlangıcında, ergin birey olarak çıktıktan birkaç gün sonra, bir ya da birkaç çiftleşme uçuşu sırasında çok sayıda erkek arı ile çiftleşmesidir. Poliandri, bazı sosyal böcekler (bazı karınca türleri, sosyal vasplar ve bal arısı türleri) dışındaki böcek türlerinde yaygın karşılaşılan bir olgu değildir. Bal arıları ana arılarının diğer sosyal böcek türlerine göre olağanüstü sayılabilecek düzeyde çok eşli olmaları, cinsel seleksiyon kuramının önemli bir unsuru olan sperm rekabeti konusunun araştırılmasında bal arılarını model organizma olarak ön plana çıkarmaktadır (Page 1986). Böceklerde yaygın olan sperm rekabeti iki ya da daha fazla erkeğe ait spermlerin dişinin sperm

depolama organına ulaşmak (inseminasyon) ve dişinin yumurtlaması sırasında yumurtaları döllemek (fertilizasyon) için yarışmasıdır (Page 1986).

Ana arının çok eşli olması ve yaşamı süresince yumurtlayabileceği döllemiş yumurta sayısından (1.0-1.6 milyon; Baer 2005) daha fazla sayıda spermi (4.4-5.5 milyon; Woyke 1962) sperm torbasında depolayabilmesi nedeniyle bal arılarında hem çiftleşme rekabeti hem de sperm rekabeti beklenen bir durumdur. Bir erkek arının üremede başarılı olması, diğer bir deyişle dölleri ile kolonide temsil edilebilmesi, ana arı ile çiftleşebilmesine (çiftleşme rekabeti) ve spermlerinin ana arının sperm torbasına ulaşabilmede ve sonrasında yumurtaları dölleyebilmede ana arı ile çiftleşen diğer erkek arıların spermleri ile yarışabilmesine (sperm rekabeti) bağlıdır. Çiftleşme ve sperm rekabeti bir kolonideki ebeveyn paternini etkilemesi, dolayısıyla koloninin kompozisyonunu belirlemesi nedeniyle sadece biyolojik açıdan değil, yetiştiricilik açısından da önem taşır.

Bal arısı kolonisi çok sayıda alt aileden oluşan bir süper ailedir. Bal arısı kolonisinin çok sayıda alt aileden oluşması, ana arının çok eşli olmasının (Taber 1954, Woyke 1955, Haberl ve Tautz 1999, Franck vd. 2000) doğal sonucudur. Bir kolonide ana arı ile çiftleşen erkek arı sayısı kadar alt ailenin olması beklenir. Batı bal arısı (*Apis mellifera* L.) ana arıları tek ya da birkaç çiftleşme uçuşu sırasında 7-17 erkek arı (ortalama 10 erkek arı) ile çiftleşirler (Woyke 1962). Çeşitli araştırmalarda tahmin edilen ortalama çiftleşme frekansları ise 6.5 (Taber 1954) ile 41.3 (Kraus vd. 2004) arasında değişmektedir. Bir bal arısı kolonisindeki hem alt aile sayısı hem de alt ailelerin genişlikleri koloni yapısını etkiler. Ana arı ile çiftleşen erkek arıların kolonide temsil edilme düzeyleri (her alt ailenin genişliği) erkek arının çiftleşme sırasında ana arıya aktardığı semen hacmi ve sperm sayısına bağlıdır (Schlüns vd. 2004).

Çok eşli canlı türlerinde sperm kalitesi sperm rekabeti açısından önem taşır. Sperm sayısı, sperm konsantrasyonu (milyon/  $\mu$ l), sperm uzunluğu ve sperm canlılığı sperm kalitesini belirleyen önemli ölçütlerdir. Bir erkek arının üreme başarısı, sahip olduğu

sperm sayısının yanı sıra sperm canlılığı, sperm konsantrasyonu gibi kimi sperm özelliklerine bağlıdır.

Erkek arıların üreme başarılarında yaşın etkisi üzerine çalışmalar yok denecek kadar azdır. Woyke ve Jasinski (1978) erkek arıların yaşı arttıkça semenin daha kıvamlı olduğunu ve yaşlı erkek arıların semeni ile yapay tohumlanan ana arıların sperm torbalarına daha az sperm ulaştığını saptamışlardır. Locke ve Peng (1993) erkek arılar yaşlandıkça sperm canlılığının azaldığını, Rhodes vd. (2011) ise sperm sayısının değiştiğini bildirmişlerdir. Erkek arılarda sperm üretimi pupa döneminde, testislerden seminal keselere spermin göçü ise cinsel olgunlaşma döneminde tamamlandığına göre cinsel olgunlaşmış erkek arıların seminal keselerinde sperm sayısının yaş ile birlikte artması beklenmez. Cinsel olgunlaşmış erkek arılar yaşlandıkça seminal keselerindeki sperm sayısının azalması ise beklenebilir. Bununla birlikte, cinsel olgunlaşmış erkek arılarda yaşlanmayla birlikte sperm sayısında değişimi kesin olarak ortaya koyan bir bulgu henüz yoktur. Diğer yandan erkek arıların üreme organlarının ağırlık ve boyut değişimi üzerine yürütülmüş çalışmalar cinsel olgunlaşma dönemi ile sınırlıdır. Hem cinsel olgunlaşma döneminde hem de cinsel olgunlaşma sonrası dönemde erkek arıların üreme organlarının ağırlık ve boyut değişiminin sık aralıklarla ölçülerek belirlendiği çalışma(lar) bulunmamaktadır. Bu çalışma; denetimli koşullar altında yetiştirilen erkek arıların ergin çıkışlarından başlayarak ileri yaşlara kadar (1) üreme organlarının (testisler, seminal keseler ve mukus bezleri) ağırlık ve boyutlarında meydana gelen değişiklikleri belirlemek ve (2) sperm özelliklerinde (sperm sayısı ve sperm canlılığı) yaşa bağlı bir değişiklik olup olmadığı sorusuna yanıt bulmak amacıyla yürütülmüştür.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1 Kolonilerde Erkek Arıların Üretilmesi

Kolonideki tüm bireyler ana arı tarafından petek gözlerinin tabanına yumurtlanan yumurtalardan oluşurlar. Tam başkalaşım geçiren böceklerde (holometabol) olduğu gibi kolonideki tüm bireylerin gelişimi de yumurta, larva, pupa ve ergin olmak üzere 4 farklı aşamada meydana gelmektedir.

Ana arı, ön bacaklarıyla petek gözü boyutunu kontrol ederek yumurtayı döllenmiş ya da döllenmemiş olarak yumurtlamaya karar vermektedir (Koeniger 1970). Ana arı; erkek arı petek gözüne yumurtlarken sperm torbasından (spermateka) sperm salınmadığı için yumurta döllenmemekte ve döllenmemiş yumurtalardan erkek arılar gelişmektedir. Döllenmemiş yumurtadan gelişen (partenogenetik) erkek arılar haploiddirler ve 16 kromozoma sahiptirler (Winston 1987).

Bir erkek arının yumurtadan ergin çıkışa kadar gelişimi 24 gün sürmektedir. Koloni içerisindeki tüm bireylerde olduğu gibi erkek arının da yumurta evresi 3 gündür. Embriyo gelişimi tamamlanınca yumurtanın kabuğu eriyerek larva açığa çıkar. Larva dönemi yaklaşık 6-7 gün sürmektedir. Erkek arı larvaları ilk 3 gün giderek azalan miktarda yavru besini, sonraki günlerde ise bal ve polen karışımı ile beslenirler. Gelişimlerinin erken dönemlerinde erkek ve işçi arı larvası diyetlerinde protein ve karbonhidratlar bakımından bir farklılığa rastlanmamıştır. Bununla birlikte işçi arı larvasının diyet kompozisyonu larvanın 84. saatinden sonra, erkek arı larvasının diyet kompozisyonu ise larvanın 108. saatinden sonra değiştirilmektedir (Brouwers 1984). Başkalaşımın gerçekleştiği prepupa ve pupa dönemleri ise yaklaşık 14-15 gün sürmektedir (Winston 1987).

Erkek arıların ergin yaşam süresi; başta mevsim olmak üzere, besin varlığı, gerçekleştirdikleri uçuş aktiviteleri ve irksal farklılıklara bağlı olarak değişmektedir. Erkek arıların yaşam sürelerinin 20 ile 40 gün arasında olduğu bildirilmektedir (Page ve

Peng 2001). Kolonilerde üreme aktivitesinin azalmasına bağlı olarak erkek arılar sonbahar mevsiminde kovan dışına sürülerek açlığa terk edilirler. Kolonideki erkek arı sayısı mevsime ve kolonideki koşullara bağlı olup, oğul mevsiminde sayı 500–2 000 arasında değişir (Winston 1987).

Ergin erkek arıların petek gözlerinden çıkışlarından sonraki 2.-3. günlerde spermler testislerden seminal keselere göç etmeye başlamaktadır. Çıkıştan sonraki 5.-6. günlerde mukus bezleri mukus ile dolmaktadır. Petek gözlerinden çıkıştan sonraki 8. günde seminal keseler sperm ile dolmakta ve testisler dejenere olarak orijinal boyutlarının ¼'üne kadar küçülmektedir. Sonraki 2.-3. gün içerisinde spermler baş kısımlarından seminal keselerin epitel dokusuna tutunarak olgunlaşmakta ve daha motil hale gelmektedirler. Diğer taraftan seminal keselerdeki epitel hücrelerin boyutları büyük ölçüde azalmaktadır (Milne 1986).

Bir bal arısı kolonisinde erkek arı üretimi; mevsim, koloni büyüklüğü, besin varlığı, kolonide bulunan ergin erkek arı sayısı ve erkek arı yavrusu miktarı, ana arının varlığı veya yokluğu gibi bazı çevre faktörlerine bağlı olarak düzenlenmektedir (Boes 2010). Koloni içerisinde bulunan erkek arı sayısı mevsime göre değişmektedir. Genellikle bir kolonideki erkek arı popülasyonu ilkbahar mevsimi boyunca artmakta, ilkbaharın sonunda veya yazın ilk günlerinde pik noktasına ulaşmaktadır. Koloni içerisinde erkek arı üretim piki işçi arı üretim piki ile çakışmakta ve mevsim boyunca çok sayıda erkek arı yetiştirilebilmektedir (Boes 2010). Söz konusu pik dönemde oğul verme faaliyetine bağlı olarak koloni içerisinde genç ana arıların yetiştirilmesi işleri de gerçekleşmektedir (Winston 1987). Erkek arı popülasyonu yaz mevsiminin sonuna doğru yavaş yavaş azalmaya başlamakta ve genellikle kış mevsiminde sıfır olmaktadır. Bir kolonide erkek arı yetiştirme faaliyeti gün uzunluğu ve sıcaklığı gibi mevsimin kendisine ait etkilerinin yanı sıra, mevsime göre değişen koloni büyüklüğü ve besin varlığı gibi çevresel faktörlere göre ayarlandığı düşünülmektedir. Benzer şekilde, erkek arı yetiştiriciliğini koloni içi mikro-iklim özellikleri de etkilemektedir (Boes 2010).

Bal arısı kolonilerinde ergin işçi arı popülasyonu yeterli genişliğe ulaşınca kadar erkek arı üretimi başlamamaktadır. Doğal olarak bir koloni içerisindeki ergin işçi arı popülasyonu oğul vermenin gerçekleşmesi ile birlikte azalmaktadır. Küçük boyutlu oğullar ile karşılaştırıldığında büyük oğulların oluşturdukları kolonilerde daha çok sayıda erkek arı petek gözü bulunmakta ve erkek arı peteklerinin yapımı daha kısa sürede tamamlanmaktadır. Bu sonuç erkek arı petek gözü üretimi üzerinde oğul boyutunun (ergin arı sayısının) güçlü bir etkisi olduğunu ortaya koymaktadır. Ek olarak 10 000'den az işçi arı içeren küçük oğulların oluşturduğu kolonilerde işçi arı sayısı belirli bir düzeye ulaşınca kadar çok az erkek arı peteği yapılmakta ya da hiç yapılmamaktadır (Boes 2010).

Erkek arı üretimi işçi arı üretiminden daha maliyetlidir. Bu nedenle koloniler erkek arı üretimini besin durumuna göre düzenlemek durumundadırlar. Seeley ve Mikheyev (2003) besin kaynaklarını sınırlandırdıkları bir çalışmada bu olguyu ortaya koymuşlardır. Besin kaynaklarının yetersiz olduğu bir adada gerçekleştirilen çalışmada ek besleme yapılan koloniler erkek arı üretimine devam etmişler, besleme yapılmayan koloniler ise erkek arı üretimini azaltmışlardır.

Bir kolonide erkek arı üretimi hali hazırda bulunan erkek arı yavrusu miktarı ile eşgüdümlü bir şekilde düzenlenmektedir. Özellikle bir koloniye erkek arı yavrusu verildiğinde koloniler erkek arı üretimini azaltmaktadırlar. Bu sonuç, koloni içerisindeki erkek arı yavrusu varlığının ilave erkek arı üretimini önlediğini göstermektedir. Böylece erkek arı üretiminin negatif geri bildirim işlemiyle düzenlendiği ortaya çıkmaktadır (Boes 2010). Kolonilere ergin erkek arıların ilave edilmesi de yeni erkek arı üretilmesini azaltmaktadır (Rinderer vd. 1985b). Ergin erkek arıların koloniden uzaklaştırılmaları ise erkek arı üretimini özendirmemektedir (Henderson 1994).

Normal bir kolonide erkek arıların yaklaşık olarak %0.1'i işçi arıların yumurtladığı yumurtalardan gelişmektedir (Visscher 1989). Ana arının kaybedildiği veya yetersiz olduğu durumlarda, koloniler yeni ana arı yetiştirmeye çalışmaktadırlar. Bu çaba başarısız olduğunda ve koloni ana arısız kaldığında, işçi arıların yumurtalıkları aktif

hale gelmekte ve bu koloniler işçi arı yetiştiremedikleri için erkek arı üretimine yatırım yapmaktadırlar. Ana arısını kaybetmiş kolonilerde işçi arıların yumurtlamaya başlama süresi ırka ve koloninin mevcut durumuna bağlı olarak değişmektedir (Ruttner ve Hesse 1981). Böyle kolonilerde işçi arıların yumurtladığı yumurtaların bir bölümü ‘devriye gezme’ davranışı sonucu ortadan kaldırılmaktadır (Miller ve Ratnieks 2001). Bunun yanı sıra koloni içerisinde bazı işçi arı alt aileleri farklı düzeylerde yumurtlama ve yumurtaları yeme eğilimine sahiptirler. Genç işçi arıların yumurtlama eğilimleri yaşlı işçi arılara göre daha yüksektir (Delaplane ve Harbo 1987). Yumurta yeme davranışına karşın ana arısız kalmış bir koloni yaklaşık 6 000 civarında erkek arı üretebilme potansiyeline sahiptir (Page ve Erickson 1988).

## **2.2 Erkek Arı Üreme Organları**

Erkek arı üreme sistemi; abdomenin her iki yanında 1 çift testis, testislerin çıkış kanalları olan 1 çift vas deferens, bu kanallara bağlı ve kısmen genişlemiş 1 çift seminal kese (vesicula seminalis), 1 çift mukus bezi, ejakülasyon kanalı (ductus ejaculatorius) ve çiftleşme organı (endophallus)’nı içermektedir (Mackensen ve Tucker 1970).

Testisler abdomenin her iki tarafında bulunan bir çift yassı organdır. Testislerin her birinde vas deferensin anterior ucunda bir odacığa açılan 200 civarında küçük tüpçük (testiol) bulunmaktadır. Sperm hücreleri gelişmelerini testis tüpçüklerinde sürdürürler ve sonra ejakülasyona kadar kalmak üzere seminal keselere geçerler. Her bir testis vas deferens olarak isimlendirilen bir kanala açılmaktadır. Vas deferens, testisi uzun ve genişlemiş kısım olan seminal keseye bağlayan kıvrımlı bölgedir. Her iki seminal kese arka uçlarından abdomenin iki tarafında bulunan bir çift büyük mukus bezinin aşağı kısmına girmekte ve her iki bez birlikte ejakülasyon kanalına, ejakülasyon kanalı ise endofallusa açılmaktadır. Endofallus; ejakülasyon kanalının açıldığı soğan, ortada serviks ve genital açıklığın son bulunduğu vestibulum olmak üzere 3 bölgeden oluşan bir organdır (Snodgrass 1956). Çiftleşme sırasında abdomen içerisinde paketlenmiş haldeki endofallus ters-yüz olarak (everziyon) abdomen dışına çıkar.



Erkek arıda testislerin gelişimi ve spermatogenez pupa aşamasında gerçekleşir. Spermatogenez erkek arının pupa döneminin 8. gününde başlar (Milne 1986). Bir erkek arı ergin birey olarak petek gözünden çıktığında spermatogenez tamamlanmıştır. Petek gözünden yeni çıkmış bir erkek arının testisleri abdomeninin neredeyse üst yarısını kaplar. Ergin yaşamın ilk haftasında spermler testislerden seminal keselere göç etmektedirler. Spermlerin testislerden seminal keselere geçişi 2-3 günlük yaşta başlayarak 12 günlük yaşa kadar sürer (Mackensen ve Tucker 1970). Ergin çıkış sonrası sıcaklığı 35°C, oransal nemi %25-30'a ayarlanmış bir kabinde işçi arılar ile birlikte tutulan erkek arıların seminal keselerinde 3-4 günlük yaşa ulaştıklarında 0.13 milyon, 5-6 günlük yaşa ulaştıklarında 8.69 milyon, 7-8 günlük yaşa ulaştıklarında 9.89 milyon, kolonide olgunlaşmasını tamamlayan erkek arıların seminal keselerinde ise 10.4 milyon sperm saptanmıştır (Mackensen 1955).

Cinsel olgunlaşmış bir erkek arının testisleri küçülerek yeşilimsi sarı bir renk alır (Snodgrass 1956). Testislerdeki küçülme ile birlikte seminal keseler ve mukus bezleri de dolmaktadır. Seminal keselerde bulunan epitel hücreler spermlerin olgunlaşması sürecinde toplam semen hacminin yaklaşık yarısını oluşturacak kadar seminal sıvı salgısı üretmektedirler (Verma ve Shuel 1973). Sperm hücreleri seminal keselerin epitel duvarına başları ile tutunurlar ve olgunlaşmaya devam ederek motil bir yapı kazanırlar. Bu arada seminal keselerin epitel duvarındaki epitel hücreleri küçülür (Page ve Peng 2001).

Mukus bezlerinde kas tabaka, epitel doku ve lumen olmak üzere 3 farklı katman bulunmakta ve bu katmanların kalınlığı yaşa göre değişmektedir. Seminal keseler mukus bezlerinin proksimal ucuna açılmaktadır. Mukus bezinin proksimal ucunda kas tabaka ve epitel doku kalın, lumen ise dardır. Distal uçta ise kas tabaka ve epitel doku ince, lumen geniştir. Epitel doku salgı hücrelerinin aktiviteleri ergin yaşamın ilk günlerinde en yüksek düzeye ulaşır. Böylece mukus bezlerinde mukus üretimi erkek arının ergin çıkışından hemen sonra başlar ve 6 günlük yaşta tamamlanır. Bu yaşlarda erkek arının mukus bezlerinin lumeni beyaz renkli mukus salgısı ile dolarak şişkinleşmiştir (Moors vd. 2005).

Çiftleşme sırasında erkek arının karın kasları kasılarak üreme organlarında baskı meydana getirmekte endofallusun tersyüz olarak ana arının genital kanalına girmesine neden olmaktadır (Koeniger 1986). Seminal keseler ve mukus bezlerindeki kasılmalar semenin ana yumurta kanalına ve yan yumurta kanallarına geçmesine yardımcı olmaktadır. Semen in ejakülasyonunu mukus izlemektedir. Everziyon ve ejakülasyon sonrasında erkek arı felç olarak yere düşmektedir (Woyke ve Ruttner 1958).

### **2.3 Bal Arısı Semeninin Biyokimyasal Özellikleri**

Bal arısı semeni; testislerde üretilen sperm ve seminal keselerde üretilen seminal sıvıdan meydana gelen krem renkli bir sıvıdır. İklim koşulları ve mevsime bağlı olarak seminal sıvı / sperm hücreleri oranı değişir (Novak vd. 1960). Semen in pH'sı 6.0 ile 7.1 arasındadır (Verma 1974). Cinsel olgunlaşmış bir erkek arının ürettiği semen in hacmi 1.50-1.75 µl arasında değişmekte ve bu hacim içerisinde ortalama 11 milyon sperm bulunmaktadır (Woyke 1962). Erkek arılarda semen, çiftleşmeye kadar geçen süre içerisinde seminal keselerde korunmakta ve endofallusun everziyonu (ters-yüz olma) sırasında mukus ile birlikte ejaküle edilmektedir.

Semen in kimyasal yapısı oldukça komplekstir. Sperm hücreleri seminal keselerden ayrıldığında genel olarak yavaş hareket etmekte, ancak tuz içeren çözeltiler ile sulandırıldığında aşırı derecede hareketli olmaktadırlar. Sulandırma işlemi ile ortaya çıkan bu etkinin ortamın oksijen molekülü bakımından daha doygun seviyeye gelmesi sonucu olabileceği düşünülmektedir (Stort ve Gonçalves 1986).

Bal arısı seminal sıvısı yaklaşık %0.21 karbonhidrat içerir (Verma 1974). Seminal sıvı içeriğindeki karbonhidratlar, testislerden aktarılan fruktoz, glukoz ve trehalozdur. Bu karbonhidratlar testislerin yanı sıra seminal keseler ve mukus bezlerinde de bulunmaktadır (Verma 1974). Aynı karbonhidratların hemolenfte de olması nedeniyle bunların hemolenften doğruca üreme sistemine aktarıldığı düşünülmektedir. Seminal sıvıda bulunan bu karbonhidratlar spermler için enerji kaynağı olmaktadır (Verma 1974). Fruktozun spermler tarafından hızlı bir şekilde metabolize edildiği,

ejekülasyondan 40 dakika sonra fruktoz seviyesinin en az düzeye indiği bildirilmektedir. Ancak bu heksozun uzun süreli depolamada kritik bir rolü bulunmamaktadır (Verma 1974, Stort ve Gonçalves 1986).

Seminal sıvı içerisindeki toplam protein konsantrasyonu %0.67'dir (Verma 1974). Seminal sıvı içerisindeki proteinler; çeşitli işlevsel kategorilere ayrılabilen enzimler, düzenleyici proteinler ve yapısal proteinlerdir (Baer vd. 2009). Seminal kese içerisinde bulunan bu proteinlerin incelendiği bazı çalışmalarda metabolizma ile ilişkili genlerin yanı sıra glikolizis yolağında yer alan genler ile de yüksek derecede örtüşme saptanmıştır (Collins vd. 2006, Baer vd. 2009). Sperm torbası sıvısı ve seminal sıvı içerisinde bulunan proteinlerin çiftleşme ve sperm sperm torbasında depolanması sürecinde sperm canlılığının korunmasına katkıda bulunduğu ve sperm hücrelerini enfeksiyondan ve dişi fizyolojisi ile etkileşimlerden korudukları düşünülmektedir (Den Boer vd. 2009, Baer vd. 2009, King vd. 2011). Sperm torbası sıvısında ve seminal sıvıda bulunan proteinlerin farklı oldukları, her 2 organda sperm canlılığının korunmasında rol alan proteinlerin farklı olduğu belirlenmiştir (Den Boer vd. 2009).

Bal arısı semeninin amino asit içeriğinin %40'ını arginin oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra lizin ve glutamin de yüksek düzeyde bulunmaktadır. Bal arısı sperm hücresi içerisindeki arginin ve lizin amino asitlerinin kaynağının deoksiribonükleoproteinler olduğu düşünülmektedir (Verma 1974). Seminal sıvı ve sperm hücresinin serbest ve bağlı amino asit içeriği incelendiğinde tirozin, metiyonin, lösin, sistin, izolösin, triptofan, lizin, fenilalanin, arginin, glutamik asit, glisin, alanin, aspartik asit, serin ve treoninin varlığı saptanmıştır (Novak vd. 1960).

Semen içerisinde;  $\alpha$ -gliserofosfat, laktat, glukoz-6-fosfat, isositrat, suksinat, malat, glutamat,  $\beta$ -hidroksibütirat, NADH<sub>2</sub>, NADP-H<sub>2</sub>, gibi dehidrogenaz grubundan çeşitli enzimlerin yanı sıra (Stort ve Gonçalves 1986), katalaz, glutatyon-S-transferaz (GST), süperoksitdismutaz (SOD<sub>1</sub>) gibi antioksidatif strese karşı rolü olduğu düşünülen enzimler de bulunmaktadır (Collins vd. 2004). Glikolizis ve Krebs döngüsü ile ilişkili çeşitli dehidrogenazların yüksek aktivitesi, enerji için her iki yolağın da kullanıldığını

göstermektedir. Bunlar arasında L-gliserofosfat yüksek düzeyde aktiftir ve sperm torbasında spermilerin depolanması sürecinde L-gliserofosfat oksidaz sistemi ağırlıklı olarak kullanılmaktadır (Verma 1974). Seminal sıvı içeriğindeki proteinler, çiftleşme ve spermin sperm torbasına göçü sürecinde sperm canlılığının korunmasına katkı yapmaktadırlar (Baer vd. 2009, King vd. 2011).

Bal arısı semeninde serbest yağ asitleri, fosfolipidler, trigliseritler ve sterollerin varlığı belirlenmiştir (Blum vd. 1967). Semen içerisindeki lipidlerden fosfolipidler çoğunluktadır. Palmitik asit (C16:0) ve stearik asit (C18:0) başlıca doymuş yağ asitleri iken oleik asit (C18:1) başlıca doymamış yağ asitidir. Fosfolipitlerin konsantrasyonlarının aerobik solunum süresince azalması, iç solunum için lipidlerin enerji kaynağı olabileceği görüşünün ortaya atılmasına neden olmaktadır. Kartezyen dalgıç solunummetre (cartesian diver respirometry) değerinin yüksek olması bu görüşü desteklemektedir (Verma 1978).

Semen içerisinde;  $Mg^{+}$ ,  $Ca^{+}$ ,  $Na^{+}$ ,  $Fe^{+}$ ,  $Cu^{+}$ ,  $Mn^{+}$  gibi bazı iyonların bulunduğu, ancak bu iyonlardan sadece  $Cu^{+}$ ,  $Fe^{+}$  ve  $Mg^{+}$ 'un sperm hücrelerinde bulunduğu bildirilmektedir (Stort ve Gonçalves 1986). Sperm torbası içerisindeki yüksek iyon konsantrasyonu, özellikle  $Na^{+}$  ve  $K^{+}$  konsantrasyonu, spermin motilitesi ve metabolizmasının baskılanmasında rol oynamakta ve spermilerin uzun süre yaşamasını kolaylaştırmaktadır (Verma 1990).

## **2.4 Sperm Morfolojisi ve Ultrasütrüktürü**

Bal arısı sperminin morfolojisi ve ultrasütrüktürü optik ve elektron mikroskoplar kullanılarak çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiştir (Lensky vd. 1979, Woyke 1983, 1984, Peng vd. 1992, 1993, Lino-Neto vd. 2000). Woyke (1984) bal arılarında haploid ve diploid sperm hücrelerinin ultrasütrüktürünü karşılaştırmıştır. Peng vd. (1992, 1993) ise yüksek basınçta sperm hücrelerinin dondurularak tespiti ve hızlı dondurulması-çözdürülmesinin akrozom kompleksi üzerine etkisini araştırmışlardır.

Bal arısı sperminin yapısı diğer böceklerin spermlerinden çok farklı değildir. Baş ve kuyruk arasında kesin bir sınır çizgisi yoktur. Sperm hücresinin dış görünüşü; bir iplikçik şeklindedir ve incelerek konik hal almaktadır. Sperm hücresi yaklaşık 240–250 µm uzunluğundadır (Woyke 1983). Sperm hücresinde baş kuyruktan rahatlıkla ayırt edilememektedir. Bal arısı sperm hücresi 0.7 µm genişliğindedir ve bu genişlik hücrenin 2 ucu hariç diğer bölgelerde büyük ölçüde aynıdır (Stort ve Gonçalves 1986). Anatomik olarak sperm hücresinin başı hilal şeklindedir. Karmin asetik asitle boyandığında nukleus açık bir şekilde daha ince ve kısa olan akrozomdan ayırt edilebilmektedir. Akrozom ve nukleustan oluşan baş, 10 µm uzunluğunda, 0.5 µm genişliğinde ve 0.3 µm kalınlığındadır (Lensky vd. 1979). Kuyruk; axonem (flagellum), kalınlıkları farklı olan 2 mitokondri türevi ve 2 aksesuar cisimcikten oluşur (Woyke 1984, Peng vd. 1992, 1993, Lino-Neto vd. 2000).

Sperm hücresi; akrozom, nukleus, aksesuar sentriol, flagellum ve kuyruk ucu olmak üzere 5 bölüme ayrılır. Akrozomun enine kesitinde en içte akrozomal çubuk, akrozomal kese ve en dışta akrozomal membran olmak üzere üç katmanlı bir yapı görülür. Nukleusun akrozom ve kuyruğun bağlandığı kısmı hariç özel bir yapısı yoktur. Akrozom, nukleusun iç kısmından köken alarak hemen hemen sonuna kadar genişleyen iç akrozomal çubuğa (filament) sahiptir (Stort ve Gonçalves 1986). Aksesuar sentriolün kuyruk tarafının enine kesitinde elektron yoğun aksesuar sentriol materyali görülür.

Kuyruk kısmında flagellum boyunca 2 uzun mitokondri türevi uzanmaktadır. Mitokondri türevlerinin boyu sperm hücresinin boyunun yaklaşık %80'i kadardır (Stort ve Gonçalves 1986). Akzonem (aksiyal filament); bakterilerin flagellum ya da sillerine benzeyen yapıdadır. Akzoneme 2 adet aksesuar cisim ve uzunluk ve kalınlığı farklı olan 2 mitokondri türevi eklenir. Mitokondri türevlerinin içerisinde kısmen kristalize olmuş matriks (parakristalin materyal) bulunmaktadır (Lino-Neto vd. 2000).

Kuyruk boyunca uzanan akzonem iç içe tüplerden oluşur. Akzonemin tüp yapısı diğer böceklerde olduğu gibi 9+9+2 düzenindedir. Akzonemin tüp yapısı dışta 9 aksesuar tüp, ortada 9 çift mikrotüp ve merkezde 2 mikrotüpten oluşur. Mikrotüp çiftleri 9 aksesuar

tüp ile çevrilmiştir. Aksesuar tüpler ve mikrotüp çiftleri birbirlerine tüpler arası madde ile bağlıdır. Her çifti oluşturan mikrotüplerden birine bağlı motor protein kolları (dynein kolları) bulunmaktadır ve radyal çubuklar merkezde yer alan 2 mikrotüpün kılıfına bağlanmaktadır. Bir mikrotüp çiftine daha yakından bakıldığında çiftlerden her birinin filament demetlerinden oluştuğu görülür (Werner ve Simmons 2008).

## **2.5 Erkek Arılarda Semen Üretimini Etkileyen Faktörler**

Cinsel olgunlaşmış (12 günlük yaş ve üzeri) erkek arılarda sperm sayısı 4-12 milyon arasında değişmektedir (Koeniger vd. 2005). Bir erkek arı ortalama 10-11 milyon sperm hücresi üretebilmekte ve 1 µl hacimdeki semen içinde yaklaşık 7.5 milyon sperm hücresi bulunmaktadır (Woyke 1962).

Bal arısı kolonilerinde petekler 2 farklı büyüklükte altıgen petek gözlerinden oluşmaktadır. Bu petek gözlerinden birincisi; (1) döllenmiş yumurtaların yumurtlandığı (çap: 5.2-5.4 mm) küçük petek gözleri, ikincisi ise (2) döllenmemiş yumurtaların yumurtlandığı (çap: 6.2-6.4mm) büyük petek gözleridir (Winston 1987). Petek gözü boyutu erkek arıların boyut ve ağırlığını belirleyen önemli bir faktördür (Berg vd. 1997). İşçi arı petek gözlerinde yetiştirilen erkek arılar, erkek arı petek gözlerinde yetiştirilenlere göre daha hafif ve küçüktürler (Berg 1991, Berg vd. 1997, Schlüns vd. 2003, Herrmann vd. 2005). Vücut boyutu erkek arıların üreme başarısını etkilemekte, büyük boyutlu erkek arılar ana arı ile çiftleşme yarışında daha başarılı olmaktadır (Berg vd. 1997). Erkek arı vücut boyutu, semen hacmi ve sperm sayısı ile ilişkilidir (Schlüns vd. 2003). Küçük boyutlu erkek arılar (7.45 milyon: Schlüns vd. 2003; 8.62 milyon: Gençer ve Fıratlı 2005) iri boyutlu erkek arılardan (11.95 milyon: Schlüns vd. 2003; 12.01 milyon: Gençer ve Fıratlı 2005) daha az sayıda sperm üretmektedirler. Schlüns vd. (2003) iri erkek arıların küçük erkek arılara göre birim vücut ağırlığı başına daha az sayıda, Gençer ve Kahya (2011) ise daha fazla sayıda sperm ürettiklerini saptamışlardır. Yalancı ana arılı kolonilerde, erkek arı petek gözlerinde yetiştirilen erkek arılar işçi arı petek gözlerinde yetiştirilen erkek arılara göre daha fazla, ana arılı

kolonilerde yetiştirilen erkek arılara göre ise daha az sperm üretmektedirler (Gençer ve Fıratlı 2005).

Bal arısı ırkları ve hatları arasında erkek arıların semen üretiminde farklılıklar görülebilmektedir. Rinderer vd. (1985a) Afrika ırkı erkek arıları ve Avrupa ırkı erkek arıları canlı ağırlık ve sperm sayısı bakımından karşılaştırmışlar ve Afrika erkek arılarının Avrupa erkek arılarından daha hafif olduklarını (194.6 mg'a karşı 220.2 mg) ve daha az sayıda sperm ürettiklerini (tek seminal kesede 4.6 milyona karşı 5.7 milyon) saptamışlardır. Zaitoun vd. (2009) İtalyan arısı erkeklerinin seminal keselerinde ortalama 10.2 milyon, Suriye arısı erkeklerinin seminal keselerinde ise ortalama 8.8 milyon sperm saptamışlardır. Rhodes vd. (2011) 4 İtalyan hattına ait erkek arıları, semen hacmi, sperm sayısı ve sperm konsantrasyonu bakımından karşılaştırmışlar ve bu özelliklerin hatlar arasında farklılıklar gösterdiklerini belirlemişlerdir.

Erkek arıların ürettikleri sperm sayısının hastalık ve zararlıların varlığı ve mücadelesinde kullanılan ilaçlardan etkilenebileceği bildirilmektedir. Rinderer vd. (1999) varroa (*Varroa destructor*) ile bulaşık olan ve olmayan kolonilerde yetiştirilen erkek arıların tek seminal keselerinde sırayla ortalama 3.67 milyon ve 4.25 milyon sperm saptamışlardır. Duay vd. (2002) 1 ve 2 varroa ile bulaşık pupalardan gelişen erkek arıların seminal keselerinde sırayla 5.7 milyon ve 4.7 milyon sperm, varroa ile bulaşık olmayan erkek arıların seminal keselerinde ise 7.5 milyon sperm saptamışlardır. Bunun yanı sıra, pupa döneminde varroa bulaşması erkek arıların çıkış ağırlıklarının azalmasına (Duay vd. 2003) ve uçuş performanslarının düşük olmasına (Duay vd. 2002) neden olmaktadır.

Varroa ile bulaşıklığın yanı sıra varroa mücadelesinde kullanılan kimi ilaçların da (tau-fluvalinate) erkek arılarda seminal kese ağırlığı, mukus bezi ağırlığı ve sperm sayısını azalttığı bildirilmiştir (Rinderer vd. 1999). Çeşitli varroa ilaçları (thymol, fluvalinate, coumaphos) uygulanmış kolonilerde yetiştirilen erkek arıların spermleri uzun süreli in vitro depolamaya alındığında coumaphos'un in vitro depolama sürecinde sperm canlılığını olumsuz etkilediği saptanmıştır (Burley vd. 2008). Fell ve Tignor (2001) ise

varroa mücadelesinde kullanılan ilaçların erkek arıların sperm canlılığını etkilemediğini, ancak fluvalinate (Apistan) uygulanan grupta sperm sayısının önemli düzeyde azaldığını bildirmişlerdir.

Erkek arıların ürettikleri sperm sayısı başkalaşım döneminde (pupa dönemi) maruz kalınan sıcaklıktan etkilenmektedir. Pupa dönemindeki farklı sıcaklıkların (33 °C, 35 °C, 36 °C ve 37 °C) sperm sayısı üzerine etkisini araştıran Koeniger vd. (2006) 37 °C’de tutulan erkek arılarda sperm üretiminin hiç gerçekleşmediğini, 36 °C’de tutulan erkek arılarda çok az sayıda sperm (0.7 milyon) üretildiğini, 33 °C ve 35 °C’de tutulan erkek arıların ürettikleri sperm sayıları arasındaki farkın ise önemsiz olduğunu (5.5 milyon ve 4.8 milyon) bildirilmektedirler. Tarelho (1981) prepupa ve pupa dönemlerinde farklı sürelerde uygulanan yüksek (40-45 °C) ve düşük (10-30 °C) sıcaklıkların spermatogenez üzerine etkisini araştırmış ve prepupa dönemindeki bireylerin sıcaklık değişimlerine karşı daha duyarlı olduklarını saptamıştır. Prepupa ve pupa döneminde düşük ve yüksek sıcaklıklığa maruz bırakılan bireylerde anormal metafazın görülme sıklığı artmakta ve optimum sıcaklığa (34 °C) yaklaşıldıkça azalmaktadır (Tarelho 1981). Bu sonuçlar kuluçka dönemindeki sıcaklık değişimlerinin spermatogenez üzerinde olumsuz etkisinin bulunduğunu ortaya koymaktadır.

Ergin olarak çıkıştan sonra erkek arıları muhafaza yöntemi sperm sayısını etkileyebilmektedir. Koeniger vd. (2006) işçi arılar ile birlikte kafes içinde tutulan (29 °C) erkek arıların (5.5 milyon), kolonide serbest hareket edenlere göre (8.2 milyon) daha az sperme sahip olduklarını saptamışlardır. Bu durum bir kolonide optimum sıcaklıktan sapmanın sadece pupa aşamasında değil, cinsel olgunlaşma aşamasında da sperm sayısını olumsuz etkilediğini göstermektedir (Koeniger vd. 2006).

Erkek arıların sperm özelliklerinde mevsimsel varyasyon vardır. Novak vd. (1960) seminal sıvı: sperm oranının 1:1’den 1:2’ye doğru mevsimsel değişim gösterdiğini bildirmişlerdir. Rhodes vd. (2011) ilkbaharda yetiştirilen erkek arılarda semen hacminin (1.03 µl), yaz (0.92 µl) ve sonbaharda (0.82 µl) yetiştirilenlere göre daha fazla olduğunu, sperm sayısının ise ilkbaharda düşük (1.88 milyon), yaz ve sonbaharda ise yüksek (3.12 ve 4.24 milyon) olduğunu saptamışlardır. Zaitoun vd. (2009) şubat



ayından ağustos ayına kadar yetiştirilen erkek arılardan mayıs ayında yetiştirilenlerin en ağır ve en fazla sperm üreten erkek arılar olduklarını bildirmişlerdir.

Erkek arıların yaşı sperm özelliklerini etkileyen bir diğer önemli faktördür. Woyke ve Jasinski (1978) 10-14 günlük yaştaki erkek arıların semenlerinin sarı-krem renkte ve seyreltik, 4 haftalık yaştın üzerindeki erkek arıların semenlerinin ise kahverengi-krem renkte ve kıvamlı olduğunu bildirmişlerdir. Yapay tohumlamada kullanılan erkek arıların yaşı arttıkça yan yumurta kanallarında semen kalıntısı bulunan ana arıların oranında artış olmakta (Woyke ve Jasinski 1978) ana arıların sperm torbalarına ulaşan sperm sayısı azalmakta (Vesely 1970, Woyke ve Jasinski 1978) ve yumurta kanallarında semen kalıntısı ana arı ölümlerine neden olmaktadır (Vesely 1970). Peng ve Marsten'in yayınlanmamış verisine göre; 3 haftalık yaştın üzerindeki erkek arıların semen hacminde fark edilebilir bir azalma, semen kıvamında ise artış olmaktadır (Page ve Peng 2001). Rhodes vd. (2011) 35 günlük erkek arılarda (0.73  $\mu$ l), 14 günlük (0.98  $\mu$ l) ve 21 günlük erkek arılara göre (1.07  $\mu$ l) daha az hacimde semen, 21 günlük erkek arılarda (3.36 milyon) 14 günlük (2.83 milyon) ve 35 günlük (2.83 milyon) erkek arılardan daha fazla sayıda sperm bulunduğunu bildirmişlerdir.

Erkek arı yaşına bağlı olarak sperm canlılığında da varyasyon gözlenmiştir. Locke ve Peng (1993) erkek arılar yaşlandıkça sperm canlılığının azaldığını, 2 haftalık yaştaki erkek arılarda sperm canlılığı %86.2 iken, erkek arılar 6 haftalık yaşa ulaştıklarında sperm canlılığının %80.1'e düştüğünü saptamışlardır.

## **2.6 Spermin Doğal Muhafazası**

Ana arılar çiftleşme uçuşundan döndüklerinde yumurta kanallarında 6  $\mu$ l ile 20  $\mu$ l arasında değişen hacimde semen bulunur (Woyke 1955). Çiftleşme uçuşundan dönen ana arıların yumurta kanalları ortalama 87 milyon ve tüm genital kanal 100 milyon civarında sperm içerir (Woyke 1962). Yumurta kanallarında biriken spermin sperm torbasına göçü çiftleşme uçuşu dönüşünde başlayarak 24 saat içinde tamamlanır (Woyke 1962). Yumurta kanallarından sperm torbasına sperm göçünde ana arının

abdomeninin kasılmasının ve sperm hücrelerinin bireysel hareketlerinin rolü vardır (Ruttner ve Koeniger 1971).

Yumurta kanallarındaki 80-100 milyon spermden 5 milyon kadarı sperm torbasına ulaşır (Woyke 1962, Mackensen ve Tucker 1970). Sonuçta yumurta kanallarının içerdiği toplam spermin sadece yaklaşık %5'i sperm torbasına göç eder (Koeniger 1990). Sperm torbasında spermler kümelenmeksizin ya da katman oluşturmaksızın tamamen karışım halinde bulunur (Laidlaw ve Page 1984, Page vd. 1984, Haberl ve Tautz 1998). Mackensen (1964) doğal çiftleşmiş ana arıların sperm torbalarında sperm sayısının 3.64 milyon ile 7.36 milyon (ortalama 5.73 milyon), Woyke (1962) ise 0.64 milyon ile 7.92 milyon (ortalama 5.34 milyon) arasında değiştiğini bildirmektedirler.

Sperm torbasında spermlerin yumurtaları dölleme yetenekleri yıllarca korunmaktadır. Sperm torbasında spermler özel fizyolojik koşullar altında muhafaza edilmekte ve enerjinin korunması için metabolizma baskılanmaktadır. Sperm torbası sıvısının  $Na^+$  ve  $K^+$  konsantrasyonu hem diğer vücut sıvılarından hem de seminal sıvadan daha yüksektir. Sperm torbası sıvısında glukoz, fruktoz, sukroz, trehalloz gibi şekerlerin bulunduğu saptanmıştır. Ancak trehalloz dışında bu şekerlerin pek çoğunun konsantrasyonu hemolenfteki konsantrasyonlarından oldukça düşüktür. Bunların dışında sperm torbasında bulunan enzimlerin spermin sperm torbasında uzun süre muhafaza edilebilmesinde önemli rollerinin bulunduğu belirlenmiştir (Koeniger 1986, Klenk vd. 2004, Collins vd. 2004, Al-Lawati vd. 2009)

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma; 2011 yılının ilkbahar ve yaz mevsiminde, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Arılığı'nda yürütülmüştür. Araştırmanın materyali ve yöntemi aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

#### 3.1 Materyal

Araştırmanın canlı materyali; Zootečni Bölümü Arılığı'nda bulunan Kafkas ırkı kolonilerden seçilen güçlü 3 koloni ve bu kolonilerde denetimli yetiştirilen erkek arılardır. Ergin çıkışlarında işaretlenen 3 060 erkek arıdan 403'ü farklı yaşlarda çeşitli üreme özelliklerinin ölçülmesinde kullanılmışlardır.

Erkek arı üretim kolonilerinin ana arılarının kabartılmış erkek arı peteklerine 1 gün içinde yumurtlamalarını sağlamak için bir kuluçkalık peteğini içine alabilen, 2 yüzeyi ana arı ızgaralı plastik kafesler kullanılmıştır. Erkek arıların ergin olarak petek gözlerinden çıktıklarında bireysel olarak markalanması için farklı renklerde (sarı, mavi, turkuaz, beyaz ve kırmızı) yağlı boya kalemleri (Edding 751) kullanılmıştır.

Erkek arıların canlı ağırlıkları ve üreme organları ağırlıkları 0.1 mg duyarlılıkta bir hassas terazi (Sartorius BP-121S) ile saptanmıştır. Erkek arıların diseksiyonunda; bir petri kabına monte edilmiş parafin blok, böcek iğneleri, ince uçlu bir forsep (Dumont No: 5) ve ince uçlu bir makas (Hammacher, Solingen) ve bir stereo-mikroskop (Leica, Z16 Apo) kullanılmıştır. Disekte edilen üreme organlarının dijital görüntülerinin elde edilmesinde bilgisayar destekli görüntüleme sisteminden (Leica DFC 420) yararlanılmıştır.

Sperm sayımı çalışmalarında; saat camı, mikropipet seti (Eppendorf), modifiye Kiev solusyonu, spektrofotometre (Shimadzu UV1800) ve kuvars spektrofotometre küveti (Hellma, 1.4 ml), sperm canlılığı çalışmalarında ise; su banyosu (Nüve BM 302),

mikrosantrifüj tüpleri, Propidium Iodide (PI) ve SYBR-14 floresan boyalarından oluşan sperm canlılık kiti (L-7011, Molecular Probes) ve floresan ışık ve filtre ataçmanlı laboratuvar mikroskobu (Leica DM3000) kullanılmıştır.

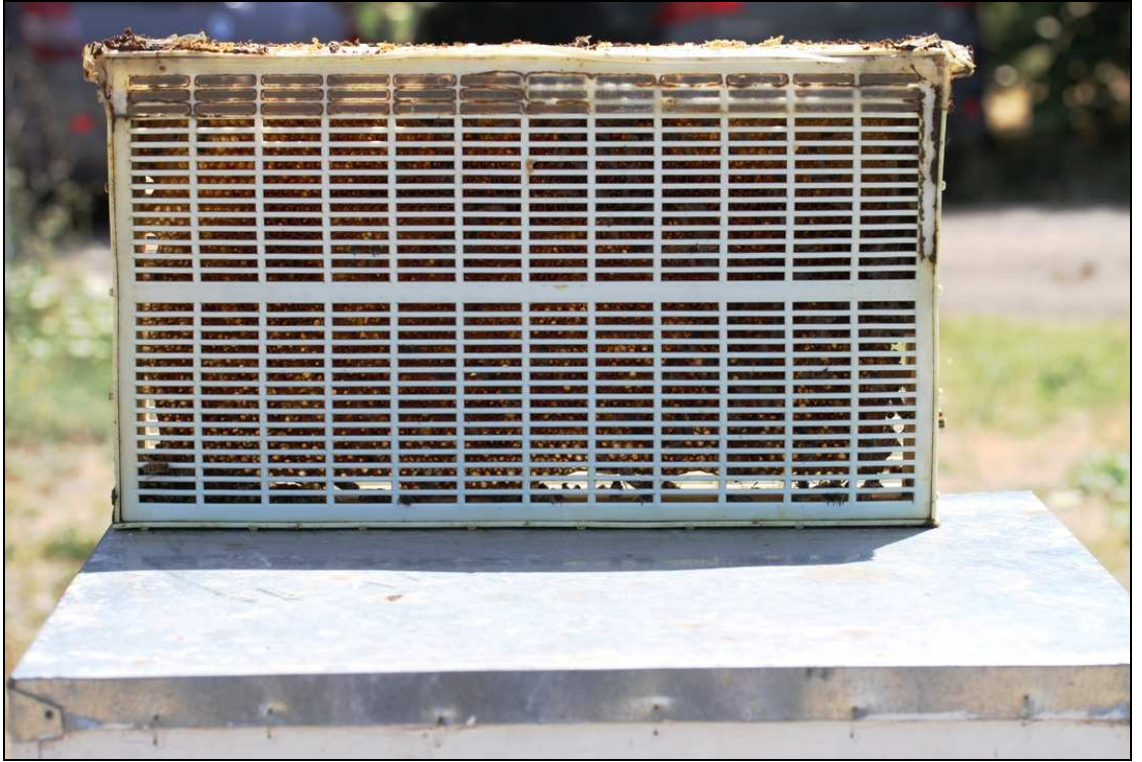
## 3.2 Yöntem

### 3.2.1 Erkek arı yetiştirme

2011 yılının Mayıs ayı başında arılıkta bulunan Kafkas ırkından kuluçkalığını tamamlamış 3 koloni erkek arı yetiştiriciliğinde kullanılmak üzere seçilmiştir. Bu kolonilerin her birine eşzamanlı olarak birer kabartılmış erkek arı peteği verilmiştir (Şekil 3.1). Kabartılmış erkek arı peteği, ana arı ızgaralı plastik kafesin içine yerleştirildikten sonra koloni ana arısı kafes içindeki petek üzerine salıverilmiştir. Kafes koloninin kuluçkalığından alınan bir peteğin yerine yerleştirilmiştir. Kabartılmış erkek arı peteği üzerinde 24 saat hapsedilen ana arının peteğin her 2 yüzeyine düzenli yumurtlaması sağlanmıştır. Ana arı erkek arı peteğine 24 saat içinde yumurtladıktan sonra yavrulu (yumurta) erkek arı peteği kafesten çıkarılarak kuluçkalığa yerleştirilmiş ve ana arı kovana salıverilmiştir. Kafeslenen her ana arının erkek arı peteklerine yumurtlama tarihi kaydedilmiştir. Beklenen ergin erkek arı çıkışından 1 gün önce, günün akşam saatlerinde erkek arı peteği kuluçkalıktan alınarak tekrar aynı kafesin içine yerleştirilmiş ve kovana geri konulmuştur. Böylece erkek arıların petek gözlerinden çıkınca koloni içinde dağılımları ve karışmaları önlenmiştir (Gençer ve Kahya 2011). Erkek arı petek gözlerinden henüz çıkmış erkek arıları (Şekil 3.2) içeren kafes günün sabah saatlerinde kovandan alınmış ve 12-16 saat içinde çıkmış bu erkek arıların her birinin göğsü yağlı boya kalemi (Edding 751) ile markalanmıştır (Şekil 3.3).

Her bir kolonide 12-16 saat içinde çıkmış erkek arılar için aynı renk kullanılarak erkek arıların kaynak koloni ve yaşları bakımından bilinmeleri ve birbirlerinden ayrılması sağlanmıştır (Şekil 3.4). Erkek arı üretim kolonilerinin birinden 1 090, bir diğerinden 1 060 ve üçüncüsünden 910 erkek arı olmak üzere toplam 3 060 erkek arı markalanmıştır. Markalanan erkek arılar diseksiyon yapılmaya kadar kendi

kolonilerine serbest bırakılmışlardır (Şekil 3.5). Erkek arıların serbest uçuş yapmalarına izin verilmeleri nedeniyle olası erkek arı kayıplarının fazla olacağı göz önüne alınarak ölçümlerde kullanılacak sayının çok üzerinde erkek arı markalanmıştır.



Şekil 3.1 Kabartılmış erkek arı peteği yerleştirilerek koloni ana arısının içine salıverildiği ana arı ızgaralı plastik kafes



Şekil 3.2 Erkek arı petek gözlerinden erkek arıların çıkışı



Şekil 3.3 Erkek arı markalama işlemi





Şekil 3.4 Kolonilerine verilmeyi bekleyen markalanmış erkek arılar



Şekil 3.5 Markalanmış erkek arıların kolonilerine salıverilmeleri

### **3.2.2 Erkek arıların üreme özelliklerinin belirlenmesi**

Ergin çıkışlarında markalanan ve kovanlarına salınan erkek arılar gelişmelerini ve yaşamlarını kovanlarında sürdürmüşlerdir. Ergin çıkış günü dikkate alınarak belirlenen ölçüm günlerinde kolonilerinden örneklenen bir kısım erkek arı disekte edilirken diğerleri sonraki ölçümler için kolonilerinde yaşamaya devam etmişlerdir.

Üreme organlarını tartma ve boyut ölçümleri için üreme organını konumlandırma zaman alıcı uygulamalardır. İlerleyen zamana bağlı olarak üreme organlarında ağırlık kaybı ve boyutta küçülme, dolayısıyla ölçümlerde hata yapma olasılığı artmaktadır. Bu nedenle hem üreme organları uzunluk ve alanları, hem de ağırlık ölçümlerinin aynı bireyde yapılması tercih edilmemiştir. Canlı ağırlık, testisler, seminal keseler ve mukus bezleri ağırlıkları ölçümleri için 0, 3, 6, 9, 12, 18, 30 ve 40 günlük yaşta örneklenen erkek arılara ek olarak, testis uzunluğu, seminal kese ve mukus bezi uzunluk ve alanı ölçümleri için 0, 3, 6, 9, 12, 18 ve 30 günlük yaşta örneklenen erkek arılar kullanılmıştır.

Sperm sayısı ve sperm canlılığının aynı bireyde ölçülmesi her iki özelliğin de daha düşük tahmin edilmesine neden olabilmektedir. Bu durum göz önüne alınarak üreme organlarının ağırlıkları için disekte edilen erkek arıların seminal keselerinde sperm sayısı, üreme organlarının boyutları için disekte edilen erkek arıların seminal keselerinde ise sperm canlılığı ölçümleri yapılmıştır. Sperm sayısı ve canlılığı ölçümleri için 12, 18, 30 ve 40 günlük yaşlardaki erkek arılar kullanılmıştır.

#### **3.2.2.1 Erkek arıların diseksiyonu**

Disekte edilecek her erkek arı önce hassas terazi ile tartılmıştır. Canlı ağırlığı belirlenen erkek arı sırtüstü yatırılarak parafin blok üzerine göğüs ve abdomeninden böcek iğneleri ile sabitlenmiştir (Şekil 3.6). Parafin blok üzerine sabitlenen erkek arının abdomeni her 2 yanından (sternitlerden) ince uçlu diseksiyon makası ile kesilmiştir. Parafin blok stereo-mikroskop altına yerleştirilmiş, kesilen abdomen sternitleri ince uçlu forseps ile abdomenden uzaklaştırılarak abdomenin ventral yüzeyinde geniş bir pencere açılmıştır.



İnce uçlu forsep ile bu açıklıktan sindirim kanalı uzaklaştırılarak testisler, seminal keseler ve mukus bezleri açığa çıkarılmıştır. İnce uçlu forsep ile ejakülasyon kanalından tutularak çekilmiş, kanala bağlı olan 1 çift seminal kese ve 1 çift mukus bezi abdomenin içinden bütün olarak çıkartılmıştır (Şekil 3.7).

### **3.2.2.2 Erkek arıların üreme organlarının ağırlık ve boyutlarının belirlenmesi**

Abdomenin içinden çıkartılan seminal keseler ve mukus bezleri darası alınmış bir lamel üzerine bütün olarak bırakılmıştır. Lamel üzerindeki mukus bezleri ve seminal keseler tartıldıktan sonra seminal keseler mukus bezleri ile birleşme yerlerinden ayrılarak uzaklaştırılmış ve yine darası alınmış lamel üzerine bırakılan mukus bezleri tartılmıştır. İlk ağırlık ile ikinci ağırlık farkından seminal kese ağırlığı bulunmuştur. Abdomen içinde her 2 yanda bulunan testisler forsep yardımı ile çıkartılmış ve darası alınmış bir lamel üzerine konulduktan sonra tartılarak ağırlıkları belirlenmiştir.

Boyut ölçümleri için disekte edilen erkek arıların seminal keseleri ve mukus bezleri bütün olarak bir lamel üzerine yerleştirilmiştir. Stereo-mikroskop ve buna bağlı bilgisayar destekli görüntüleme sistemi (Şekil 3.8) yardımıyla görüntülenen (10X büyütme) seminal keseler ve mukus bezlerinin dijital fotoğrafları çekilmiştir. Erkek arının testislerinin görüntüsü ise abdomen içinde yerleşik halde iken çekilmiştir. Daha sonra görüntü analiz programı (LAS-Leica Application Suite, Version 3.3.1) kullanılarak çekilen dijital fotoğraflar üzerinden testis uzunluğu, seminal kese ve mukus bezi uzunluk ve alanı ölçümleri yapılmıştır. Çift olan organlardan sadece birinde uzunluk ve alan ölçümü yapılmıştır. Seminal keselerin doğal görünümünün kavisli olması nedeniyle seminal kese uzunluğu bir uçtan diğer uca çizilen doğrunun ölçümü yerine yay uzunluğu formülü ( $|AB| = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot \alpha / 360$ ) kullanılarak bulunmuştur (Şekil 3.9). Mukus bezi uzunluğu distal uçtan proksimal uca çizilen doğrusal çizginin uzunluğu ölçülerek saptanmıştır (Şekil 3.9). Seminal kese ve mukus bezi alanı ise görüntü analiz programında seminal kesenin ve mukus bezinin sınırlarının çizilmesi ile belirlenmiştir (Şekil 3.10).



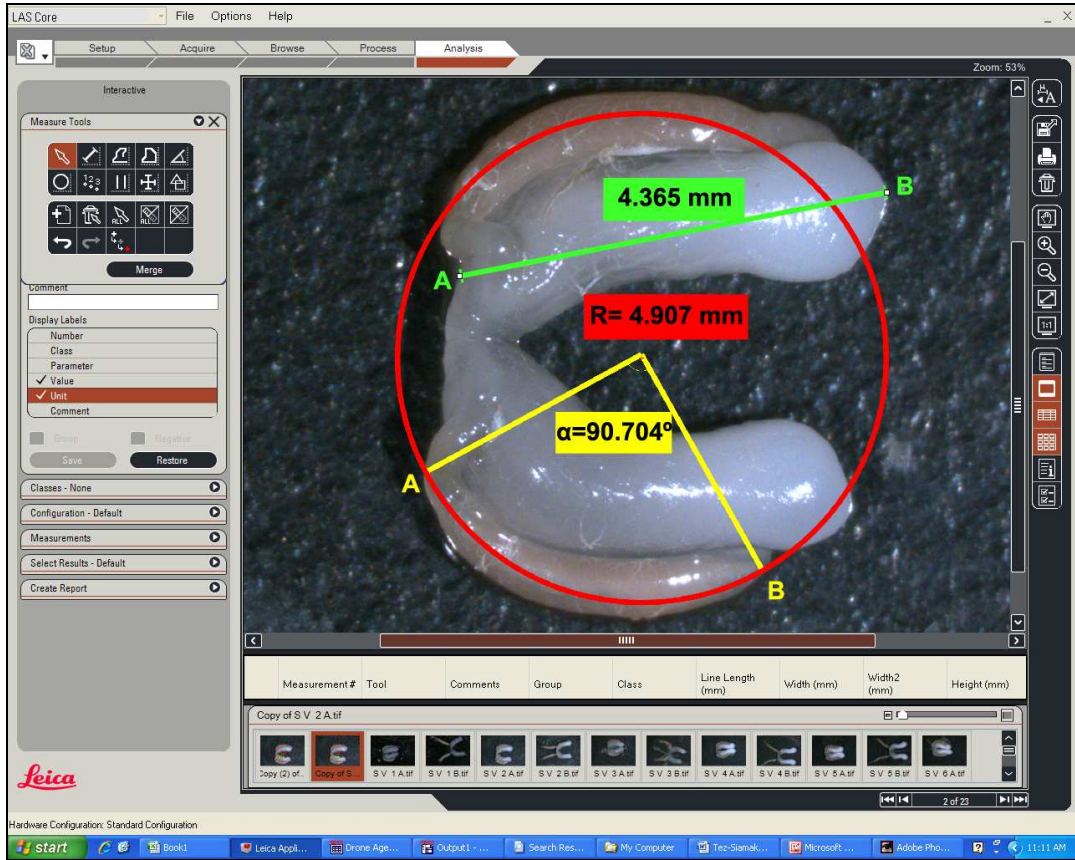
Şekil 3.6 Erkek arının diseksiyona hazırlanması



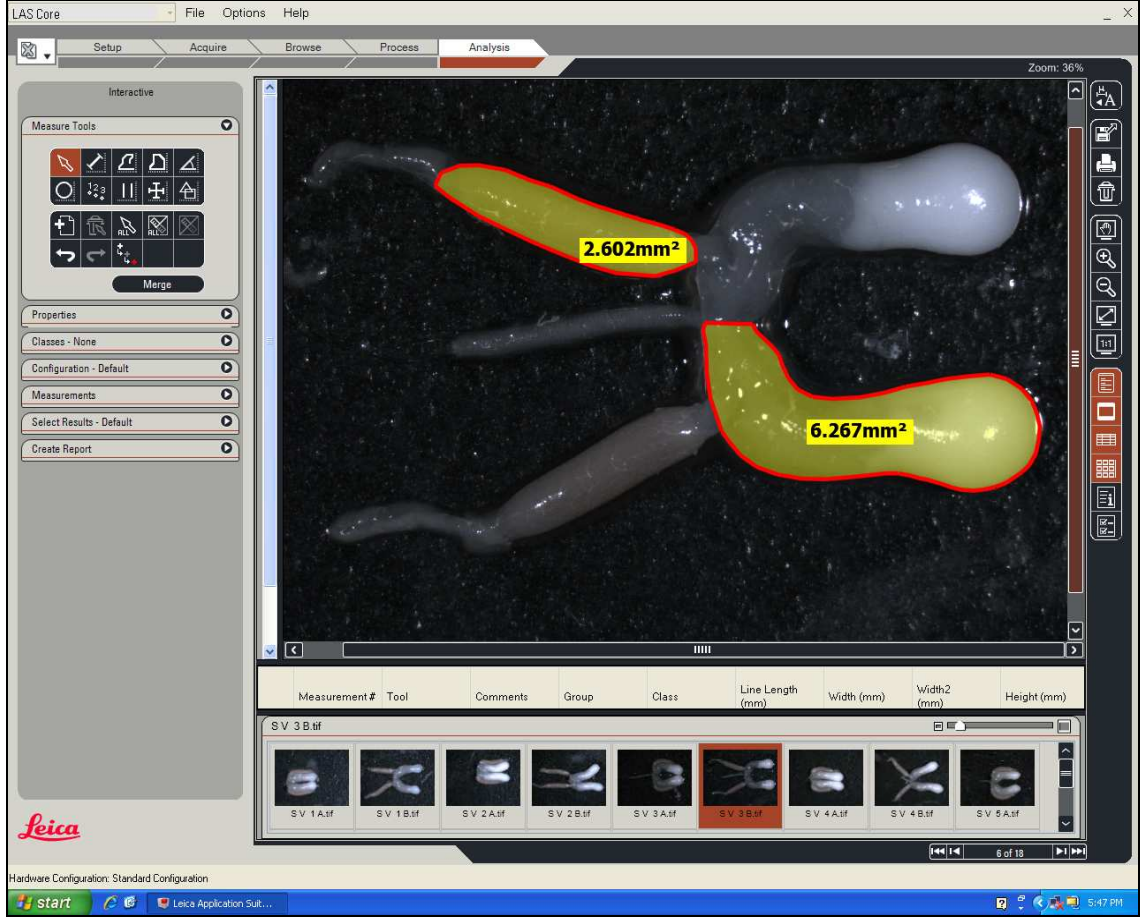
Şekil 3.7 Seminal keseler ve mukus bezlerinin abdomenden çıkartılması



Şekil 3.8 Stereo-mikroskop (Leica, Z16 Apo) ve görüntüleme-analiz sistemi



Şekil 3.9 Seminal kese ve mukus bezi uzunluğunun ölçümünü gösteren görüntü analiz programı (LAS) arayüzü



Şekil 3.10 Seminal kese ve mukus bezi alanı ölçümünü gösteren görüntü analiz programı (LAS) arayüzü

### 3.2.2.3 Sperm sayısı ve sperm canlılığının belirlenmesi

Daha önce belirtildiği gibi üreme organlarının ağırlıkları için disekte edilen erkek arıların seminal keselerinde sperm sayısı, üreme organlarının boyutları için disekte edilen erkek arıların seminal keselerinde ise sperm canlılığı ölçümleri yapılmıştır. Sperm sayısının belirlenmesi için spektrofotometre (Shimadzu UV1800) kullanılmıştır. Tartılan seminal keselerin içeriği, içine 150 µl modifiye Kiev solusyonu (100 ml saf su, 0.3 g D+glukoz, 0.41 g potasyum klorid, 0.21 g sodyum bikarbonat, 2.43 g trisodyum sitrat-2 hidrat; Moritz 1984) konulmuş bir saat camına forsep yardımı ile tamamen boşaltılmış ve solusyon içinde homojen dağıtılmıştır. Ardından homojen karışım, 850 µl modifiye Kiev solusyonu içeren kuvars küvete (Hellma, 1.4 ml) aktarılmıştır. Küvet içeriği mikropipet yardımı ile homojenize edildikten sonra küvet spektrofotometreye

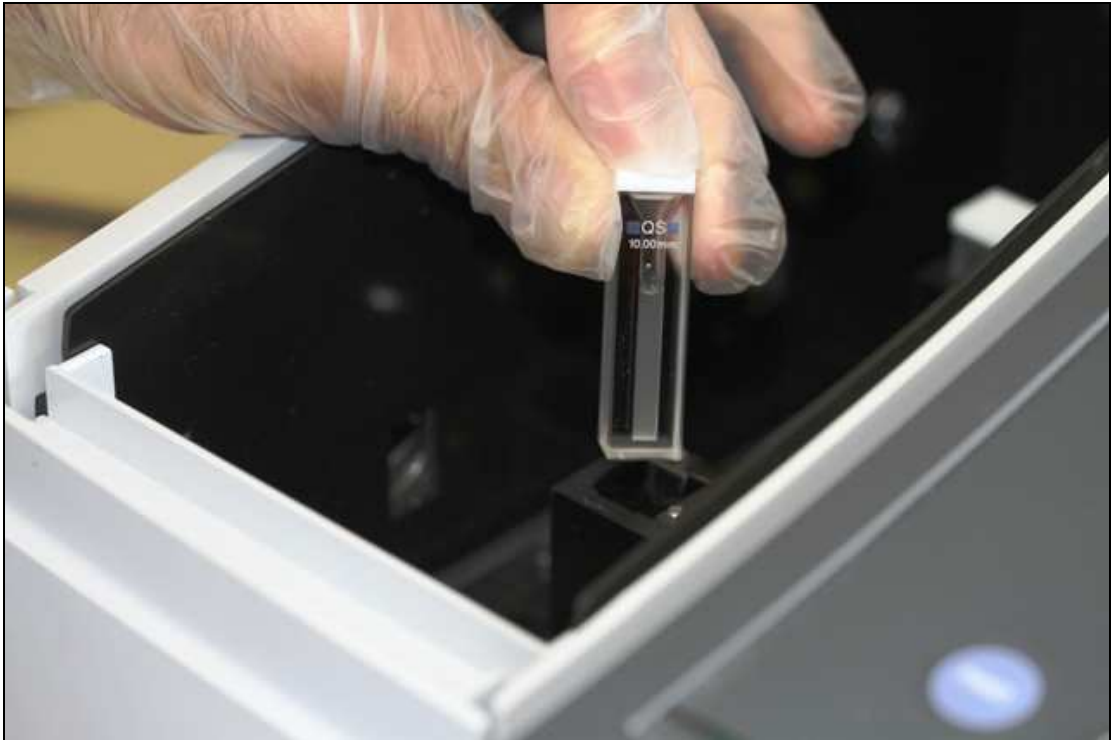


yerleştirilerek (Şekil 3.11-3.12) 260 nm dalga boyunda absorbans değeri elde edilmiştir (Gençer ve Kahya 2011). Her erkek arının seminal kese içeriğinin absorbans değerini sperm sayısına dönüştürmek amacıyla bir kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. Kalibrasyon eğrisinin oluşturulması için ayrıca 12 erkek arı disekte edilerek seminal keseleri çıkartılmış ve yukarıda anlatıldığı gibi her erkek arısemenin absorbans değeri elde edilmiştir. Kuvars küvet içinden Thoma lamına semen + solusyon karışımından örnek alınarak mikroskop altında (Leica DM3000, büyütme: 400X) sperm sayımı yapılmıştır (Mackensen ve Tucker 1970). Her absorbans değerine karşılık gelen mikroskopik sayım değerleri spektrofotometrenin yazılım programı (Shimadzu-UV Probe, Version 2.33) aracılığı ile eşleştirilerek kalibrasyon eğrisi elde edilmiştir. Her erkek arının semeninin verdiği absorbans değeri kalibrasyon eğrisi aracılığı ile sperm sayısına dönüştürülmüştür.

Sperm canlılığı testi boyut ölçümü için görüntüsü alınan seminal keselerin her ikisinin semen içeriğinde yapılmıştır. Bunun için seminal keseler dikkatlice mukus bezleri ile birleştikleri yerlerden bir forsep yardımı ile alınmışlar ve 150 µl modifiye Kiev solusyonu doldurulmuş saat camı içerisine aktarılmışlardır. Ardından seminal keseler forsep yardımıyla dikkatlice boşaltılmışlardır. Saat camı çok hafif hareketlerle çalkalanarak keselerden boşaltılan semenin modifiye Kiev solusyonu içinde homojen karıştırılmıştır. Bunun ardından saat camı içindeki homojen karışım mikropipet yardımıyla mikrosantrifüj (1.6 ml) tüpüne aktarılmıştır (Gençer ve Kahya 2011).



Şekil 3.11 Sperm sayısının belirlenmesinde kullanılan spektrofotometre (Shimadzu, UV1800)



Şekil 3.12 Kuvars küvet içinde Kiev solusyonu ile homojen karıştırılmış semen örneğinin spektrofotometreye yerleştirilmesi

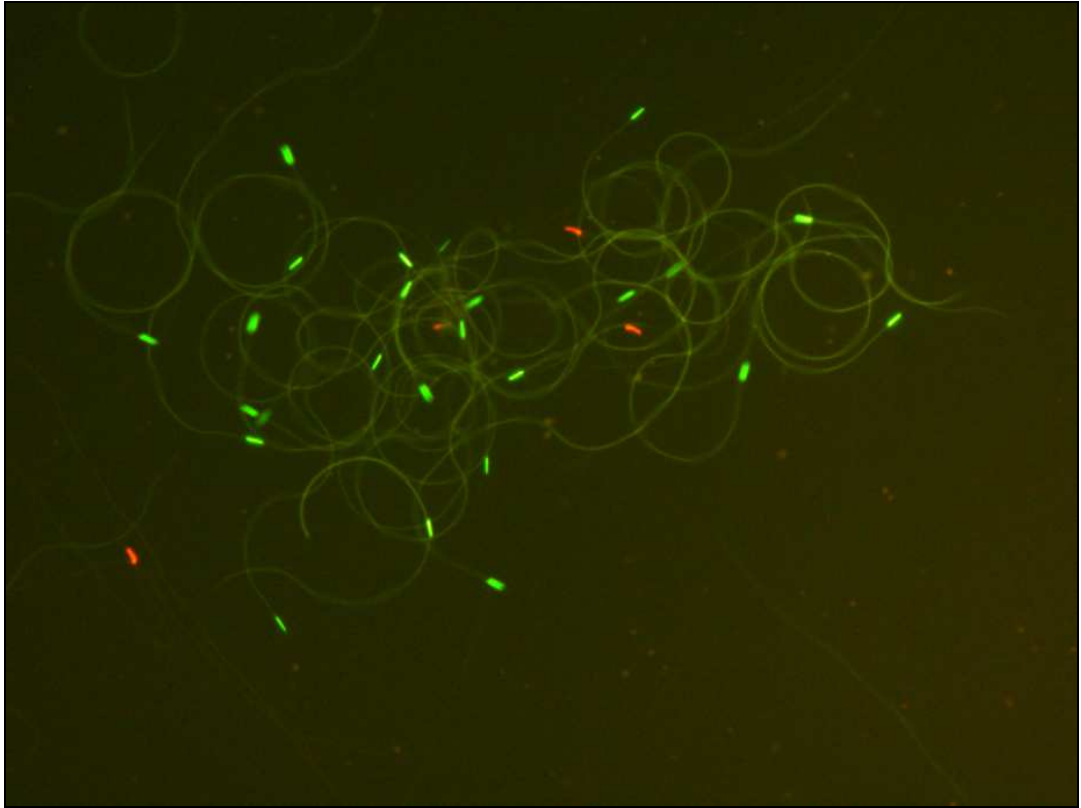
Sperm canlılığı ikili floresan boyama yöntemi (Collins ve Donoghue 1999) ile belirlenmiştir. Sperm canlılığı testinde Propidium Iodide (PI) ve SYBR-14 stok solusyonlarından oluşan Sperm Canlılık Kiti (L-7011, Molecular Probes) kullanılmıştır. Propidium Iodide (PI) ve SYBR-14 stok solusyonları distile su (PI:distile su, 1:4) ve dimetilsülfoksit (SYBR-14:DMSO, 1:50) ile sulandırılmıştır. Mikrosantrifüj tüpü içerisindeki semen-modifiye Kiev solusyonu karışımına 0.6 µl SYBR-14 ve 0.6 µl PI eklenmiş ve 36 °C'de 10 dakika su banyosunda (Şekil 3.13) inkübe edilmiştir. İnkübasyon tamamlanınca lam üzerine 1 damla (6 µl) örnek konulmuş ve üzeri lamel ile kapatılmıştır (Gençer ve Kahya 2011). Hazırlanan örnek, floresan ışık ve filtre (mavi eksitasyon filtresi: I3 ve yeşil eksitasyon filtresi: N21) ataçmanlı araştırma mikroskobu (Leica DM3000) altında (400X) incelenmiştir (Şekil 3.14). Mikrosantrifüj tüpünden alınan semen-modifiye Kiev solusyonu örneğinde canlı (yeşil) ve ölü (kırmızı) sperm hücreleri sayılmıştır (Şekil 3.15). Her erkek arının en az 400 sperm hücresi sayılmış, sperm canlılığı (%) canlı sperm sayısının toplam sperm sayısına oranı olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.13 Semen - solusyon karışımının su banyosunda (Nüve BM 302) inkübasyonu



Şekil 3.14 Floresan ataçmanlı araştırma mikroskobu (Leica DM3000)



Şekil 3.15 Floresan ataçmanlı araştırma mikroskobunda canlı (yeşil) ve ölü (kırmızı) spermilerin görüntüsü



### 3.2.3 İstatistik analizler

Farklı yaşlardaki erkek arıların canlı ağırlık, üreme organları (testisler, seminal keseler ve mukus bezleri) ağırlık ve boyutları, sperm sayısı ve sperm canlılık verileri varyans analizi (ANOVA) ile analiz edilmiştir. ANOVA öncesi sperm sayısı verileri “karekök”, sperm canlılığı verileri ise “arcsine” transformasyonu ile normalize edilmiştir. Yaşlar arasındaki farklılıkların karşılaştırılmasında Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Erkek arıların cinsel olgunlaşma sürecinde (0-12 günlük yaşlar arası) ve sonrasında (12-40 günlük yaşlar arası) canlı ağırlık ve üreme organlarında gözlenen değişimin oransal büyüklüğünü karşılaştırabilmek için varyasyon katsayıları (VK, %) hesaplanmıştır. Ayrıca, canlı ağırlık, üreme organlarının ağırlık ve boyut özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Bölüm 3.2.2’de açıklanan gerekçeye dayanarak erkek arıların bir kısmında üreme organlarının ağırlıkları, diğer kısmında ise boyutları (uzunluk ve alan) ölçülmüştür. Ağırlık özellikleri ile boyut özellikleri arasındaki korelasyonları hesaplamayı olanaklı kılmak için bireysel veriler yerine her bir yaş grubuna ait koloni ortalamalarından yararlanılmıştır. Bütün istatistik analizler SPSS (Version 11.5) paket programı kullanılarak yapılmıştır.

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

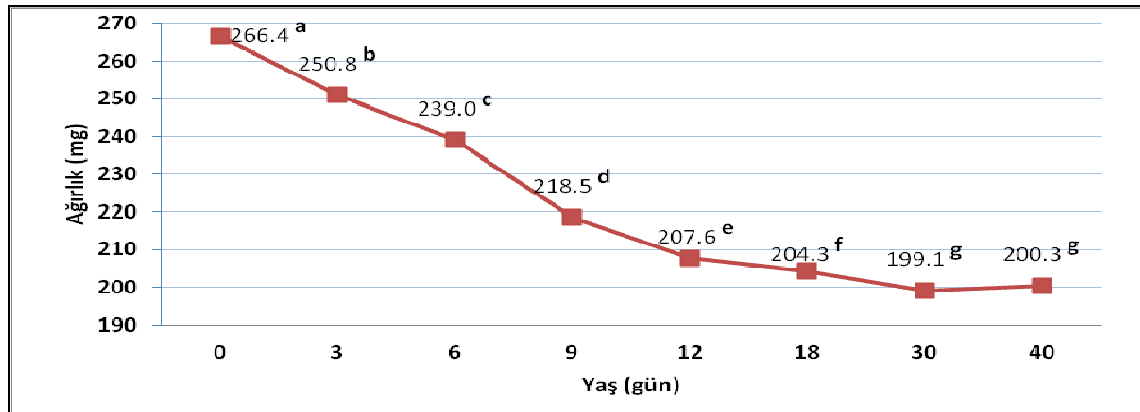
### 4.1 Erkek Arıların Canlı Ağırlıkları

Ergin çıkışlarında markalanmış 3060 erkek arıdan 403'ünün farklı yaşlarda canlı ağırlıkları saptanmıştır (Çizelge 4.1). Farklı yaşlardaki erkek arıların canlı ağırlık ortalamaları arasındaki farklılıklar önemlidir ( $P < 0.01$ ). Erkek arıların canlı ağırlıkları sıfır (0) günlük yaştan başlayarak 30 günlük yaşa kadar sürekli düşüş kaydetmiş, 30 günlük yaştan sonra ise ağırlık değişmemiştir (Şekil 4.1). Çıkış ile 30 günlük yaş arasındaki tüm yaş gruplarının (0, 3, 6, 9, 12, 18, 30) ortalama canlı ağırlıkları birbirlerinden farklı ( $P < 0.05$ ), 30 ve 40 günlük yaştaki erkek arıların ortalama canlı ağırlıkları arasındaki fark ise önemsiz ( $P > 0.05$ ) bulunmuştur. Erkek arılar 0-12 günlük yaş arasında, çıkış ağırlığının %22'si kadar ağırlık kaybına uğramışlardır. Canlı ağırlıkta en fazla düşüş (20.5 mg) 6 günlük yaş ile 9 günlük yaş arasında olmuştur.

Çizelge 4.1 Erkek arıların farklı yaşlarda canlı ağırlıkları (mg)\*

Yaş (gün)	n	Ortalama	Standart Hata	Minimum	Maksimum
0	46	266.4 a	1.68	249.9	304.1
3	43	250.8 b	1.03	226.2	263.9
6	44	239.0 c	1.18	226.0	257.5
9	45	218.5 d	0.83	210.0	229.5
12	65	207.6 e	0.62	197.4	224.1
18	67	204.3 f	0.56	191.9	214.3
30	67	199.1 g	0.49	188.8	207.6
40	26	200.3 g	1.01	188.9	206.8
<b>VK (%)</b>		<b>0-12 gün arası: 9.9</b>		<b>12-40 gün arası: 2.8</b>	

\* Aynı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistik olarak önemsizdir.



Şekil 4.1 Erkek arılarda canlı ağırlığın yaşa bağlı değişimi

## 4.2 Üreme Organlarının Ağırlık ve Boyutları

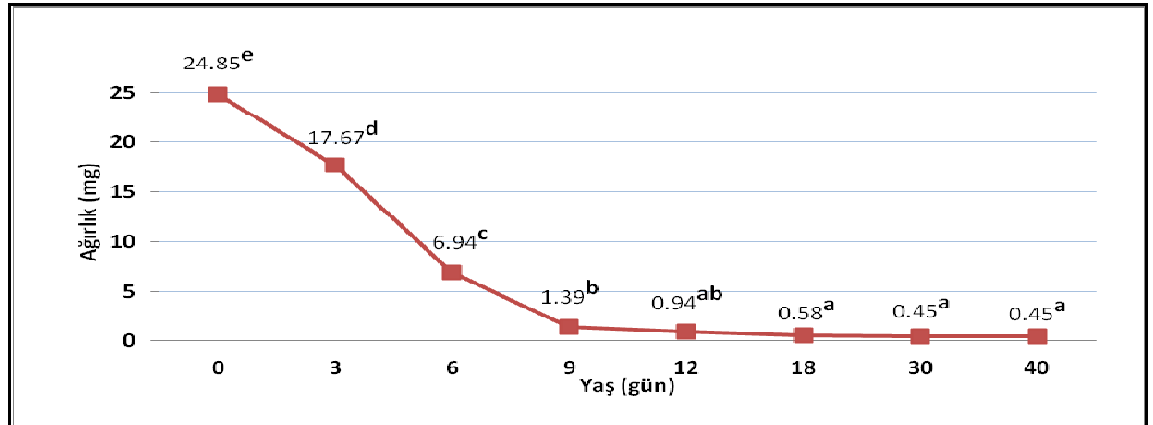
### 4.2.1 Testislerin ağırlığı

Toplam 318 erkek arıda testislerin ağırlığı ölçülmüştür (Çizelge 4.2). Erkek arıların testislerinin ağırlıklarında yaşa bağlı önemli farklılıklar saptanmıştır ( $P < 0.01$ ). Erkek arıların testislerinin ağırlıkları ergin çıkıştan başlayarak 12 günlük yaşa kadar azalmış, 12 günlük yaştan sonra önemli değişiklik kaydedilmemiştir (Şekil 4.2). Çıkış ile 9 günlük yaş arasındaki tüm yaş gruplarının (0, 3, 6, 9) ortalama ağırlıkları birbirlerinden farklıdır ( $P < 0.05$ ). Testislerin ağırlığı 9 ile 18 günlük yaşlar arasında da azalmaya devam etmiş ( $P < 0.05$ ), sonrasında ise önemli düzeyde değişmemiştir ( $P > 0.05$ ). Erkek arılar 12 günlük yaşa ulaştıklarında testislerin ağırlığı ergin çıkıştaki testislerin ağırlığının %3.8'i kadar olmuştur. Testislerin ağırlığında saptanan en fazla düşüş (10.7 mg) 3 günlük yaş ile 6 günlük yaş arasında gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.2 Farklı yaşlarda erkek arıların testislerinin ağırlıkları (mg)\*

Yaş (gün)	n	Ortalama	Standart Hata	Minimum	Maksimum
0	44	24.85 e	0.335	19.1	29.5
3	43	17.67 d	0.267	12.5	20.8
6	44	6.94 c	0.443	3.0	13.2
9	45	1.39 b	0.042	0.9	2.1
12	42	0.94 ab	0.042	0.5	2.2
18	43	0.58 a	0.022	0.3	0.8
30	47	0.45 a	0.017	0.3	0.8
40	10	0.45a	0.037	0.3	0.6
<b>VK (%)</b>		<b>0-12 gün arası: 92.9</b>		<b>12-40 gün arası: 43.1</b>	

\* Aynı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistik olarak önemsizdir.



Şekil 4.2 Erkek arılarda testislerin ağırlığının yaşa bağlı değişimi

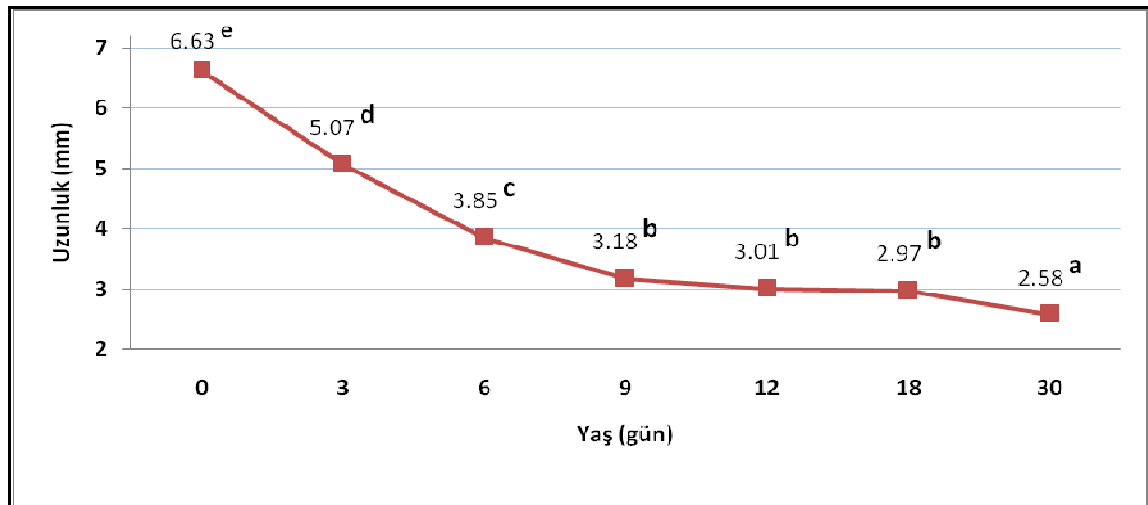
#### 4.2.2 Testis uzunluğu

Testis uzunluğu toplam 265 erkek arıda ölçülmüştür (Çizelge 4.3). Farklı yaşlardaki erkek arıların testislerinin uzunluklarında önemli farklılıklar saptanmıştır ( $P < 0.01$ ). Erkek arıların testis uzunlukları ergin çıkıştan başlayarak 30 günlük yaşa kadar azalmıştır (Şekil 4.3). Çıkış ile 9 günlük yaş arasındaki tüm yaş gruplarının (0, 3, 6, 9) testis uzunluk ortalamaları birbirinden farklıdır ( $P < 0.05$ ). Testis uzunluğu 9 ile 18 günlük yaşlar arasında azalmaya devam etmekle birlikte bu azalma istatistik olarak önemsiz bulunmuş ( $P > 0.05$ ), 18-30 günlük yaş arasında ise önemli düzeyde ( $P < 0.05$ ) azalmıştır. Erkek arılar 9 günlük yaşa ulaştıklarında testis uzunluğu başlangıç uzunluğuna göre %52, 30 günlük yaşa ulaştıklarında ise %61 daha kısa bulunmuştur. Testis uzunluğunda saptanan en fazla düşüş (1.56 mm) çıkış ile 3 günlük yaş arasında gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.3 Farklı yaşlarda erkek arıların testis uzunlukları (mm)\*

Yaş (gün)	n	Ortalama	Standart Hata	Minimum	Maksimum
0	37	6.63 e	0.084	5.59	7.58
3	39	5.07 d	0.103	3.87	6.38
6	30	3.85 c	0.098	2.72	4.76
9	36	3.18 b	0.091	2.06	3.95
12	40	3.01 b	0.063	2.19	4.00
18	42	2.97 b	0.076	1.71	4.00
30	41	2.58 a	0.080	1.26	3.59
<b>VK (%)</b>		<b>0-12 gün arası: 33.8</b>		<b>12-30 gün arası: 17.7</b>	

\* Aynı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistik olarak önemsizdir.



Şekil 4.3 Erkek arılarda testis uzunluğunun yaşa bağlı değişimi

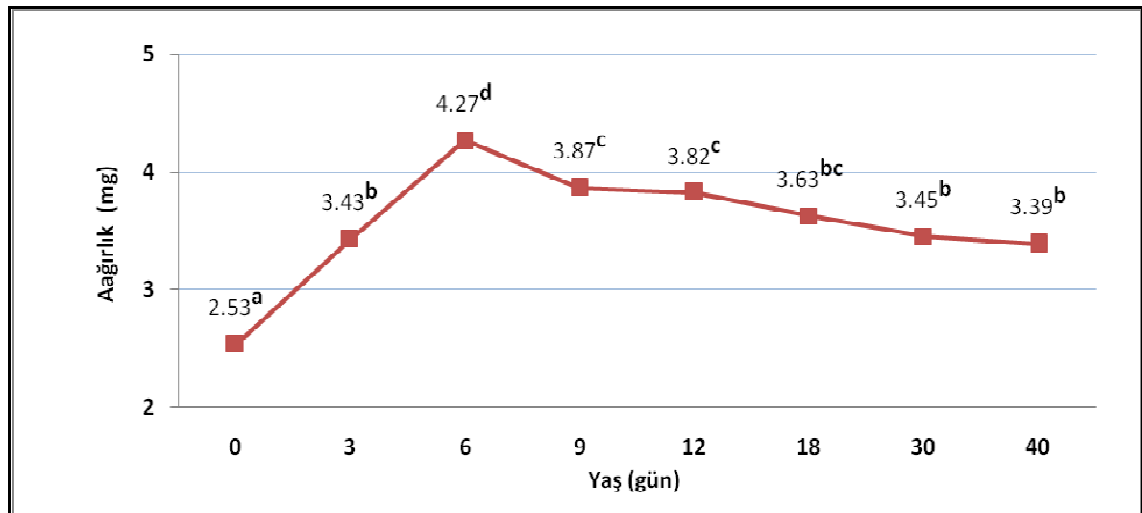
#### 4.2.3 Seminal keselerin ağırlığı

Erkek arılarda seminal keselerin ağırlığının yaşa bağlı değişiminin belirlenmesi için toplam 188 erkek arı kullanılmıştır (Çizelge 4.4). Seminal keselerin ağırlığının yaşa bağlı değişimi ( $P < 0.01$ ) Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Çıkıştan 6 günlük yaşa kadar seminal keselerin ağırlığı önemli düzeyde ( $P < 0.05$ ) artmıştır. Seminal keselerin ağırlığı 6 günlük yaştan 18 günlük yaşa kadar giderek azalmış ( $P < 0.05$ ), sonrasında ise değişmemiştir ( $P > 0.05$ ). Erkek arıların seminal keseleri maksimum ağırlığa 6 günlük yaşta ulaşmış (4.27 mg), ergin çıkışta saptanan seminal keselerin ağırlığının %68.7'si kadar artış olmuştur. Erkek arılar 40 günlük yaşa ulaştıklarında ise seminal keseleri 6 günlük yaştaki seminal keselerin ağırlığının %20.6'sı kadar hafiflemiştir.

Çizelge 4.4 Farklı yaşlarda erkek arıların seminal keselerinin ağırlıkları (mg)\*

Yaş (gün)	n	Ortalama	Standart Hata	Minimum	Maksimum
0	25	2.53 a	0.088	2.0	3.8
3	24	3.43 b	0.105	2.6	4.7
6	26	4.27 d	0.112	3.0	5.0
9	24	3.87 c	0.077	3.3	4.8
12	25	3.82 c	0.092	2.9	5.1
18	26	3.63 bc	0.049	3.2	4.2
30	28	3.45 b	0.053	2.9	4.1
40	10	3.39 b	0.086	3.0	3.9
<b>VK (%)</b>		<b>0-12 gün arası: 21.2</b>		<b>12-40 gün arası: 10.1</b>	

\* Aynı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistik olarak önemsizdir.



Şekil 4.4 Erkek arılarda seminal keselerin ağırlığının yaşa bağlı değişimi

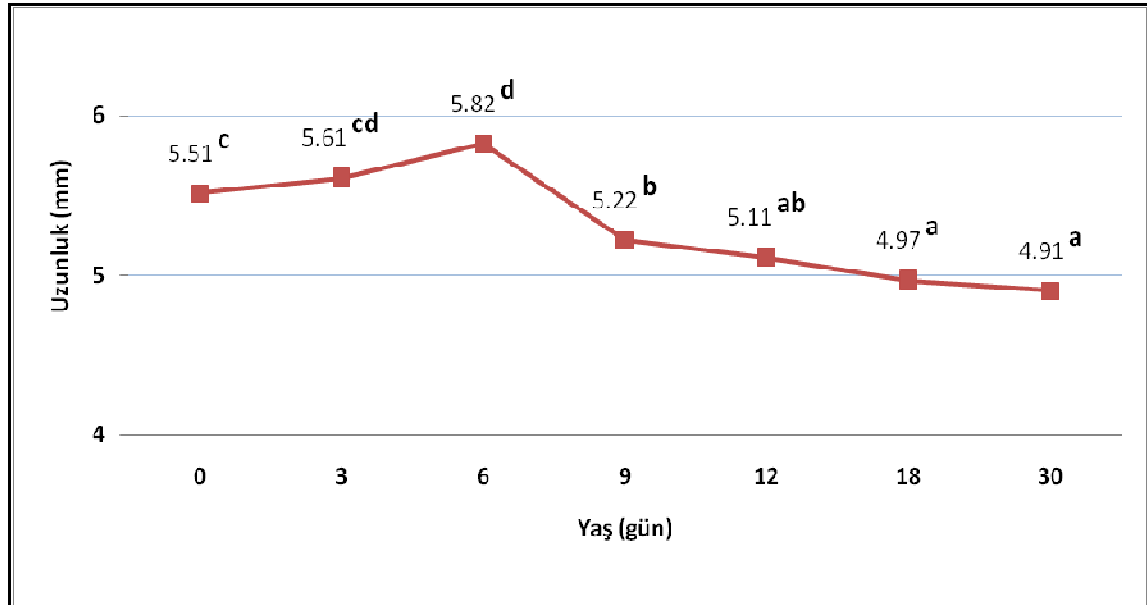
#### 4.2.4 Seminal kese uzunluğu

Toplam 126 erkek arının tek seminal kesesinin uzunluğu ölçülmüştür. Seminal kese uzunluğu erkek arı yaşına bağlı olarak değişmiştir ( $P < 0.01$ , Çizelge 4.5, Şekil 4.5). Seminal kese ağırlığında olduğu gibi ortalama seminal kese uzunlukları çıkıştan 6 günlük yaşa kadar artmıştır ( $P < 0.05$ ). Seminal keseler maksimum uzunluğa 6 günlük yaşta ulaşmıştır (5.82 mm). Uzunluk 6 günlük yaştan 12 günlük yaşa kadar giderek azalmış ( $P < 0.05$ ), sonrasında ise değişmemiştir ( $P > 0.05$ ).

Çizelge 4.5 Farklı yaşlarda erkek arıların seminal kese uzunlukları (mm)\*

Yaş (gün)	n	Ortalama	Standart Hata	Minimum	Maksimum
0	15	5.51 c	0.093	4.88	5.97
3	18	5.61 cd	0.092	5.02	6.48
6	17	5.82 d	0.087	5.17	6.42
9	20	5.22 b	0.080	4.58	5.85
12	18	5.11 ab	0.077	4.37	5.61
18	18	4.97 a	0.068	4.35	5.50
30	20	4.91 a	0.070	4.28	5.45
VK (%)		0-12 gün arası: 8.1		12-30 gün arası: 6.3	

\* Aynı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistik olarak önemsizdir.



Şekil 4.5 Erkek arılarda seminal kese uzunluğunun yaşa bağlı değişimi

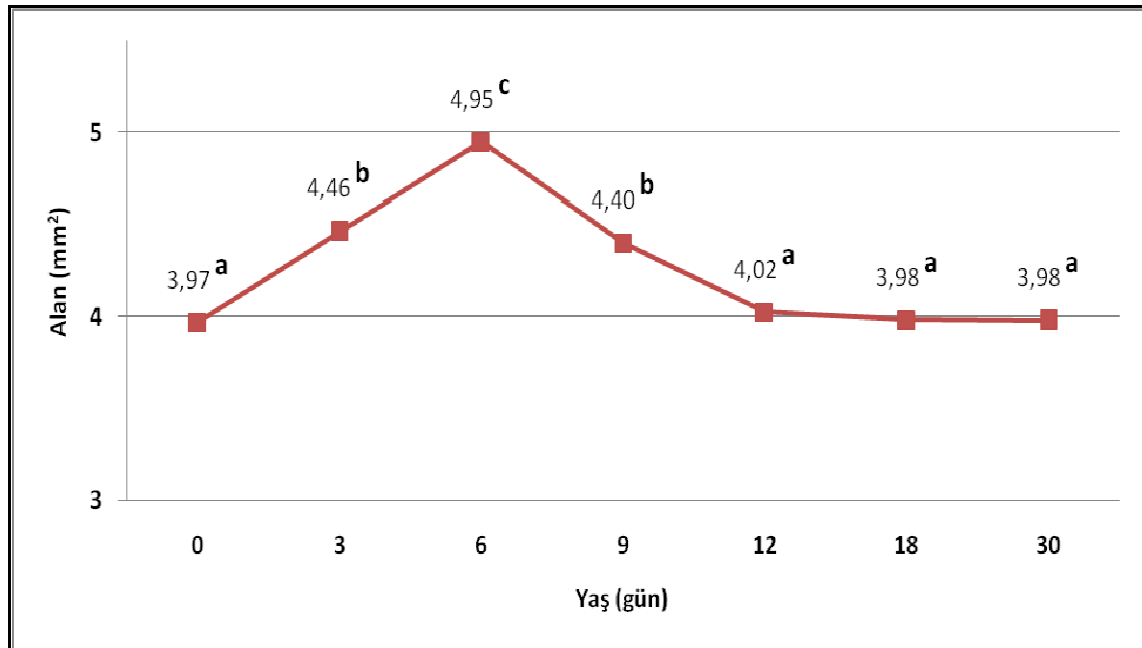
#### 4.2.5 Seminal kese alanı

Seminal kese alanı toplam 125 erkek arının tek seminal kesesinde ölçülmüştür. Seminal kese alanı erkek arı yaşından etkilenmiştir ( $P < 0.01$ , Çizelge 4.6, Şekil 4.6). Seminal kese alanı çıkıştan 6 günlük yaşa kadar %20.6 artarak ( $P < 0.05$ ) maksimum düzeye ( $4.95 \text{ mm}^2$ ) ulaşmıştır. Altı günlük yaştan 12 günlük yaşa kadar seminal kese alanı azalmış ( $P < 0.05$ ), 12 ile 30 günlük yaş arasında önemli değişiklik olmamıştır ( $P > 0.05$ ). Otuz günlük yaşta saptanan ortalama seminal kese alanı ( $3.98 \text{ mm}^2$ ), ergin çıkışta saptanan ortalama seminal kese alanı ( $3.97 \text{ mm}^2$ ) ile neredeyse aynıdır.

Çizelge 4.6 Farklı yaşlarda erkek arıların seminal kese alanları ( $\text{mm}^2$ )\*

Yaş (gün)	n	Ortalama	Standart Hata	Minimum	Maksimum
0	13	3.97 a	0.099	3.23	4.38
3	18	4.46 b	0.132	3.65	5.67
6	17	4.95 c	0.128	4.22	5.86
9	21	4.40 b	0.076	3.66	5.07
12	18	4.02 a	0.084	3.31	4.71
18	18	3.98 a	0.078	3.43	4.86
30	20	3.98 a	0.069	3.41	4.68
VK (%)		0-12 gün arası: 12.6		12-30 gün arası: 8.1	

\* Aynı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistik olarak önemsizdir.



Şekil 4.6 Erkek arılarda seminal kese alanının yaşa bağlı değişimi

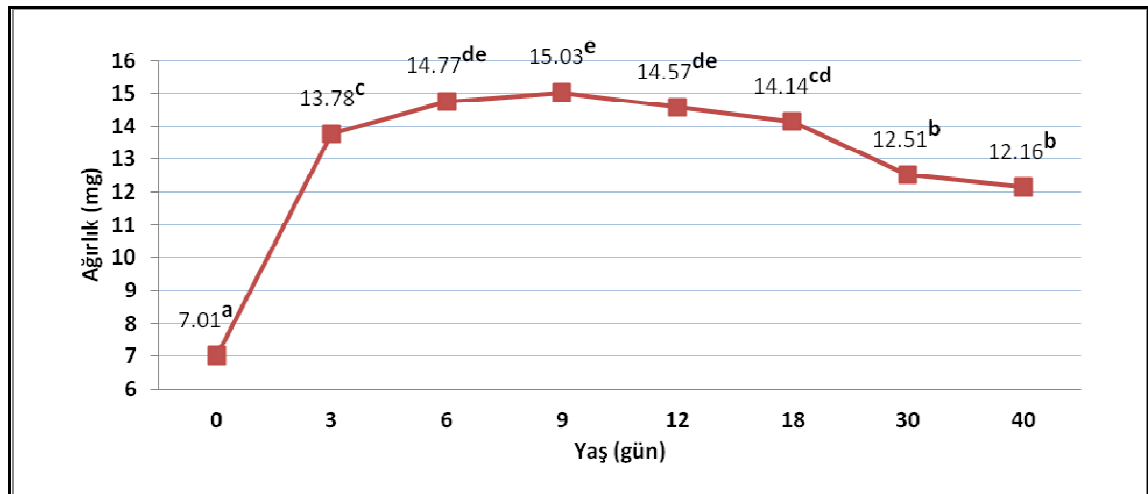
#### 4.2.6 Mukus bezlerinin ağırlığı

Erkek arılarda mukus bezlerinin ağırlığının yaşa bağlı değişimi için 188 erkek arı disekte edilmiştir. Mukus bezlerinin ağırlığına ilişkin tanımlayıcı değerler Çizelge 4.7’de ve değişim grafiği Şekil 4.7’de sunulmuştur. Mukus bezlerinin ağırlığı yaş ile birlikte değişmektedir ( $P < 0.01$ ). Çıkıştan 6 günlük yaşa kadar mukus bezlerinin ağırlığı önemli düzeyde ( $P < 0.05$ ) artmıştır. Mukus bezleri ağırlığındaki artış 9 günlük yaşa (15.0 mg) kadar devam etmiş, bundan sonra 30 günlük yaşa kadar dereceli olarak azalmıştır ( $P < 0.05$ ). Otuz ile 40 gün arasında ise ağırlık değişimi olmamıştır. Ergin çıkışta ortalama 7.01 mg olan mukus bezleri 9 günlük yaşta ortalama 15.03 mg’a ulaşarak %114 ağırlık kazanmışlardır. Erkek arılar 40 günlük yaşa ulaştıklarında mukus bezleri, 9 günlük yaştaki ağırlığın %19’u kadar hafiflemiştir.

Çizelge 4.7 Farklı yaşlarda erkek arıların mukus bezlerinin ağırlıkları (mg)\*

Yaş (gün)	n	Ortalama	Standart Hata	Minimum	Maksimum
0	25	7.01 a	0.153	5.7	8.6
3	24	13.78 c	0.287	9.7	15.7
6	26	14.77 de	0.166	12.9	16.4
9	24	15.03 e	0.149	13.6	16.5
12	25	14.57 de	0.125	13.4	15.6
18	26	14.14 cd	0.129	12.6	15.4
30	28	12.51 b	0.319	9.9	15.1
40	10	12.16 b	0.590	9.7	14.6
<b>VK (%)</b>		<b>0-12 gün arası: 24.5</b>		<b>12-40 gün arası: 11.5</b>	

\* Aynı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistik olarak önemsizdir.



Şekil 4.7 Erkek arılarda mukus bezlerinin ağırlığının yaşa bağlı değişimi



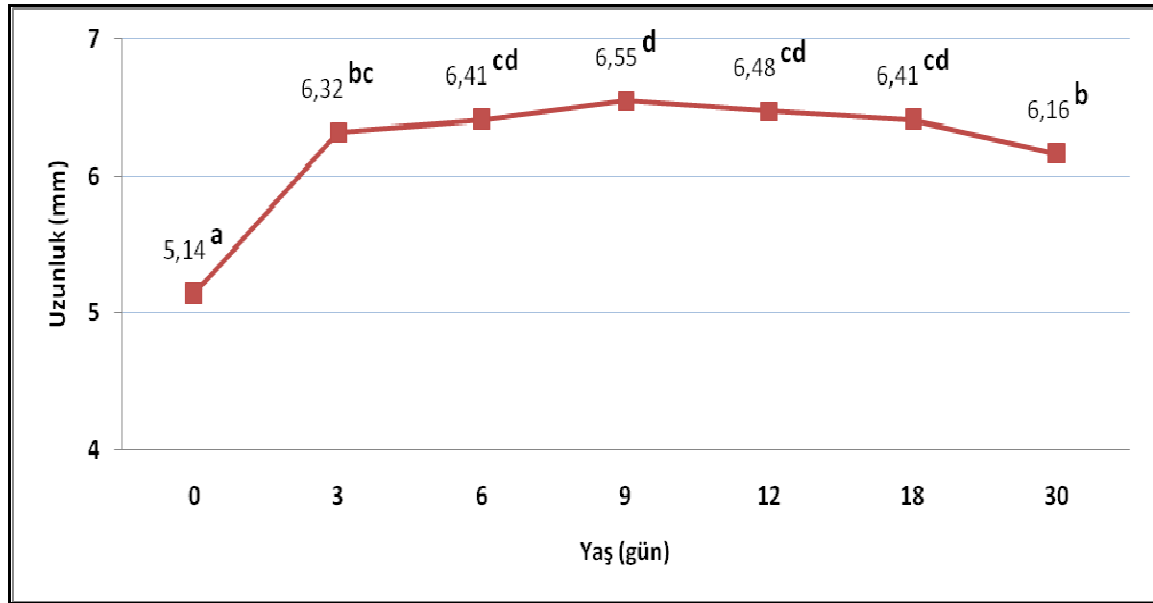
#### 4.2.7 Mukus bezi uzunluğu

Mukus bezi çiftinin tekinde uzunluğun belirlenmesi için 130 erkek arı kullanılmıştır (Çizelge 4.8). Mukus bezi uzunluğu erkek arı yaşına bağlı olarak değişmiştir ( $P < 0.01$ , Şekil 4.8). Mukus bezi ağırlığında olduğu gibi ortalama mukus bezi uzunlukları çıkıştan 9 günlük yaşa kadar artmıştır ( $P < 0.05$ ). Mukus bezi maksimum uzunluğa 9 günlük yaşta ulaşmış, sonrasında 30 günlük yaşa kadar giderek azalmıştır.

Çizelge 4.8 Farklı yaşlarda erkek arıların mukus bezi uzunlukları (mm)\*

Yaş (gün)	n	Ortalama	Standart Hata	Minimum	Maksimum
0	17	5.14 a	0.063	4.70	5.80
3	19	6.32 bc	0.100	5.19	7.10
6	17	6.41 cd	0.074	5.88	6.98
9	21	6.55 d	0.056	6.07	6.97
12	18	6.48 cd	0.071	6.11	7.23
18	18	6.41 cd	0.059	5.96	6.85
30	20	6.16 b	0.083	5.15	6.77
VK (%)		0-12 gün arası: 9.7		12-30 gün arası: 5.3	

\* Aynı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistik olarak önemsizdir.



Şekil 4.8 Erkek arılarda mukus bezi uzunluğunun yaşa bağlı değişimi

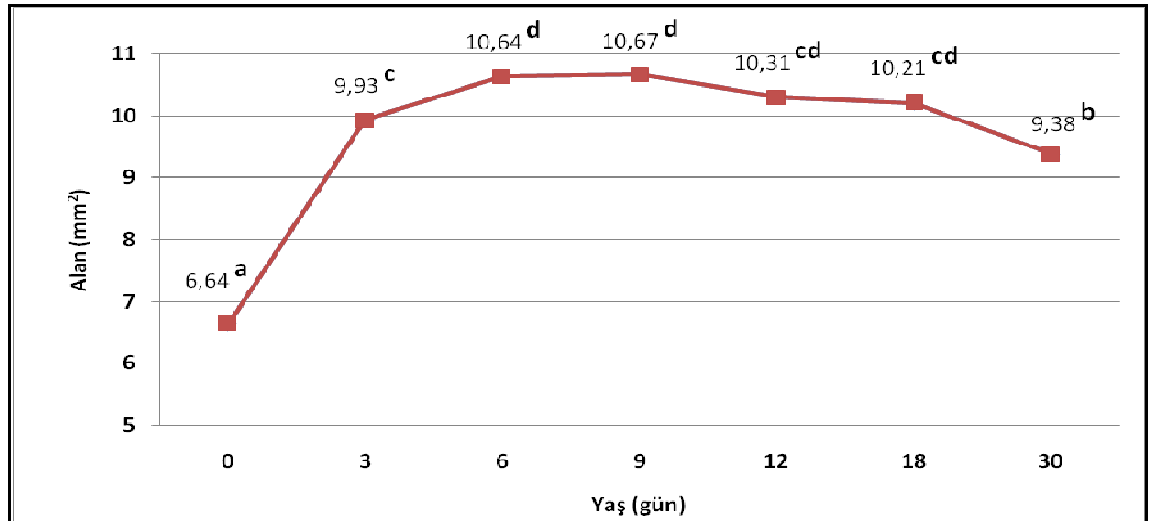
#### 4.2.8 Mukus bezi alanı

Erkek arılarda mukus bezi alanının yaşa bağlı değişiminin belirlenmesi için toplam 130 erkek arının tek mukus bezinin alanı ölçülmüş ve mukus bezi alanının yaşa bağlı değişimi Çizelge 4.9 ve Şekil 4.9'da sunulmuştur. Mukus bezi alanı erkek arı yaşından etkilenmiştir ( $P < 0.01$ ). Mukus bezi alanı çıkıştan 9 günlük yaşa kadar %60.7 artarak maksimum düzeye ( $10.67 \text{ mm}^2$ ) ulaşmıştır. Dokuz günlük yaştan 30 günlük yaşa kadar mukus bezi alanı azalmıştır. On iki-18 günlük yaş arasında gözlenen azalma önemsiz ( $P > 0.05$ ), 18-30 günlük yaş arasında gözlenen azalma ise önemli ( $P < 0.05$ ) bulunmuştur.

Çizelge 4.9 Farklı yaşlarda erkek arıların mukus bezi alanları ( $\text{mm}^2$ )\*

Yaş (gün)	n	Ortalama	Standart Hata	Minimum	Maksimum
0	17	6.64 a	0.197	5.04	8.30
3	19	9.93 c	0.247	7.06	11.38
6	17	10.64 d	0.132	9.84	11.64
9	21	10.67 d	0.091	9.78	11.49
12	18	10.31 cd	0.104	9.42	11.08
18	18	10.21 cd	0.228	9.47	10.76
30	20	9.38 b	0.272	7.68	10.89
VK (%)		0-12 gün arası: 16.9		12-30 gün arası: 8.0	

\* Aynı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistik olarak önemsizdir.



Şekil 4.9 Erkek arılarda mukus bezi alanının yaşa bağlı değişimi

### 4.3 Sperm Özellikleri

#### 4.3.1 Sperm sayısı

Erkek arıların seminal keselerinde sperm sayısı 8.6 milyon ile 13.7 milyon arasında değişmiştir. On iki, 18, 30 ve 40 günlük yaşta disekte edilen erkek arıların seminal keselerinde saptanan sperm sayıları Çizelge 4.10'da sunulmuştur. Farklı yaştaki erkek arıların seminal keselerindeki ortalama sperm sayıları farklı bulunmamıştır ( $P > 0.05$ , Şekil 4.10).

#### 4.3.2 Sperm canlılığı

Erkek arıların seminal keselerinde saptanan sperm canlılığı %95'in üzerindedir (Çizelge 4.11, Şekil 4.11). Farklı yaştaki erkek arıların seminal keselerindeki ortalama sperm canlılıkları farklı bulunmamıştır ( $P > 0.05$ ). Sperm sayısında olduğu gibi sperm canlılığı erkek arı yaşına bağlı olarak değişmemiştir.

Çizelge 4.10 Farklı yaşlarda erkek arıların sperm sayıları ( $\times 10^6$ )\*

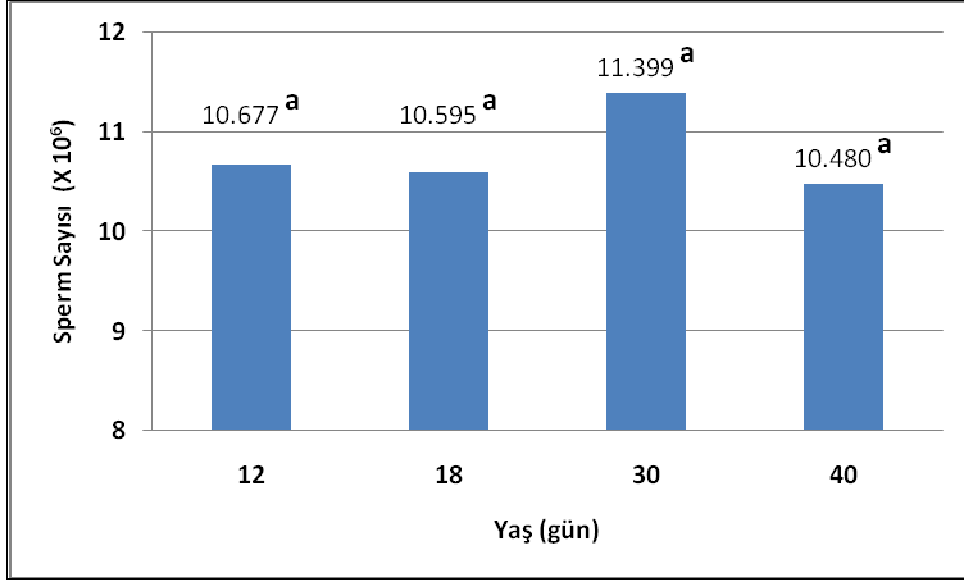
Yaş (gün)	n	Ortalama	Standart Hata	Minimum	Maksimum
12	15	10.677 a	0.402	8.633	13.188
18	18	10.595 a	0.244	8.964	13.054
30	17	11.399 a	0.349	9.219	13.738
40	11	10.480 a	0.239	8.788	11.835
Genel	61	10.819	0.165	8.633	13.738

\* Aynı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistik olarak önemsizdir.

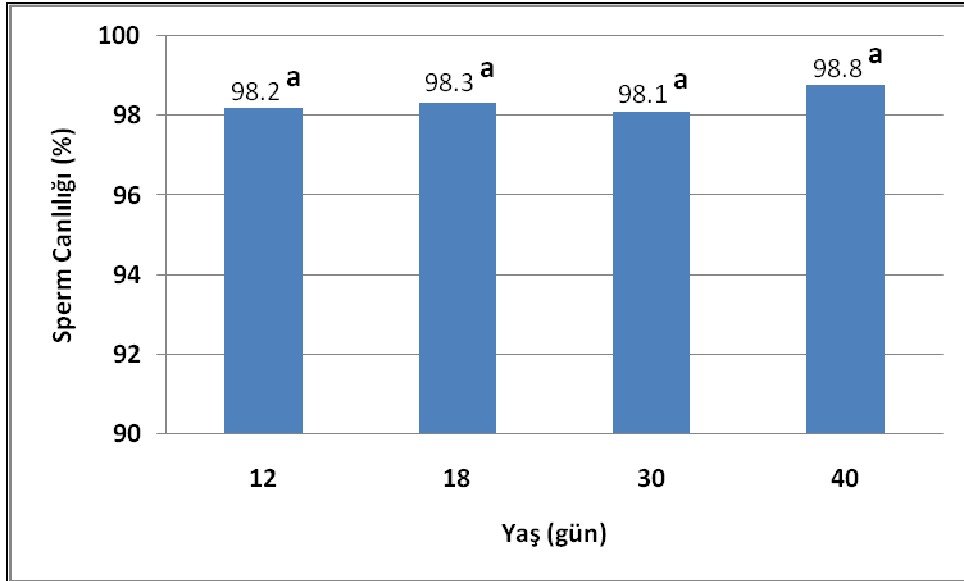
Çizelge 4.11 Farklı yaşlarda erkek arıların sperm canlılıkları (%)\*

Yaş (gün)	n	Ortalama	Standart Hata	Minimum	Maksimum
12	15	98.18 a	0.002	97.0	99.3
18	15	98.32 a	0.002	97.1	99.4
30	15	98.01 a	0.002	96.4	99.1
40	10	98.76 a	0.002	97.2	99.5
Genel	55	98.30	0.001	96.4	99.5

\* Aynı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistik olarak önemsizdir.



Şekil 4.10 Farklı yaşlarda erkek arıların sperm sayıları (X 10<sup>6</sup>)



Şekil 4.11 Farklı yaşlarda erkek arıların sperm canlılıkları (%)

#### 4.4 Özellikler Arası İlişkiler

Erkek arıların canlı ağırlık, üreme organlarının ağırlık ve boyut özellikleri arasındaki korelasyon katsayılarını içeren matris Çizelge 4.12’de sunulmuştur.

Çizelge 4.12 Canlı ağırlık ve üreme organları ağırlık ve boyut özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları

	Canlı Ağırlık	Testis Ağırlığı	Testis Uzunluğu	Seminal Kese Ağırlığı	Seminal Kese Uzunluğu	Seminal Kese Alanı	Mukus Bezi Ağırlığı	Mukus Bezi Uzunluğu
Testis Ağırlığı	0.944** (23)							
Testis Uzunluğu	0.935** (21)	0.976** (21)						
Seminal Kese Ağırlığı	-0.418* (23)	-0.647** (23)	-0.698** (21)					
Seminal Kese Uzunluğu	0.681** (21)	0.516* (21)	0.493* (21)	0.078 (21)				
Seminal Kese Alanı	0.142 (21)	-0.084 (21)	-0.110 (21)	0.576** (21)	0.734** (21)			
Mukus Bezi Ağırlığı	-0.507* (23)	-0.679** (23)	-0.740** (21)	0.883** (23)	-0.059 (21)	0.480* (21)		
Mukus Bezi Uzunluğu	-0.585** (21)	-0.718** (21)	-0.721** (21)	0.767** (21)	-0.034 (21)	0.451* (21)	0.943** (21)	
Mukus Bezi Alanı	-0.539* (21)	-0.701** (21)	-0.708** (21)	0.838** (21)	0.104 (21)	0.635** (21)	0.938** (21)	0.936** (21)

\* P < 0.05; \*\* P < 0.01; r (n)

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada erkek arıların üreme organlarında yaşa bağlı değişim araştırılmıştır. Bunun için ergin çıkıştan 40. güne kadar farklı yaşlardaki (0, 3, 6, 9, 12, 18, 30 ve 40 gün) erkek arıların vücut ağırlıklarının ve üreme organlarının (testisler, seminal keseler ve mukus bezleri) ağırlık ve boyutları karşılaştırılmıştır. Çalışmada bundan başka, cinsel olgunlaşmış erkek arıların cinsel iktidarlarının yaşlanmayla birlikte değişip değişmediğini belirlemek amaçlanmıştır. Bunun için de cinsel iktidar ölçütü olarak sperm sayısı ve sperm canlılığı kullanılmış; 12, 18, 30 ve 40 günlük yaştaki erkek arıların seminal keselerinde sperm sayıları ve sperm canlılıkları belirlenmiştir.

Erkek arıların ergin çıkış ağırlığı ortalaması 266.4 mg saptanmıştır. Bu değer Rinderer vd. (1999)'nin bildirdikleri ergin çıkış ağırlığı ortalaması (266 mg) ile uyumlu, Gençler ve Fıratlı (2005) ve Duay vd. (2003)'nin bildirdikleri değerlerden (sırayla 273.8 mg ve 277.1 mg) biraz düşüktür. Rinderer vd. (1985a) ve De Guzman vd. (1999) ise daha düşük ergin çıkış ağırlıkları (sırayla 220.2 mg ve 256.2 mg) saptamışlardır. Bu sonuçlar, ana arılarda olduğu gibi (Kahya vd. 2008) erkek arılarda da ergin çıkış ağırlığı bakımından oldukça geniş bir varyasyon olduğunu göstermektedir.

Araştırmada, erkek arıların canlı ağırlıklarının ergin yaşamları boyunca sabit olmadığı, çıkıştan başlayarak 30 günlük yaşa kadar sürekli düştüğü saptanmıştır. Erkek arılar cinsel olgunlaşma sürecinde, 0-12 günlük yaş arasında, çıkış ağırlıklarının %22'si kadar ağırlık kaybına uğramışlardır. Bu sonuç Gençler ve Fıratlı (2005)'nin bulgusu ile uyumludur. Gençler ve Fıratlı (2005) erkek arıların ergin çıkıştan 12 günlük yaşa kadar %15 canlı ağırlık kaybına uğradıklarını saptamışlardır. Mazeed ve Mohanny (2010) 1-3, 4-6, 7-9, 10-12 ve 13-15 günlük erkek arı yaş gruplarında canlı ağırlık değişimini irdelemişler, canlı ağırlığın çıkıştan itibaren 4-6 günlük yaşa kadar arttığını, 7-9 günlük yaştan sonra ise azaldığını bildirmişlerdir. Mazeed ve Mohanny (2010)'nin hem erkek arı canlı ağırlık değerleri (örneğin 1-3 günlük ağırlık ortalaması 201 mg) hem de erkek arıların ağırlık değişim seyirleri Gençler ve Fıratlı (2005)'nin ve bu çalışmanın sonuçları ile uyumlu değildir.

Erkek arıların canlı ağırlıklarında olduğu gibi testislerinin ağırlıkları da cinsel olgunlaşma sürecinde sürekli azalmıştır. Canlı ağırlıkta en fazla düşüş (20.5 mg) 6 günlük yaş ile 9 günlük yaş arasında, testislerin ağırlığında en fazla düşüş ise (10.7 mg) 3 günlük yaş ile 6 günlük yaş arasında gerçekleşmiştir. Cinsel olgunlaşmanın beyinde dopamin salgısı ile ilişkisini irdeleyen Harano vd. (2008)'nin bulguları da bu sonuçları desteklemektedir. Harano vd. (2008) farklı yaşlardaki erkek arıların testisleri, mukus bezleri ve seminal keselerinin kuru ağırlıklarını saptamışlar, testislerin kuru ağırlıklarında azalmanın ergin çıkıştan hemen sonra başladığını, en önemli azalmanın 4. ile 8. gün arasında gerçekleştiğini saptamışlardır.

Araştırma bulguları, cinsel olgunlaşma döneminde canlı ağırlıktaki azalmada testislerin küçülmesinin önemli payının olduğunu göstermektedir. Ergin çıkıştan 30 günlük yaşa kadar erkek arıların testislerinde gerçekleşen ağırlık kaybı (24.4 mg) aynı süreçte gerçekleşen canlı ağırlık kaybının (67.3 mg) üçte birini (%36) oluşturmaktadır. Ergin çıkışta testisler canlı ağırlığın %9'unu oluştururken cinsel olgunlaşmasını tamamlamış erkek arıların testislerinin canlı ağırlıktaki payı %1'in altına düşmüştür. Bu çalışmada saptanan testis ağırlığı ortalamalarını karşılaştırmaya uygun/yarar herhangi bir kaynağa rastlanılmamıştır.

Erkek arıların cinsel olgunlaşmaları sürecinde testisler ağırlık kaybına uğrarken seminal keselerin ağırlık ve boyutu artmış ve 6 günlük yaşta maksimum ağırlık ve boyuta ulaşmıştır. Altı günlük yaştan sonra seminal keselerde ağırlık ve boyut artışı gözlenmemiştir. Harano vd. (2008) seminal keselerin kuru ağırlığının ergin çıkıştan 8 günlük yaşa kadar arttığını, bu yaştan sonra önemli bir değişiklik olmadığını saptamışlardır. Mackensen ve Tucker (1970) ise spermlerin testislerden seminal keselere geçişinin 12 günlük yaşa kadar sürdüğünü bildirmektedirler. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, testislerden seminal keselere sperm göçünün 6 günlük yaşa kadar büyük ölçüde tamamlandığı tahmin edilebilir. Altı günlük yaştan sonra, kese hacmi ve ağırlığının artmasına neden olacak büyüklükte sperm göçünün gerçekleşmediği anlaşılmaktadır. Bununla birlikte bu yargının net ifade edilebilmesi için 6 günlük yaş ile 12 günlük yaş arasında seminal keselerde sperm sayımı yapmak gerekir.

Bu çalışmada 0 günlük yaş dışında tüm yaşlarda saptanan seminal keselerin ağırlık ortalamaları, Rinderer vd. (1985a)'nin cinsel olgunlaşmış erkek arılarda saptadıkları seminal kese ağırlığı ortalamasından ( $1.6 \times 2 = 3.2$  mg) ve 18 günlük yaştaki erkek arıların seminal keselerininin ağırlık ortalaması (3.63 mg) Gençer ve Fıratlı (2005)'nin aynı yaştaki erkek arılarda saptadıkları seminal keseler ağırlığı ortalamasından (2.87 mg) yüksektir.

Seminal keselerin ağırlığının 6 günlük yaştan 18 günlük yaşa kadar, seminal kese uzunluk ve alanının ise 6 günlük yaştan 12 günlük yaşa kadar giderek azalması ilginç bir bulgudur. Bu çalışmada 12, 18, 30 ve 40 günlük erkek arıların seminal keselerinde sperm sayımı yapılmıştır. Bu nedenle 6 günlük yaş ile 12 günlük yaş arasında sperm sayısında değişim olup olmadığı bilinmemektedir. Ancak 12 günlük yaş ve sonrasında seminal keselerin sperm içeriğinde bir değişiklik olmadığı saptanmıştır. Cinsel olgunlaşmış erkek arıların sperm sayılarında azalma olmamasına karşın seminal keselerde ağırlık ve boyut azalması, cinsel olgunlaşma sürecinde seminal keselerin epitel dokusunu oluşturan hücrelerin boyutlarındaki azalmadan kaynaklanmış olabilir. Ağırlık ve boyut azalmasının diğer bir nedeni seminal kese içerisinde seminal sıvı azalması olasılığıdır. Woyke ve Jasinski (1978)'ye göre 2 haftalık yaştaki erkek arıların semenleri akıcı, 4 haftalık yaşın üzerindeki erkek arıların semenleri ise kıvamlıdır. Konsantrasyonun artması seminal kese içindeki seminal sıvının azalmasının doğal bir sonucudur. Erkek arıların seminal keselerinde yaşa bağlı histolojik değişimin irdelenmesi ve farklı yaşlardaki erkek arıların semenlerinin konsantrasyonlarının belirlenmesi her iki olasılığın hangi düzeyde geçerli olduğu yargısına ulaşmayı olanaklı kılacaktır.

Erkek arıların mukus bezlerinin morfoloji ve ultrastrüktürünü ergin çıkıştan 12 günlük yaşa kadar araştıran Moors vd. (2005), mukus bezlerinde mukus üretiminin ergin çıkıştan hemen sonra başladığını ve 6 günlük yaşta mukus bezi lumeninin distal ucunun, 9 günlük yaşta ise proksimal ucunun mukusla tamamen dolduğunu saptamışlardır. Bu tez çalışmasında da erkek arıların mukus bezlerinin ağırlığı ve boyutu en yüksek noktaya 9 günlük yaşta ulaşmıştır.



Bir diğerk ilginç bulgu ise 9 günlük yaştan 30 günlük yaşa kadar mukus bezlerinin ağırlık ve boyutunun seminal keselerde olduğu gibi dereceli olarak azalmasıdır. Yaş ile birlikte mukus bezlerinin ağırlık ve boyutunun azalması, yine seminal keselerde olduğu gibi mukus bezlerinin histolojik yapısında meydana gelen değişiklikten çok, mukusun yapısının değişmesinden (su kaybı) kaynaklanmış olabilir.

On iki günlük erkek arıların mukus bezleri ağırlık ortalaması (14.6 mg), Rinderer vd. (1985a)'nin cinsel olgunlaşmış erkek arılarda saptadıkları mukus bezleri ağırlığı ortalaması (14.2 mg) ile uyumludur. On sekiz günlük erkek arıların mukus bezleri ağırlık ortalaması (14.1 mg) ise Gençer ve Fıratlı (2005)'nin aynı yaştaki erkek arılarda saptadıkları mukus bezleri ağırlığı ortalamasından (12. 5 mg) biraz yüksektir.

Erkek arıların mukus bezi uzunlukları ve alanları çıkıştan 9 günlük yaşa kadar artmış, sonrasında 30 günlük yaşa kadar giderek azalmıştır. Mazeed ve Mohanny (2010) mukus bezi uzunluğunun çıkıştan başlayarak 4-6 günlük yaşa kadar arttığını, 7-9 günlük yaştan sonra azaldığını saptamışlarsa da 2 yaş grubu arasındaki farkı istatistik olarak önemsiz bulmuşlardır.

Araştırma bulgularına göre erkek arılarda sperm sayısı ve sperm canlılığı yaşa bağlı değişim göstermemiştir. On iki, 18, 30 ve 40 günlük yaştaki erkek arıların seminal keselerinde sperm sayıları (ortalama 10.8 milyon) ve sperm canlılıkları (ortalama %98.3) farklı bulunmamıştır. Oysa, Rhodes vd. (2011) erkek arılarda sperm sayısının yaşa bağlı olarak değiştiğini bildirmektedirler. Locke ve Peng (1993) de erkek arılar yaşlandıkça sperm canlılığının azaldığını, 2 haftalık yaştaki erkek arılarda sperm canlılığı %86.2 iken, erkek arılar 6 haftalık yaşa ulaştıklarında sperm canlılığının %80.1'e düştüğünü saptamışlardır. Bu araştırmanın sonuçları ise cinsel olgunlaşmış erkek arıların seminal keselerinde sperm sayısının ve sperm canlılığının yaşlanmayla birlikte değişmediğini ortaya koymaktadır.

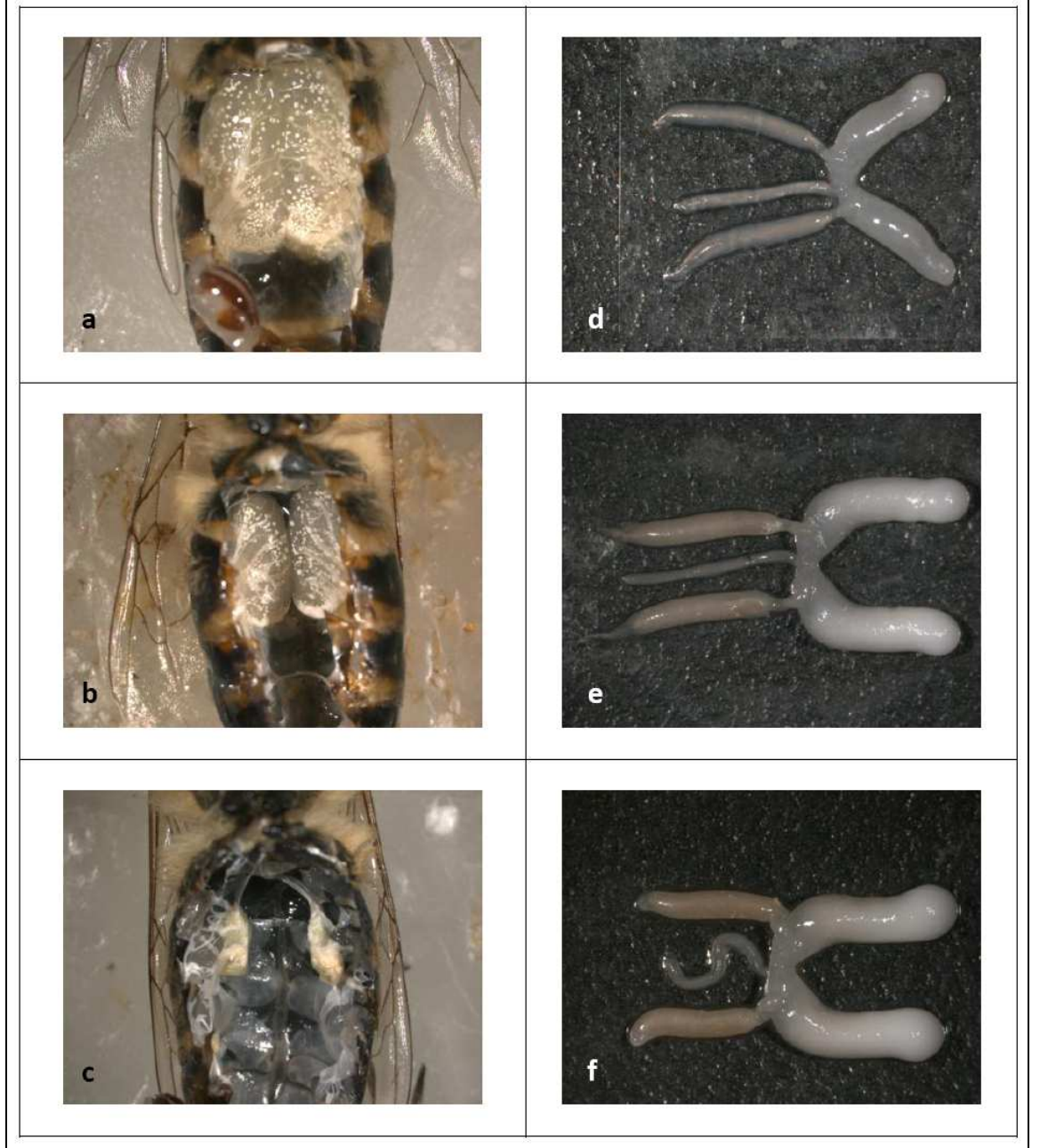
Erkek arı üreme organlarının cinsel olgunlaşma dönemindeki değişimi gözle ayırt edilebilecek kadar belirgindir (şekil 5.1). Üreme organlarındaki değişim cinsel

olgunlaşma dönemindeki gibi çarpıcı olmasa da cinsel olgunlaşmadan sonra da devam etmektedir. Cinsel olgunlaşma öncesi ve sonrasındaki değişimin rakamsal olarak yorumlanabilmesi için üreme organlarının boyut ve ağırlıklarındaki değişime ilişkin varyasyon katsayıları hesaplanmıştır. Canlı ağırlık ve seminal kese uzunluğu dışında diğer üreme organı özelliklerinin cinsel olgunlaşma dönemine ait varyasyon katsayıları, cinsel olgunlaşma dönemi sonrasına ait varyasyon katsayılarının yaklaşık 2 katıdır (Bakınız Çizelge 4.1-4.9). Varyasyon katsayıları, hem cinsel olgunlaşma döneminde erkek arı üreme organlarındaki değişimin daha büyük olduğunu hem de cinsel olgunlaşma dönemi sonrasındaki değişimin azımsanmayacak düzeyde olduğunu açıkça vurgulamaktadır.

Testisler, mukus bezleri ve seminal keselerin ağırlık ve boyutlarının değişim seyirlerinde kimi farklılıklar bulunmaktadır. Erkek arıların testislerinin değişim seyri (sürekli azalma), mukus bezlerinin ve seminal keselerin değişim seyri (önce artış sonra azalma) ile aynı değildir. Ancak mukus bezleri ve seminal keselerin değişim seyri büyük oranda birbirine paraleldir (Şekil 5.2).

Erkek arıların canlı ağırlıkları, testislerin ağırlık ve uzunlukları, seminal keselerin ağırlık, uzunluk ve alanları, mukus bezlerinin ağırlık, uzunluk ve alanları arasında önemli ilişkiler saptanmıştır (Çizelge 4.12). Canlı ağırlık ile üreme organlarının ağırlık ve boyutları arasında çeşitli düzeylerde ilişkiler vardır. Bunlardan canlı ağırlık ile testis ağırlığı ( $r = 0.94$ ) ve uzunluğu ( $r = 0.94$ ) arasındaki korelasyon katsayıları oldukça yüksektir.

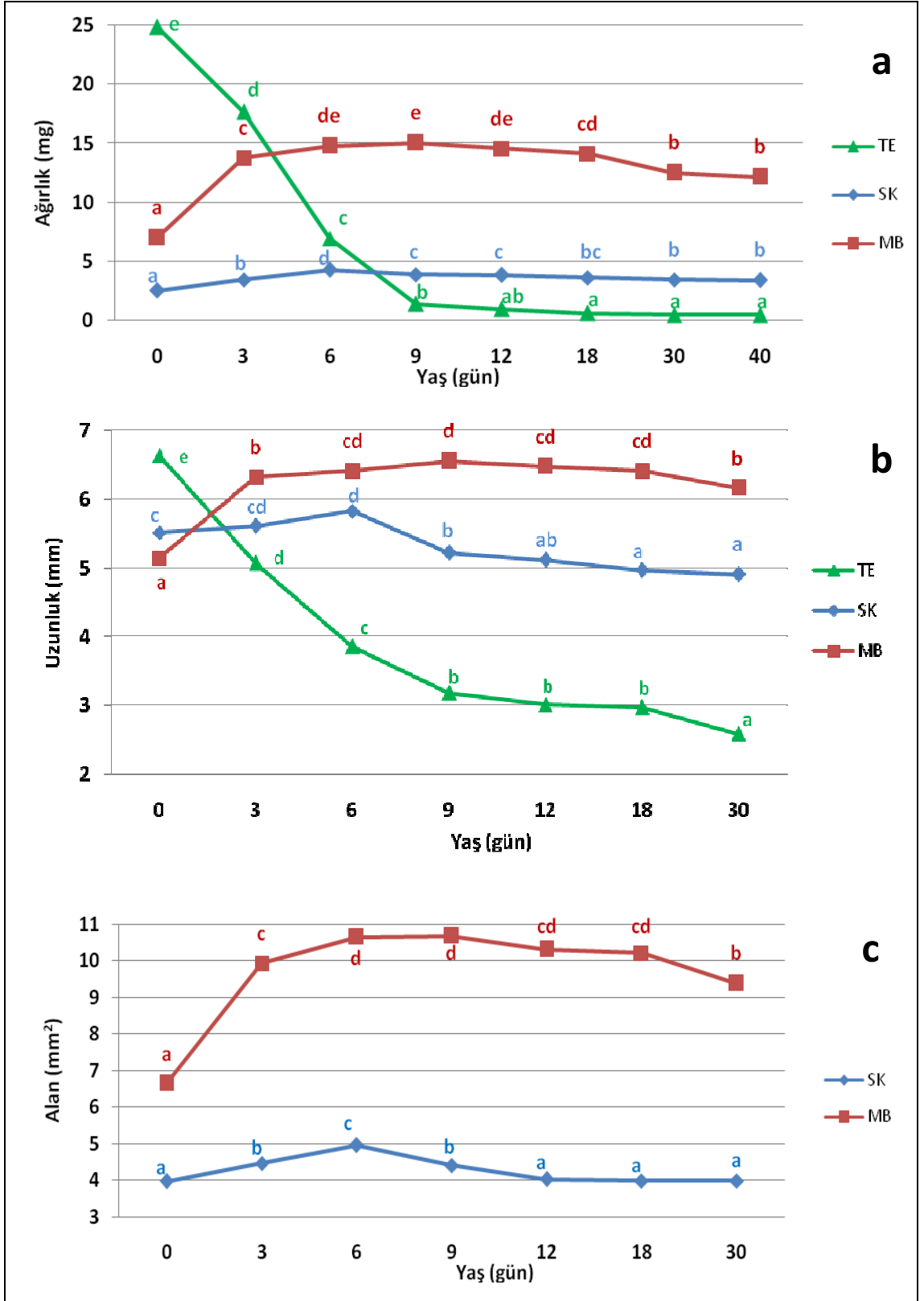
Her üreme organının ağırlığı ile uzunluk ve alanı arasında yüksek düzeyde ilişki olması beklenir. Nitekim testislerin ağırlık ve uzunlukları arasındaki korelasyon katsayısı ( $r = 0.98$ ) ve mukus bezi ağırlığı ile mukus bezi uzunluk ( $r = 0.94$ ) ve alanı ( $r = 0.94$ ) arasındaki korelasyon katsayıları önemli düzeyde yüksektir. Ancak benzer durum seminal keselerde gözlenmemiştir. Seminal kese ağırlığı ile seminal kese uzunluğu arasındaki korelasyon katsayısı ( $r = 0.08$ ) önemsiz, seminal kese ağırlığı ile seminal kese alanı arasındaki korelasyon katsayısı ( $r = 0.58$ ) önemli, fakat görece düşüktür.



Şekil 5.1 Erkek arı üreme organlarının yaşa bağlı değişimi

a. ergin çıkışta, b. 6 günlük yaşta ve c. 12 günlük yaşta testislerin görünümü

d. ergin çıkışta, e. 6 günlük yaşta ve f. 12 günlük yaşta seminal keseler ve mukus bezlerinin görünümü



Şekil 5.2 Erkek arı üreme organlarının ağırlık (a), uzunluk (b) ve alanlarının (c) farklı yaşlarda değişimi (TE: testis, SK: seminal kese, MB: mukus bezi)

Sonuç olarak, erkek arıların üreme organlarındaki ağırlık ve boyut değişimi büyük oranda cinsel olgunlaşma döneminde gerçekleşiyorsa da sadece bu dönemle sınırlı değildir. Cinsel olgunlaşma sonrasında da seminal keseler ve mukus bezlerinde önemli ağırlık ve boyut değişiklikleri gerçekleşmektedir. Cinsel olgunlaşma döneminde testisler dejenere olurken seminal keseler ve mukus bezlerinin ağırlık ve hacimleri artmaktadır. Cinsel olgunlaşma tamamlandıktan sonra ise testislerde büyük bir değişim olmamakta, seminal keseler ve mukus bezlerinde dikkate değer küçülmeler gerçekleşmektedir. Diğer yandan, erkek arılar ilerleyen yaşlarına karşın cinsel iktidarlarını sürdürebilmektedirler.

## KAYNAKLAR

- Al-Lawati, H., Kamp, G. and Bienefeld, K. 2009. Characteristics of the spermathecal contents of old and young honeybee queens. *Journal of Insect Physiology*, 55(2), 117–122.
- Baer, B. 2005. Sexual selection in *Apis* bees. *Apidologie*, 36(2), 187–200.
- Baer, B., Heazlewood, J.L., Taylor, N.L., Eubel, H. and Millar, A.H. 2009. The seminal fluid proteome of the honeybee *Apis mellifera*. *Proteomics*, 9(8), 2085–2097.
- Berg, S. 1991. Investigation on the rates of large and small drones at a drone congregation area. *Apidologie*, 22(4), 437-438.
- Berg, S., Koeniger, N., Koeniger, G. and Fuchs, S. 1997. Body size and reproductive success of drones (*Apis mellifera* L). *Apidologie*, 28(6), 449–460.
- Blum, M.S., Bumgarner, J.E. and Taber, S. 1967. Composition and possible significance of fatty acids in the lipid classes in honey bee semen. *Journal of Insect Physiology*, 13(9), 1301-1308.
- Boes, K.E. 2010. Honeybee colony drone production and maintenance in accordance with environmental factors: an interplay of queen and worker decisions. *Insectes Sociaux*, 57(1), 1–9.
- Brouwers, E.V.M. 1984. Glucose/fructose ratio in the food of honeybee larvae during caste differentiation. *Journal of Apicultural Research*, 23(2), 94–101.
- Burley, L.M., Fell, R.D., and Saacke, R.G. 2008. Survival of honey bee (Hymenoptera: Apidae) spermatozoa incubated at room temperature from drones exposed to miticides. *Journal of Economic Entomology*, 101(4), 1081–1087.
- Collins, A.M. and Donoghue, A. M. 1999. Viability assessment of honey bee, *Apis mellifera*, sperm using dual florescent staining. *Theriogenology*, 51(8), 1513–1523.
- Collins, A.M., Williams V. and Evans, J.D. 2004. Sperm storage and antioxidative enzyme expression in the honey bee, *Apis mellifera*. *Insect Molecular Biology*, 13(2), 141–146.
- Collins, A.M., Caperna, T.J., Williams, V., Garrett, W.M. and Evans, J.D. 2006. Proteomic analyses of male contributions to honey bee sperm storage and mating. *Insect Molecular Biology*, 15(5), 541–549.

- De Guzman, L.I., Rinderer, T.E., Lancaster, V.A., Delatte, G.T. and Stelzer, J.A. 1999. Varroa in the mating yard: III. The effects of formic acid jel formulation on drone production. *American Bee Journal*, 139(4), 304–307.
- Delaplane, K.S. and Harbo, J.R. 1987. Drone production by young versus old worker honeybees in queenless colonies. *Apidologie*, 18(2), 115–119.
- Den Boer, S.P.A., Boomsma, J.J. and Baer, B. 2009. Honey bee males and queens use glandular secretions to enhance sperm viability before and after storage. *Journal of Insect Physiology*, 55(6), 538–543.
- Duay, P., De Jong, D. and Engels, W. 2002. Decreased flight performance and sperm production in drones of the honey bee (*Apis mellifera*) slightly infested by *Varroa destructor* mites during pupal development. *Genetics and Molecular Research*, 1(3), 227–232.
- Duay, P., De Jong, J. and Engels, W. 2003. Weight loss in drone pupae (*Apis mellifera*) multiply infested by *Varroa destructor* mites. *Apidologie*, 34(1), 61–65.
- Fell, R.D., and Tignor K. 2001. Miticide effects on the reproductive physiology of queens and drones. *American Bee Journal*, 141(12), 888–889.
- Franck, P., Koeniger, N., Lahner, G., Crewe, R. M. and Solignac, M. 2000. Evolution of extreme polyandry: an estimate of mating frequency in two African honeybee subspecies, *Apis mellifera monticola* and *A. m. scutellata*. *Insectes Sociaux*, 47(4), 364–370.
- Gençer, H.V. and Fıratlı, Ç. 2005. Reproductive and morphological comparisons of drones reared in queenright and laying worker colonies. *Journal of Apicultural Research*, 44(4), 163–167.
- Gençer, H.V. and Kahya, Y. 2011. Are sperm traits of drones (*Apis mellifera* L.) from laying worker colonies noteworthy? *Journal of Apicultural Research*, 50(2), 130–137.
- Haberl, M. and Tautz, D. 1998. Sperm usage in honey bees. *Behavioural Ecology and Sociobiology*, 42(4), 247–255.
- Haberl, M. and Tautz, D. 1999. Paternity and maternity frequencies in *Apis mellifera sicula*. *Insectes Sociaux*, 46(2), 137–145.
- Harano, K., Sasaki, K., Nagao, T and Sasaki, M. 2008. Influence of age and juvenile hormone on brain dopamine level in male honeybee (*Apis mellifera*):

- Association with reproductive maturation. *Journal of Insect Physiology*, 54: 848–853.
- Henderson, C.E. 1994. Influence of the presence of adult drones on the further production of drones in honey-bee (*Apis mellifera* L.) colonies. *Apidologie*, 25(1), 31–37.
- Herrmann, M., Trenzcek, T., Fahrenhorst, H. and Engels, W. 2005. Characters that differ between diploid and haploid honey bee (*Apis mellifera*) drones. *Genetics and Molecular Research*, 4(4), 624–641.
- Kahya, Y., Gençer, H.V. and Woyke, J. 2008. Weight at emergence of honey bee (*Apis mellifera caucasica*) queens and its effect on live weights at the pre and post mating periods. *Journal of Apicultural Research*, 47(2), 118–125.
- King, M., Eubel, H., Millar A.H. and Baer, B. 2011. Proteins within the seminal fluid are crucial to keep sperm viable in the honeybee *Apis mellifera*. *Journal of Insect Physiology*, 57(3), 409–414.
- Klenk, M., Koeniger, G., Koeniger, N. and Fasold, H. 2004. Proteins in spermathecal gland secretion and spermathecal fluid and the properties of a 29 kDa protein in queens of *Apis mellifera*. *Apidologie*, 35(4), 371–381.
- Koeniger, G. 1986. Reproduction and mating behaviour In: T.E. Rinderer (Editor), *Bee Genetics and Breeding*. Academic Press, Inc., London, pp.255–280.
- Koeniger, G. 1990. Multiple mating, mating sign and mate selectivity in honey bees. *Advances in Invertebrate Reproduction*, 5, 483–487.
- Koeniger, G., Ziegler-Himmelreich, S. and Koeniger N. 2006. Spermatozoa number of drones (*Apis mellifera*) depends on temperature during metamorphosis and sexual maturation. *Apidologie*, 37(5), 620–621.
- Koeniger, G., Koeniger, N., Tingek, S. and Phiancharoen, M. 2005. Variance in spermatozoa number among *Apis dorsata* drones and among *Apis mellifera* drones. *Apidologie*, 36(2), 279–284.
- Koeniger, N. 1970. Über die Fähigkeit der Bienenkönigin (*Apis mellifica* L.) zwischen Arbeiterinnen und Drohnenzellen zu unterscheiden. *Apidologie*, 70(1), 115–142.



- Kraus, F.B., Neumann, P., Scharpenberg, H., van Praagh, J. and Moritz, R.F.A. 2004. Sperm limitation and the evolution of extreme polyandry of honeybees (*Apis mellifera* L.). Behavioral Ecology and Sociobiology, 55(5), 494–501.
- Laidlaw, H.H. and Page, R.E. 1984. Polyandry in honey bees (*Apis mellifera* L.): sperm utilization and intracolony genetic relationship. Genetics, 108, 985–997.
- Lensky, Y., Ben-David, E. and Schindler, H. 1979. Ultrastructure of the spermatozoon of the mature drone honey bee. Journal of Apicultural Research, 18(4), 264–271.
- Lino-Neto, J., Bao, S.N. and Dolder, H. 2000. Sperm ultrastructure of the honey bee (*Apis mellifera* (L) (Hymenoptera, Apidae) with emphasis on the nucleusflagellum transition region. Tissue and Cell, 32(4), 322–327.
- Locke, S.J. and Peng, Y.S. 1993. The effects of drone age, semen storage, and contamination on semen quality in the honey bee (*Apis mellifera*). Physiological Entomology, 18(2), 144–148.
- Mackensen, O. 1955. Experiments in the technique of artificial insemination of queen bees. Journal of Economic Entomology, 48(4), 418–421.
- Mackensen, O. 1964. Relation of semen volume to success in artificial insemination of queen honey bees. Journal of Apicultural Research, 57(4), 581–583.
- Mackensen, O. and Tucker, K.W. 1970. Instrumental insemination of queen bees. Agriculture Handbook No: 390, Agricultural Research Service, USDA, Washington, USA, 28 pp.
- Mazeed, A.M. and Mohanny, K.M. 2010. Some reproductive characteristics of honeybee drones in relation to their ages. Entomological Research, 40(5), 245–250.
- Miller, D.G. and Ratnieks, F.L.W. 2001. The timing of worker reproduction and breakdown of policing behavior in queenless honey bee (*Apis mellifera* L.) societies. Insectes Sociaux, 48, 178–184
- Milne, C.P. 1986. Cytology and cytogenetics. In: Rinderer, T.E. (ed.), Bee Genetics and Breeding, pp. 205–233, Academic Press, Inc., London, UK.
- Moors, L., Spaas, O., Koeniger, G. and Billen, J. 2005. Morphological and ultrastructural changes in the mucus glands of *Apis mellifera* drones during pupal development and sexual maturation. Apidologie, 36(2), 245–254.

- Moritz, R.F.A. 1984. The effect of different diluents on insemination success in the honeybee using mixed semen. *Journal of Apicultural Research*, 23(3):164–167.
- Novak, A.I., Blum, M.S., Taber, S. and Liuzzo, J.A. 1960. Separation and determination of seminal plasma and sperm aminoacids of the honeybee (*Apis mellifera*). *Annals of the Entomological Society of America*, 53(6), 841–843.
- Page, R.E. 1986. Sperm utilization in social insects. *Annual Review of Entomology*, 31, 297–320.
- Page, R.E. and Erickson, E.H. 1988. Reproduction by worker honeybees (*Apis mellifera* L.). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 23(2), 117–126.
- Page, R.E. and Peng, C.Y.S. 2001. Aging and development in social insects with emphasis on the honey bee, *Apis mellifera* L. *Experimental Gerontology*, 36(4-6), 695–711.
- Page, R.E., Kimsey, R.B. and Laidlaw, H.H. 1984. Migration and dispersal of spermatozoa in spermathecae of queen bees (*Apis mellifera* L.). *Experientia*, 40(2), 182–184.
- Peng, C.Y.S., Yin, C.M. and Lin, L.R.S. 1992. Effect of rapid freezing and thawing on cellular integrity of honey bee sperm. *Physiological Entomology*, 17(3), 269–276.
- Peng, C.Y.S., Yin, C.M. and Lin, L.R.S. 1993. Ultrastructure of honey bee, *Apis mellifera*, sperm with special emphasis on the acrosomal complex following high-pressure freezing fixation. *Physiological Entomology*, 18(1), 93–101.
- Rhodes, J.W., Harden, S., Spooner-Hart, R., Andersen, D. L. and Wheen, G. 2011. Effects of age, season and genetics on semen and sperm production in *Apis mellifera* drones. *Apidologie*, 42(1), 29–38.
- Rinderer, T.E., Collins, A.M. and Pesante, D. 1985a. A comparison of Africanized and European drones: weights, mucus gland and seminal vesicle weights, and counts of spermatozoa. *Apidologie*, 16(4), 407–412.
- Rinderer, T.E., Hellmich, R.L., Danka, R.G. and Collins, A.M. 1985b. Male reproductive parasitism: a factor in the Africanization of European honeybee populations. *Science*, 228(4703), 1119–1121.

- Rinderer, T.E., De Guzman, L.I., Lancaster, V.A., Delatte, G.T. and Stelzer, J.A. 1999. Varroa in the mating yard: I. The effects of *Varroa jacobsoni* and Apistan on drone honey bees. *American Bee Journal*, 139(2), 134–139.
- Ruttner, F. und Hesse, B. 1981. Rassenspezifische unterschiede in Ovaentwicklung und Eiablage von Weisellosen Arbeiterinnen der Honigbiene *Apis mellifera* L. *Apidologie*, 12(2), 159–183.
- Ruttner, F. und Koeniger, G. 1971. Die Füllung der Spermatheca der Bienenkönigin. Aktive Wandering oder Passiver Transport der Spermatozoen? *Z. Vergl. Physiologie*, 72, 411–422.
- Schlüns, H., Schlüns, E.A., van Praagh, J. and Moritz, R.F.A. 2003. Sperm numbers in drone honeybees (*Apis mellifera*) depend on body size. *Apidologie*, 34(6), 577–584.
- Schlüns, H., Koeniger, G., Koeniger, N. and Moritz, R.F.A. 2004. Sperm utilization pattern in the honeybee (*Apis mellifera*). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 56(5), 458–463.
- Seeley, T.D. and Mikheyev, A.S. 2003. Reproductive decisions by honey bee colonies: tuning investment in male production in relation to success in energy acquisition. *Insectes Sociaux*, 50(2), 134–138.
- Snodgrass, R.E. 1956. *Anatomy of the honey bee*. Comstock Publ. Assoc., 334 p., Ithaca, New York, USA.
- Stort, A.C. and Gonçalves, L. S. 1986. Storage of Germplasm. In: Rinderer, T.E. (ed.), *Bee Genetics and Breeding*, pp. 345–359, Academic Press, Inc., London, UK.
- Taber, S. 1954. The frequency of multiple mating of queen honey bees. *Journal of Economic Entomology*, 47(6), 995–998.
- Tarelho, Z.V.S. 1981. Effects of low and high temperatures on the spermatogenesis of *Apis mellifera* Linne. *Rev. Brasil Genetics*, 4(2), 193–212.
- Verma, L.R. 1974. Honeybee spermatozoa and their survival in the queen's spermatheca. *Bee World*, 55(2), 53–61.
- Verma, L.R. 1978. Biology of honeybee spermatozoa. 2. effect of washing and of sugars on respiration as measured by the cartesian diver technique. *Journal of Apicultural Research*, 17(4), 176–181.

- Verma, L.R. 1990. Motility and metabolism of honeybee spermatozoa in the spermatheca and during in vitro storage. *Advances in Invertebrate Reproduction*, 5: 477–482.
- Verma, L.R. and Shuel, R.W. 1973. Respiratory metabolism of the semen of the honeybee, *Apis mellifera*. *Journal of Insect Physiology*, 19(1), 97–103.
- Vesely, V. 1970. Retention of sperm in the lateral oviducts of artificially, inseminated honey-bee queens. *Acta Entomologica Bohemoslovaca*, 67, 83–92.
- Visscher, P.K. 1989. A quantitative study of worker reproduction in honey bee colonies. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 25(4), 247–254.
- Werner, M. and Simmons, L.W. 2008. Insect sperm motility. *Biological Reviews*, 83, 191–208.
- Wilson, E.O., 1971. *The insect societies*. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, 548 p., London, UK.
- Winston, M.L. 1987. *The biology of the honey bee*. Harvard University Press, 281 p., Cambridge, Massachusetts, London, UK.
- Woyke, J. 1955. Multiple mating of the honeybee queen (*Apis mellifica* L.) in one nuptial flight. *Bulletin de L'Academie Polonaise des Sciences*, 3(5), 175–180.
- Woyke, J. 1962. Natural and artificial insemination of queen honeybees. *Bee World*, 43(1), 21–25.
- Woyke, J. 1983. Lengths of haploid and diploid spermatozoa of the honeybee and the question of the production of triploid workers. *Journal of Apicultural Research*, 22(3), 146–149.
- Woyke, J. 1984. Ultrastructure of single and multiple diploid honey bee spermatozoa. *Journal of Apicultural Research*, 23(3), 123–135.
- Woyke, J. and Jasinski, Z. 1978. Influence of age of drones on the results of instrumental insemination of honeybee queens. *Apidologie*, 9(3), 203–212.
- Woyke, J., Ruttner, F. 1958. An anatomical study of the mating process in the honeybee. *Bee World*, 39(1), 3–18.
- Zaitoun, S., Al-Ghzawi, A. and Kridli, R. 2009. Monthly changes in various drone characteristics of *Apis mellifera ligustica* and *Apis mellifera syriaca*. *Entomological Science*, 12(2), 208–214.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Siamak HAMEDNIA  
Doğum Yeri : İran / Batı Azerbaycan (Azerbajan Bakhtari) / Urumiyeh  
Doğum Tarihi : 1979  
Medeni Hali : Bekar  
Yabancı Dili : İngilizce

### Eğitim Durumu

Lise : : Dr. Chamran Lisesi (1993-1996)  
Lisans : : Azad Tabriz Üniversitesi (1997-2002)  
Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Zootečni Anabilim Dalı (Eylül 2009-Ocak 2013)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl: -

### Yayınları:

Hamednia, S., Gençer, H.V., Kahya, Y. 2012. Do the number and viability of sperm in drone honey bees depend on drone age? Third International Mugla Beekeeping and Pine Honey Congress, 1-4 November, 2012, p. 347, Mugla, Turkey.

Gençer, H.V. Hamednia, S. Kahya, Y. 2012. The age dependent variation of reproductive organs of honeybee drones. Fifth European Conference of Apidology, 3-7 September, 2012, p. 192, Halle an der Saale, Germany.