



T.C.
AMASYA ÜNİVERSİTESİ FEN
BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KUERSETİNİN PARAZİTOİT *Bracon hebetor* SAY, 1836
(HYMENOPTERA: BRACONIDAE)'NİN ÖMÜR UZUNLUĞU VE
YUMURTA YÜKÜNE ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DERYA AKBAŞ

HAZİRAN 2019

**KUERSETİNİN PARAZİTOİT *Bracon hebetor* SAY, 1836
(HYMENOPTERA: BRACONİDAE)'NİN ÖMÜR UZUNLUĞU VE
YUMURTA YÜKÜNE ETKİLERİ**

Derya AKBAŞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Adnan SARIKAYA

**AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2019

Derya AKBAŞ tarafından hazırlanan “Kuersetinin Parazitoit *Bracon hebetor* Say, 1836 (Hymenoptera: Braconidae)’nin Ömür Uzunluğuna ve Yumurta Yüğüne Etkileri” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ/OY ÇOKLUĞU ile Amasya Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Adnan SARIKAYA

Biyoloji Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

Başkan : Prof. Dr. Coşkun TEZ

Biyoloji Anabilim Dalı, Erciyes Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

Üye : Prof. Dr. Ahmet DURSUN

Anabilim Dalı, Üniversite Adı

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 14/06/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Doç. Dr. Meryem EVECEN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

(imza)

Derya AKBAŞ

14/06/2019

KUERSETİNİN PARAZİTOİT *Bracon hebetor* Say, 1863 (HYMENOPTERA:
BRACONIDAE)'NİN ERGİN YAŞAM SÜRESİ VE VERİMİNE ETKİLERİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Derya AKBAŞ

AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran-2019

ÖZET

Bu çalışmada, kuersetinin parazitoit, *Bracon hebetor*'un ergin yaşam süresi ve yumurta yüküne etkileri araştırıldı. Denemeler, 25 ± 1 °C sıcaklık ve % 60 ± 5 bağıl nem içeren laboratuvar koşullarında yapıldı. Denemeler süresince herhangi bir fotoperiyodik rejim uygulanmadı. Parazitoit erginlerinin yetiştirilmesinde *Galleria mellonella* larvaları konak olarak kullanıldı, erginler cinsiyetlerine göre ayrıldılar ve dört deney grubuna bölündüler. İlk gruptaki dişi ve erkek parazitoitler aç bırakılırken, ikinci gruptakilere kuersetin emdirilmiş pamuk topçuklar, üçüncü gruptakilere kuersetin ve sükroz emdirilmiş pamuk topçuklar ve dördüncü gruptakilere de 1:4 (a:h) oranında sulandırılmış sükroz çözeltisi verildi. Deney setleri, bütün parazitoitler ölünceye kadar her gün kontrol edildi. Bütün denemeler, farklı ergin parazitoitlerle ve farklı zamanlarda üç kez tekrar edildi. Aç kalan erkek parazitoitler ortalama 6,81 gün, kuersetin ile beslenenler 6,28 gün, kuersetin ve sükroz ile beslenenler 34,56 gün ve sükroz ile beslenenler 29,34 gün yaşadılar. Aç kalan dişi parazitoitler ortalama 15,15 gün, kuersetin ile beslenenler 9,34 gün, kuersetin ve sükroz ile beslenenler 60,49 gün, sükroz ile beslenenler 63,10 gün yaşadılar. Bütün deney gruplarında dişi parazitoitler, erkek parazitoitlerden daha uzun yaşadılar. Kuersetin ve sükrozla beslenme, erkek parazitoitlerin ömür uzunluğunu arttırdı, ama dişilerin ömür uzunluğunu kısalttı. Besin olarak kuersetin ve sükrozun kullanılması erkeklerin ömür uzunluğunu, dişilerin ise yumurta yükünü önemli derecede arttırdı. Denemelerin sonuçlarına göre, ergin parazitoitler için en uygun kuersetin konsantrasyonu 3 mg/mL'dir. Bu sonuçlara göre; *Bracon hebetor*, yaşlanma çalışmalarında model organizma olarak ve biyolojik kontrolde etkili bir biyolojik kontrol ajanı olarak kullanılabilir.

Sayfa Adedi :76

Anahtar Kelimeler :*Bracon hebetor*, Braconidae, Ergin ömür uzunluğu, Hymenoptera, Kuersetin, Parazitoit, Yumurta Yüğü.

Danışman :Dr. Öğr. Üyesi Adnan SARIKAYA

EFFECTS OF QUERCETIN ON ADULT LONGEVITY AND EGG LOAD OF
PARASITOID *Bracon hebetor* Say, 1863 (HYMENOPTERA: BRACONIDAE)

(M. Sc. Thesis)

Derya AKBAŞ

AMASYA UNIVERSITY

INSTITUTE OF SCIENCE AND TECNOLOGY

June-2019

ABSTRACT

In this study, it was investigated the effects of quercetin on adult longevity and egg load of parasitoid, *Bracon hebetor*. Experiments were carried out in laboratory conditions at 25 ± 1 °C temperature and 60 ± 5 % relative humidity. Any photoperiodic regimen was not used during the experiments. Larvae of *Galleria mellonella* was used as host to rear parasitoid adults, they were separated according to sexes and they were divided to the four experimental groups. While male and female parasitoids in first group were starved, quercetin soaked cotton balls were given in second group, quercetin and sucrose soaked balls were given in third group, and 1:4 (w:v) diluted sucrose soaked cotton balls given in fourth group. Experimental sets are controlled every day until all parasitoids are dead, and the dead parasitoids are removed and recorded according to sexes. All experiments were repeated as three times with different adult parasitoids and at different times. Male parasitoids starved lived mean 6.81 days, fed with quercetin lived 6.28 days, with quercetin and sucrose lived 34.56 days, and with sucrose lived 29.34 days. Female parasitoids starved lived mean 15.15 days, fed with quercetin lived 9.34 days, with quercetin and sucrose lived 60.49 days, with sucrose lived 63.10 days. Female parasitoids in all experimental groups lived longer than male parasitoids. Feeding with quercetin and sucrose were increased longevity of male but were not increased the longevity of female parasitoids. The use of quercetin and sucrose as food significantly increased longevity of male and the egg load of female parasitoids. According to results of experiments, the most common quercetin concentration is 3 mg/mL for adult parasitoids. According to this results, *Bracon hebetor* can used as model organism in Ageing studies and an effective biological control agent in Biological control.

Page Number :76

Key words :*Bracon hebetor*, Braconidae, Adult longevity, Hymenoptera, Quercetin, Parasitoid, Egg load.

Supervisor :Assis. Prof. Dr. Adnan SARIKAYA

ÖN SÖZ ve TEŞEKKÜR

Bu tez konusunu bana veren, çalışmalarım boyunca destekleyen, yönlendiren ve yazımı sırasında bana zaman ayırarak yardımını esirgemeyen tez danışmanım Doktor Öğretim Üyesi Adnan SARIKAYA'ya teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca tez dönemi boyunca benden desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen çok sevdiğim annem, babam ve kardeşime teşekkür ederim. Tezimin istatistiksel analizlerini yapan değerli hocam Öğr. Gör. Emel ÇAKIR'a teşekkür ederim.

Bu tez çalışması, Amasya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenen ve FMB-BAP 18-0331 ve FMB-BAP 19-0420 numaralı projelerden temin edilen kimyasal madde ve malzemeler kullanılarak yapılmıştır, teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
ÖN SÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
RESİMLER DİZİNİ.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Kuersetin (Quercetin).....	4
2.1.1. Kuersetinin kimyasal özellikleri ve stabilitesi.....	6
2.1.2. Kuersetin ve türevlerinin kimyasal ve fiziksel özellikleri.....	7
2.1.3. Kuersetinin sentezi	9
2.1.4. Kuersetinin metabolizması	10
2.1.5. Kuersetinin toksik etkileri	12
2.1.6. Kuersetinin biyolojik etki mekanizmaları	13
2.2. Parazitoitler ve Yaşam Döngüleri	21
2.3. Ergin Besininin Parazitoitin Ömür Uzunluğuna Etkisi	23
2.3.1. Doğal besin kaynakları	23
2.3.2. Yapay besinlerin ergin yaşam süresine etkisi.....	25
2.3.3. Besin konsantrasyonunun etkisi	26
2.3.4. Yumurta yükü.....	27
2.4. <i>Bracon hebetor</i> 'un Biyolojisi.....	28
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	30
3.1. Konak ve Parazitoit Stok Kültürlerinin Kurulması	30
3.1.1. Süksesif stok konak kültürlerinin kurulması	30
3.1.2. Süksesif stok parazitoit kültürlerinin kurulması.....	31
3.2. Kuersetinin Parazitoit <i>Bracon hebetor</i> 'un Ömür Uzunluğuna Etkisi	32
3.3. Kuersetin Konsantrasyonunun Parazitoit, <i>Bracon hebetor</i> 'un Ömür Uzunluğuna	

Etkileri.....	32
3.4. Kuersetinin Parazitoit <i>Bracon hebetor</i> 'un Yumurta Yüküne Etkisi	33
3.5. İstatistiksel Analizler.....	34
4. BULGULAR.....	35
5. TARTIŞMA	41
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	44
KAYNAKLAR	45
EKLER.....	59
ÖZGEÇMİŞ	60



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Seçilmiş besinlerdeki kuersetin miktarları.....	4
Çizelge 4.1. Kuersetinin parazitoit, <i>Bracon hebetor</i> Say, 1836 (Hymenoptera: Braconidae)'nin ömür uzunluğuna etkisi.....	35
Çizelge 4.2. Kuersetin konsantrasyonunun parazitoit, <i>Bracon hebetor</i> Say, 1836 (Hymenoptera: Braconidae)'nin ömür uzunluğuna etkisi	37
Çizelge 4.3. Kuersetinin parazitoit, <i>Bracon hebetor</i> Say, 1836 (Hymenoptera: Braconidae)'nin yumurta yüküne etkisi.....	39

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Kuersetin (3, 3', 4', 5, 7-pentahidroksi flavon)'un genel molekül yapısı.	5
Şekil 2.2. Flavonoidlerin alt sınıflarının genel kimyasal yapıları.....	5
Şekil 2.3. Kuersetin, flavon ve flavonol iskeletlerinin yapısı.....	6
Şekil 2.4. Kuersetin ve türevlerinin kimyasal yapıları ve bağlı yan grupları	8
Şekil 2.5. Kuersetinin metabolizması	11
Şekil 2.6. Kuersetinin metal kelatlama özelliği	14
Şekil 4.1. Parazitoit, <i>Bracon hebetor</i> Say, 1836 (Hymenoptera: Braconidae)'nin dişi ve erkeklerinin ömür uzunluklarının karşılaştırılması	35
Şekil 4.2. Kuersetinin parazitoit, <i>Bracon hebetor</i> Say, 1836 (Hymenoptera: Braconidae)'nin dişi ve erkeklerinin hayatta kalma yüzdelerine etkileri.....	36
Şekil 4.3. Kuersetin konsantrasyonunun parazitoit, <i>Bracon hebetor</i> Say, 1836 (Hymenoptera: Braconidae)'nin dişi ve erkeklerinin hayatta kalma yüzdelerine etkileri	38
Şekil 4.4. Sükroz ve kuersetin ilaveli sükrozla beslenen parazitoit, <i>Bracon hebetor</i> Say, 1836 (Hymenoptera: Braconidae)'nin dişilerinin vücut büyüklüğü ile yumurta yükleri arasındaki ilişki.....	40

RESİMLER DİZİNİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Son evre <i>Galleria mellonella</i> larvasına yumurta bırakan parazitoit, <i>Bracon hebetor</i> dişisi	30
Resim 3.2. Disekte edilmiş dişi parazitoidin ovariyollerindeki olgun yumurtalar	34



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
-OH	Hidroksil grubu
⁰ C	Santigrat derece
<	Küçüktür işareti
-SH	Sülfidril grubu
CCl ₄	Karbartetralorür
CaCl ₂	Kalsiyum klorür
KCl	Potasyum klorür
NaCl	Sodyum klorür
Kısaltmalar	Açıklama
<i>ad libitum</i>	İstenildiği zaman, istenildiği kadar
<i>in vivo</i>	Hücre içi ortam
<i>in vitro</i>	Hücre dışı ortam
<i>de novo</i>	Yeni, meydana gelişinden sonra çok zaman geçmemiş
<i>ex vivo</i>	Canlı dışı ortam
DNA	Deoksiribonükleik asit
RNA	Ribonükleik asit
GSQ	Glutasyon-Kuerselin ikilisi
GSH	Aktif Glutasyon
DMS	Dimetil sülfür
g	Gram
kg	Kilogram
mg	Miligram
µg	Mikrogram

mL	Mililitre
μ L	Mikrolitre
mM	Milimolar
μ M	Mikromolar
cm	Santimetre
mm	Milimetre
ppm	Milyonda bir (konsantrasyon birimi)
pKa	Asitlik sabitinin eksi logaritması
pH	Asitlik ölçüsü (Asitlik değerinin eksi logaritması)
CAT	Katalaz
CDK	Siklin bağımlı kinaz
Bax	Apoptoz öncesi görülen bir protein
Bcl-2	Antiapoptotik bir protein
D-Ala	D-Alanin
ER	Östrojen reseptörü
ER α	Östrojen reseptörü α tipi
ER β	Östrojen reseptörü β tipi
ER γ	Östrojen reseptörü γ tipi
JE	Japon Ensefalatis virüsü
G1	Hücre döngüsünün G1 fazı
G2/M	Hücre döngüsünün G2 ve mitoz evresi geçişi
G1/S	Hücre döngüsünün G1 ve sentez evresi geçişi
HT-29	İnsan kolon adenokarsinoması hücre hattı
HTLV-1	İnsan T hücresi lökemi virüs tip-1 hücre hattı
HL-60	İnsan lökemia hücre hattı
K-562	İnsan kronik miyolejenöz hücre hattı
Kp	Stabilite sabiti
MMP	Mitokondrial membran potansiyali
MCF-7	İnsan meme adenokarsinoması hücre hattı

MT-2	Enfekte olmuş hücre
p21	Siklin bağımlı bir protein kinaz inhibitörü
p27	Siklin bağımlı bir protein kinaz inhibitörü
p53	Timör baskılayıcı gen
SOD	Süperoksit dismutaz
THP-1	İnsan lökemia hücre hattı
UV	Ultraviyole
UV-B	Ultraviyole-B radyasyonu
w/v	Ağırlık/ hacim



1. GİRİŞ

Artan nüfus ve bu nüfusun beslenmesi, dünyamızdaki en önemli sorunlardan bir tanesini oluşturmaktadır. Bu nüfusun besin ihtiyacını karşılamanın en uygun yolu, birim alandan elde edilen verimin artırılması ve elde edilen tarımsal ürünlerin zararlılardan korunmasıdır. Gerek tarladayken, gerekse de depolanmış haldeyken ürünlerin korunmasında kimyasal mücadele yöntemi, hala yaygın şekilde kullanılmaktadır. Ekolojik dengeye olumsuz etkileri, çevreye verdiği zarar ve zararlıların uygulanan kimyasal maddeye karşı zamanla geliştirdiği direnç, insanları alternatif mücadele yöntemlerini aramaya yöneltmiştir. Bu mücadele yöntemleri arasında çevre ile dost biyolojik mücadele son zamanlarda ilgi çekmektedir. Parazitoitlerin yaşamlarını sürdürebilmesi ve ergin öncesi gelişimlerini tamamlayabilmesi için kullandıkları canlıya konak denir. Parazitoitler konak olarak Lepidoptera ve Diptera gibi diğer böcek ordolarına ait türlerin değişik evrelerini kullanabilirler. Parazitoitlerin konak olarak kullandıkları türler, genellikle tarımsal aralarda ekonomik yönden zararlara yol açan türlerdir. Bu özellikleri sayesinde parazitoitler, tarımsal ekosistemlerde zararlı organizmalara karşı biyolojik kontrol ajanı olarak yaygın şekilde kullanılan karnivor böceklerdir [Godfray, 1994; Quicke, 1997].

Parazitoitler; metabolik ihtiyaçlarını karşılamak, maksimum ömür uzunluklarına ulaşmak veya öncül bileşik olarak kullanmak üzere şeker içeren besinleri tüketmek zorundadırlar. Çiçek nektarı, homopter balı ve bal, parazitoitlerin içinde buldukları çevrede kullanabilecekleri şeker içeren temel kaynaklardır [Lee ve ark., 2006]. Besinin içerisindeki diğer bileşenler de parazitoidin ömür uzunluğunu, verimini, eşey oranını, yumurta yükünü ve davranışını etkileyebilirler [Benelli ve ark., 2017].

Kuersetin; elma, soğan, brokoli ve yeşil çay gibi çeşitli sebze ve meyvelerin yapısında bulunan ve bitkilerin kendilerini güneşin zararlı ultraviyole (UV) ışınlarından korumak için ürettikleri bir metabolit ve renk pigmentidir [Wang ve ark., 2016]. Artan metabolik faaliyetlere ve yaşlanmaya bağlı olarak organizmalarda serbest radikaller üretilir. Serbest radikaller, önlem alınmadığı takdirde vücut içerisindeki makromoleküllere saldırarak onların yapısını ve bütünlüğünü bozarlar. Böylece hücresel hasar ve buna bağlı olarak yaşlanma meydana gelir [Sohal ve ark., 2002]. Organizmalar bu duruma karşı, süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve glutatyon (GSH) gibi enzim savunma sistemlerini

geliştirmişlerdir. Ayrıca, besinlerle birlikte alınan antioksidan maddelerin de, serbest radikallere karşı etkili olabileceği düşünülmektedir. Kuersetinin serbest radikalleri süpürebilme ve metal iyonlarını bağlayabilme yeteneğinden dolayı güçlü bir antioksidan olabileceği düşünülmektedir [Wang ve ark., 2016]. Kuersetinin bu özelliği sayesinde organizmanın serbest radikallere bağlı yaşlanmayı geciktirerek ömür uzunluğunun artmasına neden olabileceği düşünülmektedir [Saul ve ark., 2008]. Antioksidan katkı maddeleri kullanımının son yıllarda artmasının insan sağlığı açısından güvenilir olup olmadığı, henüz tam olarak bilinmemektedir.

Böceklerdeki yumurta yükü, ovaryumlarında mevcut olan olgun yumurta sayısı olarak tanımlanır ve böceklerin beslenmesinde ve ovipozisyon davranışında önemli rol oynayabilir [Minkenberg ve ark., 1992; Heimpel ve Rosenheim, 1998]. Herhangi bir zamandaki yumurta yükü; böceğin yaşı, beslenmesi, sıcaklık, konağın varlığı, ovipozisyon ve yumurta rezorpsiyonuyla etkilenir [Minkenberg ve ark., 1992; Heimpel ve Rosenheim, 1998; Dieckhoff ve Heimpel, 2010]. Parazitoitlerde yumurta yükü; konak-parazitoit dinamiğinin genel yapısını da etkileyebilen fizyolojik, davranışsal ve ekolojik bir kısım değişkenin sonucudur [Minkenberg ve ark., 1992; Heimpel ve Rosenheim, 1998; Papaj, 2000; Jervis ve ark., 2008] ve konak parazitoit ilişkilerinde de etkili olabilir [Heimpel ve Rosenheim, 1998].

Sıcaklığın, nemin, şekerle beslemenin ve konak kullanılabilirliğinin yumurta yüküne etkileri, geçen 30 yıl içerisinde kanıtlanmıştır. Besindeki şeker miktarı ergin parazitoidin yumurta yükünü de etkileyebilir. Ama bu etki, parazitoit türleri arasında değişiklik gösterir. Bazı parazitoit türlerinde şekerle beslemenin yumurta yüküne pozitif bir etkisi olurken [Heimpel ve ark., 1997; Riddick, 2007], bazılarında bir etkisi olmamıştır [Wang ve Messing, 2003; Lee ve ark., 2004]. Sadece bir tanesinde, negatif bir etkisi olmuştur [Olson ve ark., 2000].

Bracon hebetor Say, 1836 (Hymenoptera: Braconidae), konak olarak Lepidoptera takımının değişik türlerini kullanan, gregar, idiobiont bir larva ektoparazitoitidir [Alam ve ark., 2014]. Dışı parazitoit, yumurta bırakmak için konakların son evre larvalarını tercih eder. Parazitoidin konak olarak kullandığı Lepidoptera takımına ait türler, tarım ürünlerine ekonomik yönden oldukça büyük zarar veren ve kimyasal mücadelede büyük harcamalara neden olan türlerdir [Gül ve Gülel, 1995]. Ergin öncesi ve ergin dönemde alınan besin

kalite ve kantitesinin parazitoidin gelişme süresi, verim, eşey oranı, ömür uzunluğu yumurta yükü gibi birçok özelliğini etkilediği yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur [Godfray, 1994; Sarıkaya ve Gülel, 2004; 2011].

Metabolik süreçler içerisinde açığa çıkan serbest radikaller, biyolojik süreçlerin bozulmasına ve organizmanın yaşlanmasına neden olabilir. Gıdalara eklenecek olan kuersetin benzeri antioksidanlar; organizmada oluşabilecek serbest radikallerin zararlı etkilerini ortadan kaldırarak organizmanın daha geç yaşlanmasına, yumurta üretimi gibi biyolojik süreçlerin daha uzun süre devam etmesine ve dolayısıyla daha çok sayıda yumurta üretilmesine neden olabilir. Bu çalışmada, besine kuersetin ilavesinin gregar, idiobiont ve sinovijenik bir larva ektoparazitoidi olan *B. hebetor*'un ergin yaşam süresine ve yumurta yüküne etkileri araştırıldı.

2. GENEL BİLGİLER

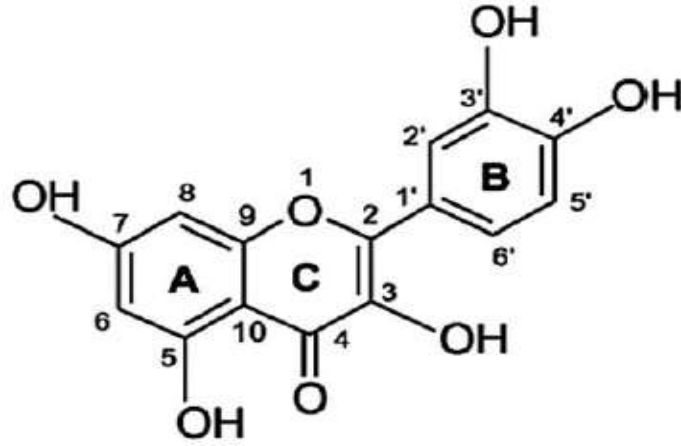
2.1. Kuersetin (Quercetin)

Kuersetin (3, 3', 4', 5, 7-pentahidroksiflavon; 3', 4', 5, 7-tetrahidroksiflavonol veya 3, 3', 4', 5, 7-pentahidroksi-2-fenilkromen-4-one), çoğunlukla meyve kabuklarında, yapraklı sebzelerde, çilekte, siyah çayda, kırmızı şarapta ve çeşitli meyve sularında doğal olarak bulunan polifenolik bir flavonoiddir (Çizelge 1 ve Şekil 1), [Palak ve ark., 2016]. Özellikle; turpgiller, üzüm, elma, kızılçık, domates, yaban mersini ve soğan gibi sebze ve meyveler temel doğal kuersetin kaynaklarıdır (Çizelge 1). Bu besinler, aglikon seviyesi 350 ppm'ye kadar ulaşan flavonoid barındırmaktadırlar [Harnly ve ark., 2006]. Bazı kaynaklarda bir bitki pigmenti olduğu da belirtilmektedir [Palak ve ark., 2016].

Çizelge 2.1. Seçilmiş besinlerdeki kuersetin miktarları.

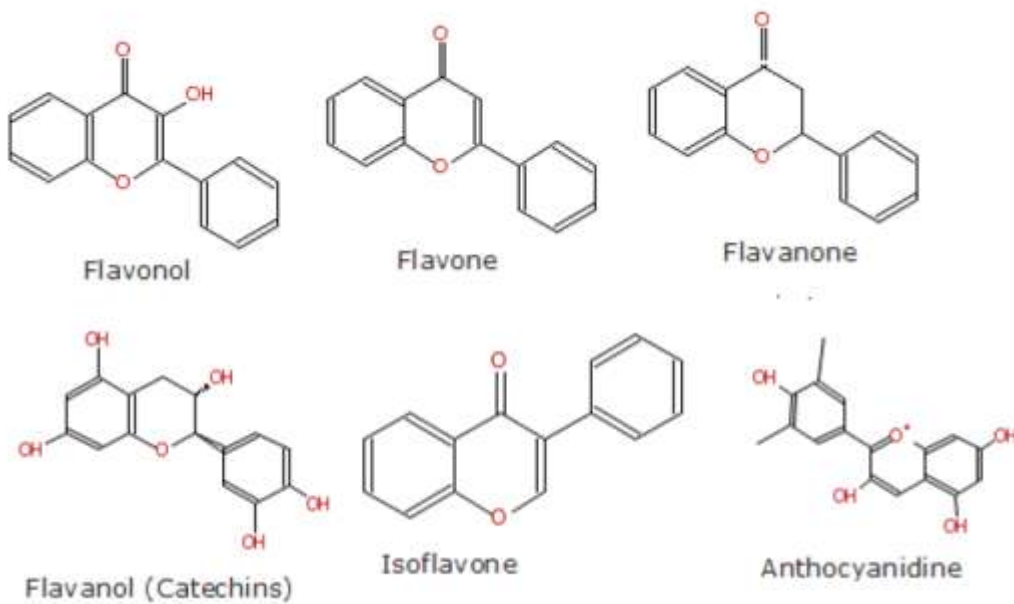
Besin kaynağı (Sebze ve/veya Meyve)	Kuersetin içeriği (mGr / 100 Gr)	Besin kaynağı (Sebze ve/veya Meyve)	Kuersetin içeriği (mGr / 100 Gr)
Elma, çiğ kabuklu	4,42	Brokoli, çiğ	3,21
Elma, kabuksuz	1,50	Brokoli, haşlanmış	1,06
Elma suyu, tadlandırıcısız	2,00	Kereviz, çiğ	3,50
Armut, çiğ	2,55	Yaban kerevizi, çiğ	170,00
Siyah üzüm	2,54	Kışniş, çiğ	5,00
Kırmızı üzüm	3,54	Dere otu, taze	55,15
Beyaz kuş üzümü, çiğ	1,95	Kıvırcık lahanası, çiğ	7,71
Kırmızı kuş üzümü, çiğ	0,95	Kıvırcık lahanası, konserve	4,50
Limon, kabuğu soyulmamış çiğ	2,29	Domates püresi, konserve	4,12
Erik, çiğ	1,20	Domates suyu, konserve	1,46
Kapari, konserve	180,77	Çeri domates, çiğ	2,77
Kiraz, çiğ	1,25	Göbek salatası, çiğ	2,47
Kuş kirazı, çiğ	8,90	Yeşil fasulye, çiğ	2,73
Yabanmersini, çiğ	3,04	Yeşil fasulye, konserve	1,49
Mavi yabanmersini, çiğ	3,11	Sarı kuru fasulye, çiğ	3,03
Mavi yabanmersini, dondurulmuş	3,93	Serrano biberi, çiğ	15,98
Bataklık yabanmersini, şoklanmış	17,70	Ancho biberi	27,60
Kırmızı yabanmersini, çiğ	21,00	Yeşil acı biber, çiğ	16,80
Böğürtlen suyu	1,20	Sarı acı biber, çiğ	50,63
Kırmızı böğürtlen, çiğ	12,16	Meksika acı biberi, çiğ	5,07
Kızılçık suyu	16,41	Sarımsak, çiğ	4,77
Üvez, dondurulmuş	7,40	Soğan, çiğ	13,27
Siyah çay, demli	2,07	Soğan, haşlanmış	19,36
Yeşil çay, demli	2,69	Kırmızı soğan, çiğ	19,93
Yeşil çay, kafeinsiz demli	2,77	Beyaz tatlı soğan, çiğ	5,19
Çay, kafeinsiz demli	2,84	Yeşil soğan, çiğ	14,24
Esmer buğday, kabuklu	23,09	Ispanak, çiğ	4,86
Esmer buğday, kabuğu çıkarılmış	2,72	Tarhun otu, taze	10,00
Kakao tozu, kuru ve şekerli	20,13	Tere otu, çiğ	4,00
Kırmızı şarap	0,84	Tatlı patates yaprağı, çiğ	20,54

Kuersetin ismi, 1857 yılında ilk izole edildiği Meşe ağacının Latince isminden (*Quercus*) türetilen ve çok miktarda izole edilmesi nedeniyle 'Meşe ormanı' anlamına gelen 'Quercetum' kelimesinden türetilmiştir [Ross ve Kasum, 2002].



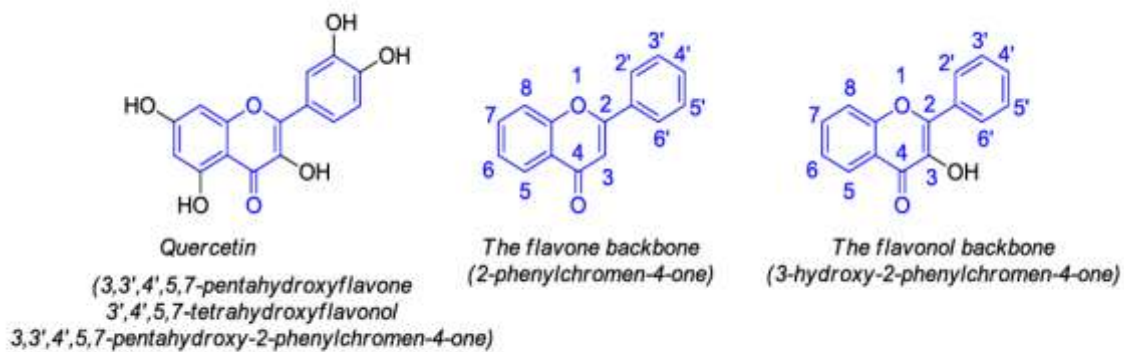
Şekil 2.1. Kuersetin (3, 3', 4', 5, 7-pentahidroksi flavon)'un genel molekül yapısı.

Hidroksil gruplarının (-OH) eklendiği, üç halkalı bir molekülden meydana gelen flavonoidler, benzer flavon iskelet yapısını paylaşan bir molekülden meydana gelen bitkisel bir bileşik ailesidir. Hayvanlar flavon çekirdeğini sentezleyemezler. Bu nedenle flavonoidler, sadece bitkilerde bulunurlar [Baghel, 2012]. Kimyasal yapılarına göre flavonoidler; flavonlar, izoflavonlar, flavononlar, flavanlar, flavonoller ve antosiyanitler olarak altı alt sınıfa ayrılırlar (Şekil 2), [Lakhanpal ve Rai, 2007].



Şekil 2.2. Flavonoidlerin alt sınıflarının genel kimyasal yapıları.

Flavonoitler, ya (moleküle şekerlerin, yani glikozil gruplarının bağlı olduğu) glikozitler ya da (molekülde bağlı bir şeker molekülünün olmadığı) aglikon halinde meydana gelirler. Kuersetin, heterosiklik bir piron halkasına bağlı iki benzen halkasından meydana gelen genel bir flavon çekirdeğine sahip, flavonoller olarak adlandırılan ve doğal olarak meydana gelen bir bileşik grubunun üyesidir (Şekil 3). Kuersetin ve 2000'den fazla flavonoit, p-glikozitlerin yoğunlaşma ürünleri olarak meydana gelen sekonder bitki metabolitleridir [Ross ve Kasum, 2002].



Şekil 2.3. Kuersetin, flavon ve flavonol iskeletlerinin yapısı.

Flavonoller, çok geniş sebze ve meyvelerde bulunmaktadır. Besinsel alımın çoğu; aglikon şeklienden ziyade kuersetin glikozitler, kaemferol ve myricetin flavonoller halinde olmaktadır. Batı popülasyonlarında, tahmini günlük flavonol alımı, 20-50 mg/gün civarındadır. Bu miktarın yaklaşık 13,82 mg/gün'lük miktarı, kuersetin tipi flavonollerden oluşmaktadır [Cao ve ark., 2010].

2.1.1. Kuersetinin kimyasal özellikleri ve stabilitesi

pH 7-10 aralığında, kuersetin iki farklı pKa değerine sahiptir (7,03 ve 9,15), [Sauerwald ve ark., 1998]. 6-12 pH aralığında ise üç farklı pKa değerine (6,74; 9,02 ve 11,55) sahiptir [Jovanovic ve ark., 1994].

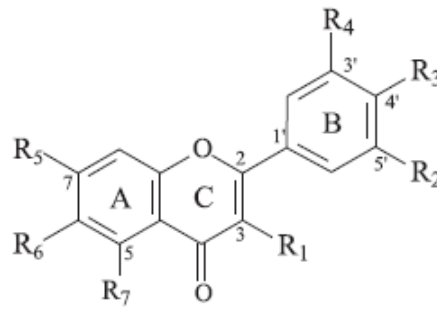
Kuersetinin suda eriyebilirliği son derece düşüktür ve 0,166 µg/mL ile 7,7 µg/mL aralığında rapor edilmiştir [Wei ve ark., 2001; Azuma ve ark., 2002; Lauro ve ark., 2002]. 25°C'deki oda sıcaklığındaki eriyebilirliği; uyarılmış gastrik sıvıda 5,5 µg/mL'ye, incebarsak sıvısında ise 28,9 µg/mL'ye çıkar [Lauro ve ark., 2002]. En yüksek eriyebilirliğe ise (yaklaşık 1,2 mg/mL'de) %50'lik etanolde ulaşılır [Azuma ve ark., 2002].

Kuersetin, pH 5'in altında stabil, üstünde ise stabil değildir. Kuersetinin stabilitesi, hidroksil gruplarının deprotonizasyon durumuna bağlı olarak da etkilenebilir. Tek bir hidroksil grubunun protonunu kaybetmesi durumunda, kuersetinin stabilitesi şu şekilde gerçekleşir: C5OH<C3OH<C3'OH<C7OH<C4'OH şeklinde olur. C4'teki keto kısım, C4' veya C7'deki hidroksil kısmının deprotonizasyonunu kolaylaştırır. C3-OH veya C5-OH'ın C4 karbonil grubuyla hidrojen bağlaması, deprotonizasyonu engeller [Lemanska ve ark., 2001].

2.1.2. Kuersetin ve türevlerinin kimyasal ve fiziksel özellikleri

Kuersetin tipik bir flavanoit yapıya sahiptir ve flavonoitlerin genel yapısal özelliklerini göstermektedir: İki benzen halkası (A ve B), oksijen içeren bir piren halkasına (C) bağlıdır (Şekil 1). Kuersetin, çoğunlukla yapısındaki bir veya iki hidroksil grubunun farklı şeker grubu tipleriyle yer değiştirmiş hali olan glikozit formunda bulunur. Kuersetin türevlerinin ana grupları, kuersetin *O*-glikozitlerdir ve diğer bazı yaygın türevleri Çizelge 2'de özetlenmiştir. Bütün bu bileşikler, genellikle suda çok az erirler. Kuersetin ve türevleri, genellikle sarı renkli toz veya kristal şeklinde bulunurlar [Wang ve ark., 2016].

Kuersetin *O*-glikozitler, en az bir tane *O*-glikozit bağıyla türetilmişlerdir. Birçok bitki ve sebze, kuersetin *O*-glikozit içerir ve en yaygın glikozillenme bölgesi, C3 karbonudur. Birleşen monosakkaritler arasında glükoz, galaktoz ve ksiloz sayılabilir. Kuersetin 3-*O*-glikozit, fasulyede [Chang ve Wong, 2004], adaçayında [Esmaili ve Sonboli, 2010] ve esmer buğdayda [Kalinova ve Vrchotova, 2009] bulunur. Kuersetin 3-*O*-ksilosit, mango meyvesinde [Masibo ve He, 2008] mevcutken, kuersetin 3-*O*-galaktosit kırmızı yaban mersini [Heyman ve ark., 2014] ve erikte [Kim ve ark., 2003] bulunur. Disakkarit şeklindeki kuersetin türevleri de bitkilerde ve sebzelerde yaygın şekilde bulunur. Örneğin rutin (kuersetin 3-*O*-rhamnosilglikozit); vişne [Gonçalves ve ark., 2004], ıspanak [Kuti ve Konuru, 2004], üzüm [Lacopini ve ark., 2008] ve kuru erikte [Gallaher ve Gallaher, 2009] bulunur. Diğer taraftan üç, dört ve daha fazla sayıda sakkarit grupları da kuersetin 3-*O*-glikozitte tespit edildi [Williams ve Grayer, 2004]. Kuersetin türevlerindeki diğer glikozilasyon bölgeleri, C7 ve C4 karbon gruplarındaki hidroksil grupları olabilir. Örneğin fasulyedeki kuersetin 7-*O*-glikozit, C7 karbonunda glikozilasyon bölgesine sahiptir [Chang ve Wong, 2004]. C4 karbonunda glikozilasyon gösteren kuersetin türevleri ise sadece soğanda [Price ve ark., 1997] bulunur (Şekil 4).



Sistematik ismi	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Kuersetin	OH	OH	OH	H	OH	H	OH
Kuersetin 3- <i>O</i> -ramnosit (kuersetrin)	O-Rha	OH	OH	H	OH	H	OH
Kuersetin 3- <i>O</i> -ramnozil- (1→6)-glikozit (rutin)	O-RG	OH	OH	H	OH	H	OH
Kuersetin 3- <i>O</i> -glukosit (izokuersetrin)	O-Glu	OH	OH	H	OH	H	OH
Kuersetin 3- <i>O</i> -galaktosit (Hiperoksit)	O-Gal	OH	OH	H	OH	H	OH
Kuersetin 7- <i>O</i> -glukosit	OH	OH	OH	H	OH	H	O-Glu
Kuersetin 3- <i>O</i> -ramnosit-7- <i>O</i> -glukosit	O-Rha	OH	OH	O-Glu	OH	H	OH
Kuersetin 6- <i>C</i> -glukosit	OH	OH	OH	H	OH	Glu	OH
Kuersetin 3'-metil eter (izoramnetin)	OH	O-Met	OH	H	OH	H	OH
Kuersetin 7-metil eter (ramnetin)	OH	OH	OH	H	OH	H	O-Met
Kuersetin 4'-metil eter (tamariksetin)	OH	OH	O-Met	H	OH	H	OH

Gal: galaktoz; Glu: gluktoz; Rha: ramnoz; RG: ramnoksil glukoz; Met: metil

Şekil 2.4. Kuersetin ve türevlerinin kimyasal yapıları ve bağlı yan grupları.

Kuersetin suda erimeyen, alkolde çok az eriyen, glasiyal asetik asitte ve sulu alkalın çözeltilerde eriyebilen sarı, acımtırak, kristal halinde katı bir maddedir. Kuersetin, sentezlenebilmesine rağmen, daha çok doğal olarak meydana gelen bir glikozit olan rutin (kuersetin-3-rutinozit) hidrolizinden elde edilir [Weast, 1979; Windholz, 1983].

Besinsel flavonolların çeşitliliği, fenolik hidroksil (-OH) gruplarının ve tutunmuş şekerlerin farklı şekillerde yerleşmeleri sonucunda meydana gelir. Kuersetin dahil bütün flavonoller, yaygın bir 3-hidroksiflavonol iskeletine sahiptirler (Şekil 1-4). Bir flavonolün, bir kaempferole karşı kuersetin tipinde mi, yoksa myricetin tipi mi olacağı, fenolik hidroksil (-OH) gruplarının yerine göre belirlenmektedir. Şekil 4, hidroksil ve glikozil gruplarının muhtemel tutunma yerlerini göstermektedir. Fenolik bileşiklerin antioksidan özelliği, oksidazların aktivitesi sonucunda, bir hidrojen veya bir elektronu transfer ederek, metal iyonlarını kelatlama ve inhibe edebilme yetenekleriyle ilgilidir (Şekil 1), [Bartosz, 1995; Rice-Evans ve ark., 1997].

Kuersetin, yapısında 5 tane hidroksil grubu bulunmasına rağmen, lipofilik özellik gösterir. Bu özelliği nedeniyle kuersetin ve kuersetin türevleri, moleküldeki bileşiklerin tipine bağlı olarak hem lipofilik hem de hidrofilik olabilirler. Genellikle *O*-metil, *C*-metil ve prenil türevleri lipofiliktir. Kuersetin türevlerinin içeriği ve şekli, kuersetinin absorpsiyonunda anahtar rol oynar [Wiczowski ve Piskuta, 2004; Rahman ve ark., 2006]. Kuersetin türevlerinin farklı formlarının, incebarsaktaki ve midedeki kuersetinin absorpsiyon oranını etkilediği görülür [Walle, 2004; Muellen ve ark., 2008].

İnsanda potansiyel sağlığa yararları nedeniyle, kuersetin gıda ve farmasötik endüstrisinde besinsel bir bileşen olarak tüketimi artmıştır. Kuersetinin stabilitesi, gıda işleme ve depolama süresince kimyasal değişimleri araştırılarak kapsamlı bir şekilde çalışıldı. Gıda işleme ve depolama süresince meydana gelen oksidasyon ve tahribatın sonucunda, kuersetin ve türevlerinin içeriği, çarpıcı bir şekilde indirgenmektedir [Buncher ve ark., 2006; Odriozola-Serrano ve ark., 2008]. Farklı gıda matrikslerindeki kuersetinin stabilitesi; pH, sıcaklık, metal iyonları ve GSH gibi diğer bileşiklerle de etkilenebilmektedir [Price ve ark., 1997; Boots ve ark., 2005; Moon ve ark., 2008; Dehghan ve Khoshkam, 2012].

Kuersetin suda düşük çözünürlüğe ve biyoyararlanıma, kimyasal instabiliteye ve kısa bir biyolojik yarı ömre sahiptir. Bu durum; besin ve ilaç (farmasötik) alanlarında kullanıldığında, etkinliğini azaltabilmektedir [Cai ve ark., 2013]. Kuersetin aynı zamanda lipofilik bir bileşiktir ve kısmen (4,0 mg/mL, 37°C'de) etanolde [Priprem ve ark., 2008] ve son derece iyi bir şekilde (150 mg/mL, 25°C'de) dimetilsülfoksitte (DMS) erir [Ferry ve ark., 1996]. Sudaki eriyebilirliği, 25°C'de sadece yaklaşık 0,01 mg/mL'dir. Bu nedenle, kuersetinin su bazlı besin matriksine doğrudan dâhil edilmesi zordur [Gao ve ark., 2011].

2.1.3. Kuersetinin sentezi

Flavonoidler gibi fitokimyasalların biyosentezi, bitkilerin çevrelerine karşı bir savunma tepkisidir. Flavonoidler, bitkileri genellikle UV güneş ışığından ve lipid peroksidasyonundan koruma görevini yaparlar [Mariani ve ark., 2008]. Kuersetin, bitkilerde yaprakların, çiçeklerin ve meyvelerin yüzeyinde yerleşmiş olan bezler tarafından sentezlenir. Bu bileşikler, özellikle Labiate ve Compositae familyalarına ait bitkilerde yaygın olarak bulunmaktadır. Asetonda gömülmüş oldukları bitki dokularından kolaylıkla

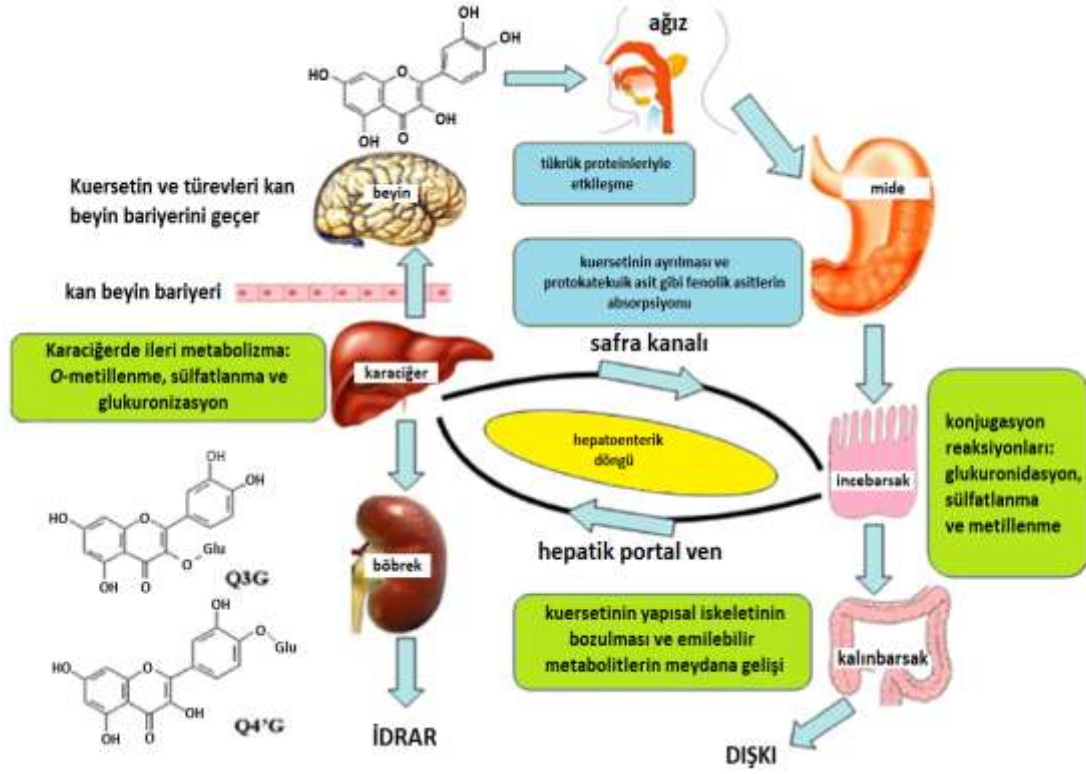
izole edilebilen hidrofilik bileşiklerdir. Sentezlenen kuersetin miktarı, bitkinin UV radyasyona maruz kalma süresiyle doğrudan ilişkilidir. Bu özelliğiyle bitkilerde biriken kuersetin miktarı, UV'nin neden olduğu hasara karşı doğal bir koruyucu olarak düşünülebilir [Wang ve ark., 2016]. Möhle ve ark. [1985], dereotu hücre kültürü UV-B radyasyona maruz kaldığında, sentezlenen hakim flavonoidin kuersetin-3-*O*- β -glukuronid olduğunu, flavonoit biyosentezinin UV ışık tarafından düzenlendiğini ve kuersetin birikmesinin bir savunma davranışı olduğunu ileri sürdüler. Kuersetin türevlerinin en az bir hidroksil grubunun glikozilasyonu, o molekülün hidrofilitesinin artmasına neden olur. lipofillikten hidrofilliğe dönüşme, bitkilerdeki kuersetinin glikozitik türevleri için çok önemlidir. Bu şekilde sitozolde eriyebilir hale gelerek, bitkilerin çeşitli kısımlarına kolaylıkla taşınır ve vakuollerde depolanabilirler. Bitkilerde kuersetin; genellikle şeker, eter ve fenolik asit gibi moleküllere bağlı olarak bulunur [Wang ve ark., 2016].

2.1.4. Kuersetinin metabolizması

Besinden alınan kuersetin, ağızda tükürük proteinleriyle etkileşir ve eriyebilir ikili kuersetin-protein kümelerini meydana getirir. Ancak, ikili kümelerin oluşmasına rağmen kuersetinin ağızdaki absorpsiyonunun son derece zor olduğu rapor edildi [Cai ve Bennick, 2006].

Midenin güçlü asidik ortamında kuersetinin iskelet yapısı bakteriyal halka fizyonu (protokatekurik asit gibi) fenolik asitlere parçalanır. İncebarsakta, etkili bir glukuronidasyonu vardır. Kuersetin glukozit ve kuersetin galaktozit gibi kuersetin glikozitler, incebarsakta kuersetine deglikolizi de olabilirler. Daha sonra bu kuersetin ve kuersetin türevleri, hepatik portal ven tarafından karaciğere taşınır. Karaciğerde kuersetin *O*-metilasyon, sülfatasyon, ve glukuronidasyonun dahil olduğu daha detaylı metabolize edilir. Kuersetinin sülfatla konjugasyonu, sülfodiesterazlar tarafından gerçekleştirilir. Kuersetin *O*-metillendiğinde, ana ürünü 3'-*O*-metilkuersetin (izorhamnetin) ve daha az olarak 4'-*O*-metilkuersetin (tamaraxetin)'dir. Meydana gelen kuersetin türevleri ve metabolize olmamış kuersetin, karaciğerin portal veni aracılığıyla kana verilir. Kuersetin ve türevleri, daha sonra sülfat veya glukuronit oluşumuna neden olarak karaciğerde konjuge olabilirler. Bununla beraber, karaciğer ve böbrekteki katekol-*O*-metiltransferaz, kuersetin ve türevlerinin daha ileri metillenmesine de iştirak eder. Kuersetinin ve konjugatlarının emilimi, koloni halinde yaşayan mikroorganizmaların bu bileşikleri

parçaladıkları yer olan kalınbarsakta meydana gelir. Örneğin, *Clostridium orbiscindens*, kuersetindeki C-halkasının ayrışmasında anahtar rol oynar. Koloni halindeki mikroorganizmalar tarafından meydana getirilen metabolitler, portal ven aracılığıyla absorbe olurlar ve karaciğere taşınırlar [Aura, 2008]. Burada konjugasyon reaksiyonlarına maruz kalırlar (Şekil 5).



Şekil 2.5. Kuersetinin metabolizması.

Sprague-Dawley ratlarının erkeklerine intravenöz ve oral uygulama sonrasında kuersetinin vücuttaki dağılımı değerlendirildi. Kuersetinin yaklaşık % 93'ünün incebarsakta absorbe olmadan önce metabolize olduğunu, buna karşılık sadece % 3,1'inin karaciğerde metabolize olduğu gösterildi [Chen ve ark., 2005]. 10 mg kuersetin/kg vücut ağırlığındaki tek dozluk oral uygulama sonrasında, toplam kuersetinin yaklaşık % 59'unun absorbe edildiğini ortaya koyuldu. 500 mg/kg'lık yüksek dozlu ve 11 haftalık uzun süreli kuersetin diyeti uygulanan ratlarda, kuersetin ve metabolitlerinin (akciğer, kalp ve karaciğer gibi) birkaç organa dağıldığı kanıtlandı. En yüksek kuersetin düzeyine akciğerde, en düşük kuersetin düzeyine ise beyin ve dalakta rastlandı. Günlük besinden fazla miktarda kuersetin alımının vücutta kuersetin birikmesine neden olduğu bulundu [De Boer ve ark., 2005].

Absorbe edilen kuersetin ve türevleri, idrar yoluyla [Nishijima ve ark., 2015] veya safra yoluyla dışarı atılır ve dışkı ile elemine edilir [Shi ve Williamson, 2015]. Diğer bir durumda; kuersetin, bakteriyal halka yıkımının sıkıntısını çeker, dışkı ve nefes yoluyla dışarı atılan fenolik asitlere ve karbondioksit (CO₂)'ye parçalanır [Abrahamse ve ark., 2005; Guo ve Bruno, 2005]. Oral uygulamayı takiben insan denemelerinde, absorbe olan kuersetin CO₂, idrar ve dışkı yoluyla, glukuronit veya sülfat konjugatı halinde atılır ve atılma yüzdeleri, sırasıyla % 52,1; % 4,6 ve % 1,9'dur [Walle ve ark., 2001]. Kuersetin kapsamlı metabolizmaya maruz kalmasına ve çoğunlukla metabolik ürünler halinde geri alınmasına rağmen, Moon ve ark., [2008] eser miktarda (10 sağlıklı birey içerisinde 0,25 ila 10 µg arasında değişen miktarlarda) kuersetini değişmeden 500 mg Kuersetin 500-Plus kapsüllerinin sindirimi sonrasında idrarda tesbit ettiler.

2.1.5. Kuersetinin toksik etkileri

Semikinon ve kinon gibi, kuersetin oksidasyon ürünlerinin birkaçının toksik etki gösterdiği rapor edildi, çünkü oksitlenmiş ürünler dox homeostasisini değiştirdi ve arilasyonla hücresel protein-SH'leri tükendi. İnsan vücudundaki serbest radikallerle tepkimeye giren kuersetin, tiyollerle son derece reaktif olan kuersetin-kinon olarak adlandırılan toksik oksidasyon ürünlerini oluşturabilir ve bu ürünler için GSH temel reaktant olabilir. GSH konsantrasyonu yeterince yüksek olduğunda, kuersetin-kinonun GSQ şeklinde tutulduğunu kanıtladı [Boots ve ark., 2008]. Ancak, düşük GSH konsantrasyonunda, protein-SH gibi diğer sülfidril bileşikleriyle etileşebilir kuersetin-kinon olarak tutularak etkisiz olabilir. Bu durumda, hücre membranının bütünlüğü ve proteinleri tahrip edilerek [Walgren ve ark., 2000; Yen ve ark., 2003] veya sülfidril yapısı içeren enzimlerin fonksiyonu bozularak [Kalyanaraman ve ark., 1987], hücresel hasar gibi olaylara neden olarak toksik etkiler meydana getirebilir. İzole edilmiş fare karaciğer hücrelerinden oluşan bir modelde, kuersetin doza bağlı olacak şekilde nükleer GSH içeriğini azalttı. İnsan lökemiya hücre hatlarında (THP-1, HL-60) apoptozu indüklemek için arsenikle birlikte kuersetini kullanıldığında, GSH içeriği süreç içerisinde azaldı, DNA'da hasar meydana geldi. Arseniğin GSH'a karşı son derece reaktif olduğu düşünüldüğünde, GSH'ın indirgenmesi hücre hatlarındaki serbest arsenik konsantrasyonu arttırabilir ve bu durum DNA'da ve hücresel düzeyde hasar meydana getirir [Wang ve ark., 2016].

Kuersetinin mutajenik, genotoksik etkilerine, revers mutasyonları da indüklediği ve DNA iplik kırıklarını önlediğine dair çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Kuersetinin mutajenitesi, hamster yumurta hücrelerinde 0,2 µM ile 1 mM arasındaki konsantrasyon değerlerinde gözlemlendi. Kuersetin, spontan oluşumlarla mukayese edildiğinde yumurta hücrelerindeki kardeş kromatit değişimlerinin frekanslarını önemli ölçüde indükledi. Ancak, kuersetinin mutajenitesi ve/veya genotoksisitesi, *in vivo* da tam olarak onaylanmadı [Engen ve ark., 2005].

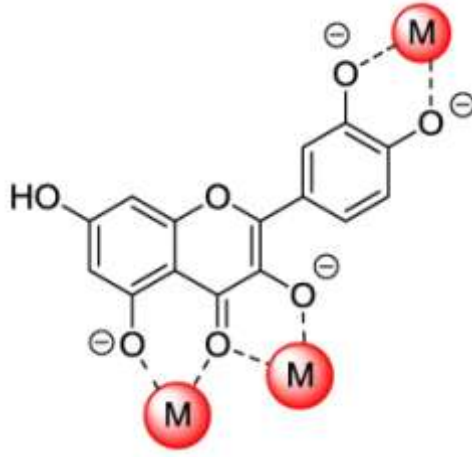
2.1.6. Kuersetinin biyolojik etki mekanizmaları

Kuersetin; antioksidan, antimikrobiyal, antiinflamatuvar, antiallejan, antikanserojenik özelliklerinin yanında viral enfeksiyonlara yatkınlığı da azaltır [Erkoç ve ark., 2003]. Bunların dışında kuersetin; kalp-damar (kardiyovasküler) sağlığını koruyucu (kardiyoprotektif) [Harwood ve ark., 2007], karaciğer koruyucu (hepatoprotektif), üreme sistemini koruyucu, sinir koruyucu (nöroprotektif), nörolojik ve antiobesite ajanı olarak kullanılması dahil birçok farmakolojik özellikleri olan, etnofarmotik açıdan önemli, çok yönlü bir moleküldür. Kuersetin aynı zamanda hücrelere zarar veren serbest radikallerle savaşır ve kötü kolesterolü düşürür [Erkoç ve ark., 2003].

Antioksidatif etkisi

Fenolik bileşiklerin en belirgin kimyasal özelliği, antioksidan aktiviteleridir. Fenolik bileşiklerin antioksidan özelliği, oksidazların aktivitesi sonucunda, bir hidrojen veya bir elektronu transfer ederek, metal iyonlarını kelatlama ve inhibe edebilme yetenekleriyle ilgilidir [Bartosz, 1995; Rice-Evans ve ark., 1997].

Antioksidanlar sadece insan vücudundaki hücrelerde bulunan serbest radikalleri değil, aynı zamanda besinlerde de mevcut olan serbest radikalleri de nötralize edebilirler [Bartosz, 1995]. Kuersetinin antioksidan özelliği, kimyasal yapısında çok sayıda hidroksil (-OH) grubunu barındırması, katekol tipi bir B-halkasının varlığı ve yeri ile ilgilidir (Şekil 6), [Harwood ve ark., 2007].



Şekil 2.6. Kuersetinin metal kelatlama özelliği.

Antioksidan etkinin; ağır metallerin bağlanması, serbest radikallerin temizlenmesi, enzim inhibisyonu ve koruyucu enzimlerin üretilmesinin (ekspresyonunun) indüklenmesi gibi farklı şekilleri olduğu düşünülmektedir. Son çalışmalar, kuersetinin biyoyararlanımı arttırıcı stratejileri üzerinde yoğunlaşmaktadır [Boots ve ark., 2008].

Kuersetin apoptozu indükler, fosfolipaz A2 ve diğer protein kinazları inhibe eder. Böylelikle membran akışkanlığını artırır ve farelerin eritrosit membranlarını oksidatif hasara karşı korur [Pewlikowska-Pawlega ve ark., 2003].

Kuersetinin antioksidan etkisi, hidrojen peroksit ortamında *in vitro* oksidatif stres sonucunda rat gözlerinde meydana gelen katarakt oluşumunu inhibe etme yeteneği ile ortaya koyulmuştur [Stefek ve Karasu, 2011].

Endüstriyel bir bileşik olan karbontetraklorürün (CCl₄) neden olduğu *in vitro* oksidatif hasarın, kuersetin içeren *Heroteka inuloides* özütleriyle etkili bir şekilde indirgenebileceğini rapor edildi. Kuersetinin 250 ppm'lik bir dozunun polietilende etkili bir antioksidan ve stabilizör olduğu da rapor edildi. Böylece, polimerin uzun süreli rezidüel stabilitesini de arttırdı [Tatraaljai ve ark, 2014].

Ratlarda 25-50 mg/kg'lık kuersetin dozunun streptozotocinin indüklediği, *Diabetes melitus*'un neden olduğu oksidatif strese karşı antioksidan etki gösterdiği rapor edildi [Maciel ve ark, 2013].

Kuersetinin kalsiyum komplekslerinin yüksek kp değerine sahip olduğu da rapor edildi. Bundan dolayı kuersetin toksik metal iyonlarının çıkartılması için uygulanan kelatasyon terapisi uygulamalarında kelatlayıcı ajan olarak önerilebilir [Ravichandran ve ark, 2014]. Kuersetin aynı zamanda insan sperm hücrelerindeki lipit peroksidanlarını indükleyen tetrabütilhidroksiperoksida karşı *in vivo* inhibitör etki gösterdi [Moretti ve ark, 2014].

Kuersetinin türevlerinin B-halkasındaki 4'-OH grubunun en yüksek radikal süpürücü aktiviteye sahip olduğu, diğer hidroksil gruplarının ise 4'-OH grubuna göre daha düşük antioksidan aktiviteye sahip olduğu belirlendi [Wang ve ark., 2016]. Şayet kuersetin veya kuersetin türevlerinin hidroksil (-OH) gruplarına şeker veya alkoksi birimleri bağlanırsa, antioksidan aktivitesi düşer [Materska ve ark., 2014]. Kuersetin ve kuersetin türevlerinin antioksidan aktivitesi, bu bileşiklerin antiviral ve antibakteriyal aktiviteleriyle de sıkı şekilde bağlantılıdır [Cos ve ark., 1998; Burda ve Oleszek 2001; Materska ve Perucka, 2005].

Antimikrobiyal aktivitesi

Kuerstince zengin diyetle beslenmiş kuzuların etlerinde dondurmaya bağlı mikrobiyal gelişimi azaltan bir antimikrobiyal ajan olabileceği rapor edildi [Andres ve ark., 2013]. İlave olarak, Lucas yöresinde kuersetin ile birlikte fonksiyon gösteren kitosan, *Escherichia coli*, *Salmonella enterica* ve *Listeria monocytogenes* gibi bakteri türlerine karşı son derece dikkat çekici bir antibakteriyel etkiye sahiptir [Bozic ve ark., 2012].

Bunun yanında kuersetin aynı zamanda bakteri hücrelerindeki D-Ala-D-Ala bağlantılarını, D-Alanini (D-Alanin ligaz enzimini kullanarak ve bakteri gelişimini önleyerek) inhibe etme kapasitesi nedeniyle bakteriyostatik olarak da etki eder [Wu ve ark., 2008]. Son zamanlarda bakteriler mevcut antibakteriyal ilaçlara karşı direnç kazanmışlardır. Bu nedenle, bu dayanıklı bakterilere karşı yeni ilaçların geliştirilmesi gerekmektedir. Bakteriyostatik olan kuersetin, antibakteriyal ilaç çalışmaları için uygun bir moleküldür.

Antiviral aktivitesi

Günümüzde, viral hastalıklar insan sağlığı için artan bir tehdittir. Kuersetinin çeşitli virüslere karşı koruyucu etkileri olduğu bulundu. Bir sivrisinek tarafından taşınan Japon

encephalitis (JE) virüsüne karşı, 212,1 mg/mL'lik kuersetin dozunun antiviral aktivite gösterdiği rapor edildi [Johari ve ark., 2012]. Kuersetinin insan T- hücreli lökemiya virüs 1 (HTLV-1)'in neden olduğu MT-2 hücrelerindeki tomurcuklanmaya karşı potansiyel bir koruyucu olduğu rapor edildi [Coelho-Dos-Reis ve ark., 2011]. Kuersetinin kızıl virüsü tip-2'ye karşı antiviral etkiye sahip olduğu da rapor edildi [Zandi ve ark., 2011]. Afrika yeşil maymunlarının vero hücrelerinde, zenginleştirilmiş kuersetinin *in vitro* antiviral aktivite gösterdiği bildirildi [Ramadan ve ark., 2009]. Ayrıca, kuersetinin yapısal olmayan protein 3 proteaz aktivitesini inhibe ederek Hepatit-C virüsünü de baskılayabileceği rapor edildi [Bachmetov ve ark., 2012]. Kuersetin-3-O-B-D glikozit formunun İnfluenza-A virüsüne karşı *in vitro* etkili olabileceği rapor edildi [Fan ve ark., 2011]. Kuersetinin 7-ramnozit'in, epidemik Dierra (ishal) virüsüne karşı da etkili olduğu bulundu [Song ve ark., 2011].

Antiinflamatuvar aktivitesi

Kuersetinin antiinflamatuvar etkisi, *in vitro* çalışmalarda kanıtlanmıştır. Polisorbitat-80 ile karışık halde oral yolla verilen kuersetinin, ratlardaki pençe ödemi inhibe ettiği rapor edildi [De Souza ve ark, 2007]. Kuersetin ve glikozit türevlerinin deri yüzeyinde düşük emilimi nedeniyle topikal imflamasyona karşı etkisiz olduğu rapor edildi. Fakat kuersetinin bir pentameter türevinin ratlarda deri boyunca mükemmel emildiği ve uygun bir antiinflamator ajan olarak rapor edildi [Lin ve ark, 2012]. Kültüre alınmış karaciğer hücrelerine uygulanan kuersetin, reaktif c-proteini ve nitrik oksit sentaz gibi imflamasyona neden olan ajanlara karşı inhibitör bir etki gösterdiği rapor edildi [Garcia-Medivilla ve ark, 2007]. Kuersetince zengin besinlerin farelerde imflamator genlerin ekspresyonunu azalttığı rapor edildi [Boesch ve ark, 2011]. Farelerde, intraperitoneal olarak uygulanan kuersetinin insülin direncine bağlı imflamasyonda bir azalma rapor edildi [Anhe ve ark, 2011]. Kuersetin verilmiş sağlıklı gönüllü insanlarda gerçekleştirilen *in vivo* ve *ex vivo* çalışmalarda, insan kanında mevcut olan inflamatuvar ajanlara bir etkisinin olmadığı rapor edildi [Boots ve ark, 2008]. Kuersetin ve kuersetin türevlerinin imflamasyonda *in vivo* maddeler kullanıldığı takdirde güçlü bir imflamator ajan olabileceğini ortaya koyuldu.

Antikanser etkisi

Kanser günümüzde, insan vücudunun 60 farklı bölümünde rastlanılmış bir hastalıktır. Günümüzde, yeni tedavi yöntemlerine gereksinim duyulmaktadır. Kuersetin potansiyel bir

antikanser ajanı olarak umut vaat etmektedir. Mevcut preklinik ve hayvan çalışmaları, kuersetinin insan klinik çalışmaları için potansiyel bir antikanser adayı olabileceğini ortaya koymaktadır.

Kuersetin, çok sayıda hayvan modelinde ve insan kanser hücre hatlarında araştırıldı. Prostat, pankreas, karaciğer, kolorektal, göğüs, lökemiya, yumurtalık, skuamoz hücre, endometriyal, gastrik ve küçük hücreli olmayan akciğer kanserleri dahil çeşitli kanser hücre tiplerinin proliferasyonunu, hücresel süreçleri değiştirerek ve/veya gelişimlerini sınırlayarak inhibe ettiği ve antiproliferatif etkilere sahip olduğu bulundu [Kim ve ark., 2003; Lee ve ark., 2011]. Kuersetin, kemoterapötik ajanların etkinliğini de artırabilir. Faz 1 klinik denemeler, *in vivo* lenfosit tirozin kinaz inhibisyonunu ve parenteral kuersetinin antitümör aktivitesini kanıtladı [Baghel ve ark., 2012].

Kuersetinin antikanser fonksiyonunun temelinde güçlü aktioksidan kapasitesiyle ilişkili olduğu rapor edildi. Radikal süpürücü potansiyele sahip olan kuersetin, oksidatif stresle indüklenen kanseri önleme yeteneğine sahiptir [Conklin, 2000]. Farklı kanser hücre hatlarında apoptozu aktive ettiği, küçük hücreli olmayan akciğer kanserinde hücre proliferasyonunu güçlü bir şekilde inhibe ettiği de rapor edildi [Lee ve ark., 2011].

Kanserojenlik, esas olarak hücrenin anormal şekilde çoğalma, apoptozdan kaçınma, anjiyogenez indüklemeye ve uzak bölgelere metastaz yapma yeteneğine dayanır [Manson, 2005]. Bir tümör baskılayıcı gen olan p53, dış kaynaklı ve iç kaynaklı strese karşı hücre tepkinin düzenlenmesinde önemli bir rol oynar. Hücre tiplerine ve stresin yapısına bağlı olarak, p53 hücre döngüsünün durmasını sağlayabilir veya apoptozu tetikleyebilir. Aktivasyonunu takiben p53, transkripsiyonal olarak, hücre döngüsünün kontrol noktalarını düzenleyen veya apoptozu indükleyen bir dizi hedef geni aktive eder [Yee ve Vousden, 2005]. Mu ve ark. [2007], kuersetinin G1 fazındaki hücre döngüsü ilerlemesini bloke ettiğini ve p53 geninin aktivasyonu ile büyüme önleyici etki gösterdiğini ortaya koymuştur.

Neto [2007], tümör büyümesini inhibe etme analizleri yoluyla, 15-60 mg aralığındaki kuersetinin, MCF-7 insan meme adenokarsinomasını, HT-29 insan kolon adenokarsinomasını ve K562 insan kronik miyeloid lösemi hücre hatlarını, GI₅₀ oranında büyümesini inhibe ettiğini bildirdi. Flavonoidlerin kansere karşı koruyucu olduğu

iddialarını destekleyen kanıtlar, kuersetinin *in vitro* kanser hücre hatlarının proliferasyonu üzerine inhibe edici etkisini bildiren çok sayıda çalışmadan elde edilmektedir. DNA iplikçiklerinin kırılmasının indüklenmesi, hücre döngüsünün durması ve/veya apoptoz gibi, kersetinin antiproliferatif etkisine karşı çeşitli mekanizmalar önerilmiştir [Ferry ve ark., 1996; Duthie ve ark., 1997; Balabhadrapathruni ve ark., 2000]. Murtaza ve ark. [2006], kuersetinin apoptozis, hücre döngüsü durdurma ve ksenobiyotik metabolizmasıyla ilgili genlerin ekspresyonundaki modülatör etkisini de ortaya koydular. Apoptotik aktivite, çeşitli fenolik fitokimyasalların potansiyel antikanserojen etkinlikleri için *in vitro* bir tarama aracı olarak kullanılabilir. Kuersetinin fosfatidil inositol 3-kinaz ve protein kinaz-C'nin de dahil olduğu sinyal iletiminde, hücre büyümesinde ve gelişmesinde yer alan enzimlerin aktivitesini modüle edebilme yeteneğinde rol oynadığına inanılmaktadır [Cushman ve ark., 1991; Matter ve ark., 1992; Agullo ve ark., 1997].

Kuersetinin bir diğer önemli antikanser etkisi, siklin B, p21, p27, sikline bağımlı kinazlar (CDK'lar) ve topoizomeraz II dahil olmak üzere birkaç moleküler hedefi modüle ederek hücre döngüsünü düzenleme kabiliyetidir [Gibellini, 2011]. Hücre tipine ve tümörün kökenine bağlı olarak, G1/S veya G2/M geçişinde hücre döngüsünü engelleyebilir. Örneğin, kuersetin, meme kanseri hücrelerinde, kanser hücrelerine özgü (normal hücrelerde değil) G1/S geçişinde durdurulmasına neden olmuştur [Jeong ve ark., 2009].

Kuersetin, mitokondriyal yol aracılığıyla apoptozu indükler. Sitosolik Ca^{2+} seviyelerini artırır ve kaspaz-3, kaspaz-8 ve kaspaz-9'un aktivasyonunu sağlayarak mitokondriyal membran potansiyelini (MMP) azaltır [Chien ve ark., 2009]. Kuersetin ayrıca proapoptotik bir protein olan Bax'i pozitif yönde, antiapoptotik bir protein olan Bcl-2'yi de negatif yönde düzenler. Toplu olarak, kuersetinin antikanser etkileri, çoklu antitümör yolları üzerindeki aktivitesinden kaynaklanmaktadır [Gibellini, 2011].

Isı şok proteinleri, normal hücre döngüsü tutulma mekanizmasını baypas ederek tümör hücrelerinin oluşmasına izin veren mutant p53 ile birlikte bir kompleks oluşturur. Isı şok proteinleri aynı zamanda (düşük dolaşım, ateş gibi) farklı vücut stresleri altında, ilerlemiş kanser hücrelerinin sağ kalmasına izin verir [Baghel ve ark., 2012].

Kuersetinin, östrojen reseptörünün (ER) ifade ettiği kanser hücre hatlarının proliferasyonunda bifazik bir etkiye sahip olduğu görüldü [Arai ve ark., 2000; Voude ve

ark., 2003]. Kanser hücresi proliferasyonunun uyarılması, ER'ye bağımlıydı ve insanlarda fizyolojik olarak ilişkili olduğu konsantrasyonlarda meydana geldiği ortaya çıktı [Voude ve ark., 2003].

ER, nükleer hormon reseptörlerinin süper ailesinin bir üyesidir. Bugüne kadar, ER'nin üç farklı alt tipi bilinmektedir; en çok çalışılanlar ER α ve ER β ve son zamanlarda keşfedilen ER γ 'dır. ER α ve ER β , karaciğer, beyin, kemik ve özellikle üreme dokuları dahil birçok dokuda ifade edilir [Jacobs ve Lewis, 2002]. ER α /ER β oranının meme tümörlerinde normal dokulara göre daha yüksek olduğu bulundu [Benassayag, 2002].

Hepatoprotaktif aktivitesi

Alkole bağı olmayan karaciğer yağlanması (non-alcoholic teatohepatitis) görülen çöl farelerinde yapılan *in vivo* bir çalışmada, oral olarak kuersetinle beslenmiş olan çöl farelerinin karaciğer hücrelerinin yağ depolarında bir azalma görüldüğü, böylelikle karaciğer hücrelerinin fibrosizden korunduğu gösterildi [Ying ve ark., 2013].

Kuersetin karaciğer koruyucu aktivitesiyle ilişkili olarak farelerde yapılan bir *in vivo* çalışmada hepatotoksisite indükleyici etkisine karşı kuersetinin fonksiyonunu ateşleyen temel etmenin hemoksijenaz-1 olduğu rapor edildi. Hepatoprotektivitesi daha sonra Alanin amino transferazın plazma konsantrasyonundaki azalmayla etkisini gösterir [Lekic ve ark., 2013].

Rat hepatositlerindeki etanol ile indüklenen oksidatif hasarın, kuersetin uygulamalarıyla iyileştirilebileceği rapor edildi [Liu ve ark., 2012]. Kuersetin hepatoprotektivitesi, karaciğer hasarını önlemede yararlı olabileceği ortaya konuldu. Bu nedenle kuersetin hepatoprotektif bir ajan olarak uygun bir doğal ürün olabilir. Yukarıda açıklanan farmakolojik özellikleriyle birlikte kuersetin aynı zamanda, embriyonik tavuk üreme sistemine de koruyucu olduğu rapor edildi. Ratlarda kinin sülfat tarafından meydana getirilen toksisiteyi indirgedi [Mi ve ark., 2010]. Literatür aynı zamanda kuersetin kullanımının antiobeziteye neden olabileceğini ortaya koydu [Sergent ve ark., 2012].

Kardiyovasküler aktivitesi

Kuersetin kardiyovasküler hastalıkların azaltılmasında da rol oynadığı rapor edildi ve bu özelliği ise antiinflamatuvar özelliğine dayandırılmaktadır [Russo ve ark., 2013]. İzole edilmiş rat arterlerinde yapılan *in vitro* bir çalışmada, glikan formundaki bir kuersetinin vazodilatör olabileceği kanıtlandı [Larson ve ark., 2012]. Epidemiyolojik bilgiler, kuersetince zengin besinle beslenmenin kardiyovasküler problemlerdeki azalma arasında pozitif bir korelasyon olduğunu göstermektedir [Jan ve ark., 2010]. İnsan transgenik farelerde, fibrinojen ve insan reaktif-C proteini dahil kardiyovasküler olarak tehlikeyi artırıcı faktörlerde kuertesinin bir azalmaya neden olduğu rapor edildi [Kleemann ve ark., 2011]. Kuersetinin antiinflamatuvar etkisi nedeniyle, farelerde *in vivo* kalsiyum kloridin indüklediği abdominal aortik anavrizmayı önleme yeteneğinde olduğu rapor edildi [Wang ve ark., 2012].

Nörolojik etkisi

Kuersetin nörolojik olduğu kadar, nöroprodüktör yani nörokoruyucudur. Kuersetin, balık yağı ile kombine halde kullanıldığında, rat beyninde nöroprodüktör olarak davrandığı rapor edildi [Joseph, 2013]. Alzeihemer hastalığı gibi asetilkolin esteraza karşı inhibitör etki gösterdiği bilinen nörodejeneratif hastalıklara karşı da kuersetinin yararlı etkiler gösterdiği rapor edildi [Choi ve ark., 2012]. Ratların stratumundaki, beyin yarıklarındaki nöronlardaki 6-hidroksi dopamin tarafından indüklenen oksidatif stresi de azalttığı rapor edildi [Haleagrahara ve ark., 2013].

Sağlıklı p19 genleri üzerinde yapılan bir çalışmada, kuersetinin nöronun hayatta kalmasını etkilemediği rapor edildi, fakat hücreler arası glutasyon içeriğindeki bir azalmanın sinir sisteminin çalışmasını etkileyebileceği gözlemlendi [Jazvinscak ve ark., 2013].

Ömür uzunluğuna etkisi

Birkaç çalışma kuersetinle katkılı besinleri tüketen ve yüksek miktarda kuersetin içeren besinleri tüketen hayvanların daha uzun yaşadığını rapor etti. Bu şekilde, *Caenorhabditis elegans*'ın ömür uzunluğunu kuersetin uygulamasına bağlı olarak % 15 kadar arttırdı [Kampkötter ve ark., 2008; Saul ve ark., 2008].

2.2. Parazitoitler ve Yaşam Döngüleri

Etkileyici yaşam döngüleriyle parazitoitler (vampir böcekler); yaşamlarının belli dönemlerini bir başka hayvanın üzerinde ve/veya içinde geçiren, bu süre içerisinde diğer hayvanın hemolenfi ve etiyle beslenen karnivor (etçil) böceklerdir [Godfray, 1994]. Parazitoitler ergin öncesi gelişim dönemlerini (genellikle yumurta ve larva dönemlerini), konak olarak adlandırılan ve parazitoit erginleşinceye kadar ona besin sağlayan ve ev sahipliği yapan hayvanın üzerinde ve/veya içerisinde gelişirler. Konak, üzerinde yetişen parazitoite sadece besin ve habitat sağlamaz, onun yetişmesi için genel koruyuculuk görevini de üstlenir. Parazitoitler erginleşinceye kadar konakları üzerinde ve/veya içerisinde parazitik yaşarlar ve sonunda onu öldürürler. Parazitoit ve konak çoğu zaman aynı taksonomik gruptan olur. Örneğin, parazitoit olarak çoğu zaman Hymenoptera takımına ait türler kullanılırken, konak olarak da çoğu ekonomik yönden zararlı Lepidoptera takımına ait türler kullanılmaktadır [Quicke, 1997]. Bu özellikleri sayesinde parazitoitler, Biyolojik mücadelede, biyolojik kontrol ajanı olarak yaygın şekilde kullanılmaktadırlar [Godfray, 1994; Quicke, 1997].

Parazitoitler, konaklarının bir veya birkaç belli evrelerini parazitleyebilirler. Etkili oldukları konak evrelerine ovipozitör adı verilen yumurta koyma borularını kullanarak yumurtalarını bırakırlar. Yumurta koymadan önce dişi parazitoit konağını inceler, yumurta bırakmak için uygun olup olmadığına karar verir, sonra onu felçleştirir ve daha sonra uygun yerlerine yumurtalarını bırakır. Parazitoitlerin bir kısmı konağın yumurtalarını parazitlerken, bir kısmı larvalarını, bir kısmı prepup ve/veya pupalarını parazitleyebilir. Konağın parazitlenme evresine göre parazitoitler; yumurta parazitoidi, larva parazitoidi, pup parazitoidi gibi isimler alırlar. Bir ovipozisyon (yumurta bırakma veya parazitleme) anında, bırakılan değişik sayıdaki yumurtalardan değişik sayıda bireyler çıkar ve bireyler gelişimlerini sürdürür [Doutt, 1959].

Parazitoitlerin bazıları yumurtalarını konağının üzerine veya hemen yakınına bırakırlar, bu durumda yumurtadan çıkan parazitoit yavrusu (instar), besinini hazır olarak bulur ve gelişimini devam ettirir. İşte bu şekilde yumurtalarını konağının üzerine veya yakınına bırakan parazitoitlere, ektoparazitoit adı verilir. Ektoparazitoitler genellikle gregardır, yani bir konak üzerinde birden çok birey gelişimini tamamlayabilir ve erginleşir. Parazitoitlerin bazıları ise, yumurtalarını konağın vücudu içerisine ovipozitörlerini batırarak bırakırlar.

Yumurtadan çıkan bireyler, belli bir süre konak hayvanın vücudunda kaldıktan sonra, hayvanı öldürerek vücudundan çıkar ve erginleşirler. Bu tip parazitoitlere ise endoparazitoitler denilmektedir. Endoparazitoitler genellikle soliter (tekli) parazitoitlerdir. Bunlarda konaktaki besin miktarı sınırlı olduğundan konağın içerisine çok sayıda yumurta bırakılsa bile, aralarındaki kanibalizm sonucunda elemine olarak sonunda bir, bazı hallerde iki birey ancak gelişimini tamamlayabilir. Buradan da anlayabileceğimiz gibi, parazitoitler sadece hayatlarının ergin öncesi evrelerinde konağa bağımlıdırlar [Doutt, 1959; Godfray, 1994; Quicke, 1997].

Ergin parazitoitler, çok aktif hayvanlardır. Erkek parazitoitler, konaklarından dişi parazitoitlerden genellikle daha önce çıkarlar ve konağın yanında beklerler. Dişi parazitoitler erginleşince, erkek parazitoitlerle çiftleşirler ve erkeklerin görevi sona erer. Genellikle bir dişi bir erkek parazitoit tarafından döllenir ve spermleri vücutların içerisindeki spermatekada depolar. Ergin ve döllenmiş dişi, içinde bulunduğu bu çevreye (habitatına) tamamen yabancısıdır. Tehlikelerle dolu bu çevre içerisinde iki önemli görevi vardır: Hayatta kalmak ve yeni bir konak bulmak. Böylelikle, türünün devamı sağlama görevi evrimsel olarak dişiye verilmiştir. Dişi parazitoit, yumurtalarını bırakabilmesi için kendisine uygun bir konağı bulması gerekir. Bu nedenle, dişi parazitoit önce kendisi için uygun çevreyi, sonra da bu çevredeki fiziksel ve kimyasal parametreleri kullanarak konağını bulmaya çalışır. Böylelikle, bazen bir meyvenin içerisinde, bazen bir ağaç kabuğunun altında, bazen de bir başka hayvanın koruması altındaki konağını hedefini şaşırmadan bulabilir [Tumlinson ve ark., 1993].

Dişi parazitoit, konağını bulduğunda önce inceler ve uygun bulursa, ona yumurtalarını bırakır. Dişi parazitoitler, kendi türlerinde de olsa, daha önce başka bir dişi tarafından parazitlenmiş konağı ayırt edebilirler. Bu sayede, yeterli miktarda konak bulduklarında, daha önce parazitlenmiş konaklara ya hiç yumurta bırakmazlar, ya da çok az yumurta bırakırlar [Doutt, 1959; Godfray, 1994; Quicke, 1997; Gordh ve ark., 1999]. Bu sırada parazitoidin konağı, parazitoit larvalarının gelişimi sırasında zavallı bir kurban gibi tepkisiz kalarak onlara uygun bir yem ve yetiştirme ortamı olmaz. Konak, konak parazitoit ilişkilerinin başlangıcından itibaren parazitoitlere hem davranış yoluyla hem de fizyolojik olarak tepki göstermeye başlar [Gross, 1993].

Konağını arayan parazitoide bazen hiç beklemediği birinden yardım gelebilir. Tarladaki ekili üründe herbivör olan konak türler, bitkilerin taze yapraklarını yiyerek gelişimlerini sürdürürler. Böylelikle bitkilerin gelişimini engeller ve ekonomik zarara neden olurlar. Fakat kendisini yiyen zararlıya karşı, kendi habitatında bitkinin bir dostu olabilir. Konak, bitkinin yaprağını yerken, farkında olmadan bitkideki bazı uçucu kimyasal maddeleri ortama yayar. Bu kimyasal maddeler, o sırada oradan geçmekte olan ve konak arayan dişi parazitoide bir işaret olabilir. Bu işareti değerlendiren dişi parazitoit, bitkinin üzerindeki herbivöre yumurtalarını bırakarak onun saf dışı olmasını sağlayabilir. Böylelikle hem parazitoit hem de bitki gelişimlerine devam edebilirler. İşte konak ile parazitoit arasındaki bu ikili (bazı durumlarda üçlü) ilişki, sonu ölümle biten evrimsel bir saklambaç oyununa benzer. Bu oyunda taraflar, zavallı ve çaresiz değildir; düşmanlarını alt etmek üzere sürekli olarak yeni stratejiler ve taktikler geliştirirler [Tumliston ve ark., 1993].

Tarlalardaki ürünlerden elde edilen verimi korumak için, hem kısa sürede etkili sonuç verdiği, hem de ekonomik olduğu için genellikle kimyasal mücadele yöntemi tercih edilir. Son zamanlarda, kimyasal maddelerin giderek aratan zararlı etkilerinden dolayı biyolojik mücadeleye olan ilgi artmış ve gözler Biyolojik kontrol ajanlarına çevrilmiştir. Bunların başında da parazitoit türler gelmektedir [Liyong, 1986].

2.3. Ergin Besininin Parazitoidin Ömür Uzunluğuna Etkisi

Uygun besin kaynaklarına erişebilme, parazitoitlerin hayatta kalmasında esastır [Idris ve Grafius, 1995; Jervis ve ark., 1996; Wyckhuys ve ark., 2008; Benelli ve ark., 2016]. Parazitoitler maksimum ömür uzunluğuna ulaşabilmek için, içinde buldukları ortamda şeker içeren besin kaynaklarını tüketmek zorundadırlar [Olson ve ark., 2000]. Ancak, parazitoitler için gerekli olan karbohidrat kaynakları tarımsal ekosistemlerde her zaman kolayca bulunmaz. Bu durum bu ekosistemlerde biyolojik kontrol ajanları olarak kullanılan parazitoitlerin ömür uzunluğunu doğrudan etkilediği için, biyolojik kontrol programlarında olumsuz bir rol oynayabilir [Wackers, 2004; Benelli ve ark., 2016].

2.3.1. Doğal besin kaynakları

Ergin parazitoitler, tehlikelerle dolu çevrelerine tamamen yabancılardır. Bu çevrede önce hayatta kalmak, sonra da türünün devamını sağlamak için uygun bir konak bulmak

zorundadırlar. Maksimum ömür uzunluğuna ulaşabilmek için, çevrelerindeki şeker içeren başlıca doğal besin kaynakları; nektar, bal, homopter balı ve pek tercih etmedikleri konaklarıdır [Bracken, 1969; Jervis ve ark., 1996; Faria ve ark., 2008].

Nektar ve polen

Bitki nektarı; kimyasal kompozisyonu bitki türleri arasında değişiklik gösteren, şeker, aminoasit ve diğer bileşiklerden oluşan sıvı bir çözeltilidir. Genel olarak bitki nektarının ana bileşikleri; sükroz, glikoz ve fruktoz gibi yüksek enerji değerine sahip ve hızlı bir şekilde sindirilebilen karbohidratlardır. Birkaç istisnası hariç, parazitoit beslenmesi için uygundur [Hogerworst ve ark., 2007a] ve parazitoidin ömrünü pozitif yönde etkilemektedir [Jervis ve ark., 1996].

Parazitoitler için polenin bir besin kaynağı olarak, nektar ile mukayese edildiğinde daha az değerli olacağı düşünüldüğünden, bugüne kadar daha az araştırılmıştır. *Cotesia plutellae* (Kurdjumov, 1912) (Hymenoptera: Braconidae)'nin her iki cinsiyeti de ergin yaşam sürelerini uzatan ve protein, karbohidrat, lipit, enzimler, vitamin ve hormon öncülleri açısından zengin olan arı ekmeğinden yararlanırlar [Soyelu, 2013].

Homopter balı (Honeydew)

Bitki nektarı ve polen gibi doğal besin kaynaklarının aksine homopter balı, aslında bir yan üründür. Şekerle beslenen arthropodları çekmek amacıyla geliştirilmemiştir, aynı zamanda bitki türevlerini ve afitlerin sentezlediği ve besinsel değerini düşüren diğer bileşikleri de içermektedir [Wackers ve ark., 2008]. Bu durum böceğin ürettiği oligosakkaritlerin parazitoitler açısından yetersiz bir besin kaynağı olduğunu göstermektedir [Wackers, 2000]. Homopter balının şeker profili, nispeten yüksek viskozitesi ve bazı homopter balı şekerlerinin hızla kristalleşme eğilimleri, bitki nektarları ile mukayese edildiğinde parazitoitler için neden daha az tercih edildiğini açıklayabilir [Faria ve ark., 2008].

Homopter balını üreten böcek, doğrudan floem sapı üzerinde beslenir. Dolayısıyla üretilen homopter balı, floem sapının kompozisyonunu yansıtır [Douglas, 2003]. Homopter balı, insektisidal proteinleri üreten transgenik bitkilerin varlığında büyük ölçüde değişebilir

[Hogerworst ve ark., 2009] ve bu durum homopter balıyla beslenen parazitoidin ömür uzunluğunu kısaltabilir.

Konaktan beslenme

Konaktan beslenme, parazitlenme ve yumurta koyma sırasında, ovipozitörleriyle veya mandibulalarıyla konaklarını yaralayan (hasar veren) ve bu yaradan sızan hemolenfi tüketen dişi parazitoidlerde görülen bir olgudur. Bu davranış, parazitoidin biyolojisini ve populasyon dinamiklerini çok çeşitli şekilde etkileyebilir [Gordth ve ark., 1999]. Konaktan beslenme parazitoidin yaşam süresini uzatır ve oogeneze için ihtiyaç duyduğu proteinleri ona sağlar, fakat parazitoidlerin protein ihtiyaçları minimaldir [King ve Hopkins, 1963]. Parazitik Hymenoptera takımı üyelerinde, konaktan beslenme sadece aminoasit elde etmek için gerekli değildir, çünkü bu maddeleri homopter balından ve bitki nektarlarından temin edebilirler. Ancak, bir bütün olarak besin, parazitoidin veriminde etkilidir [Bracken, 1969]. Konaktan beslenme, konak populasyonunu doğrudan etkiler, bazı parazitoidler, konak yoğunluğuna bağlı olarak önemli sayıdaki konağı, üzerinde beslenmek üzere öldürürler. Ergin parazitoidlerin bu konaktan beslenme alışkanlıkları, yüksek konak populasyonlarını azaltmak amacıyla periyodik inandatif salımlarda avantajlı olabilir [Gordth ve ark., 1999].

2.3.2. Yapay Besinlerin Ergin Yaşam Süresine Etkisi

Yapay besinlerin, parazitoidlerin hem arazide hem de laboratuvarında kitlesel yetiştirilmelerindeki etkileri oldukça fazla araştırılmıştır. Parazitoidlerde ömür uzunluğunu arttırmak için çeşitli yapay besinler önerilmiştir. Glikoz, galaktoz ve sükroz, hatta balın parazitoidlere yararlı katkıları olsa da, hiçbiri doğal besinler kadar etkili değildir [Teraoka ve Numata, 2000]. Bautista ve ark. [2001], balın, pekmezin, şeker kamışının ve olgun kahvenin *Fopius arisanus* (Sonan, 1932) (Hymenoptera: Braconidae)'nin ergin yaşam süresine etkilerini araştırdılar ve şeker kamışının parazitoidin ömür uzunluğunu en çok arttırdığını buldular. Zamek ve ark. [2015], şeker kamışı besininin *Diachasmimorpha tryoni* (Cameron, 1911) (Hymenoptera: Braconidae) dişilerinin ergin yaşam süresini, bal ve altın şurubundakine göre %50 uzattığını buldular. Arazide bulunan meyve atıkları da parazitoidler tarafından besin kaynağı olarak kullanılabilir. Bal, muhtemelen lezzetli ve ucuz olduğu için parazitoidlerde en çok çalışılan yapay besindir. Myrmarid ve

Trichogrammatid parazitöitlere bal verilmesi, bitki nektralarına ve hatta homopte balına göre ömür uzunluklarını daha da arttırdı [Irvin ve ark., 2007; Tunçbilek ve ark., 2012]. Balda bulunan aminoasitlerin ve vitaminlerin diğere bileşikler kadar parazitoidin ömür uzunluğunda etkili olduğı gösterildi. Braconidler *Cotesia plutella* ve *Phanerotoma franklini* Gahan'ın %20'lik sükröz veya %50'lik bal çözültisiyle beslendiğinde, bu iki besinin benzer bir besinsel değere sahip olduğı ve besinin üremek için harcanan enerjinin yerini çok hızlı bir şekilde alabileceğı düşünöldü [Sisterson ve Averill, 2002; Mitsunaga ve ark., 2004]. Parazitöitlerin büyük çoğunluğunun aksine, bal tedariginin Afelinid parazitöitler *Eretmocerus melanoscutus* ve *Encarsia formasa*'nın ömür uzunluğuna önemli bir etkisi olmadı [Zang ve Liu, 2000]. Sivinski ve ark. [2006], *Diachasmimorpha* (= *Biosteres*) *longicaudata* Ashmead (Wharton, 1987) (Hymenoptera: Braconidae)'nin bal diyetindeki ömür uzunluklarını karşılaştırırken, erginlerin portakal veya şeftali gibi meyvelerin püre veya sularıyla da beslenebildiğini fark ettiler.

Yapay besinlerin şeker bileşimi, ergin parazitöitlerin ömür uzunluğunu derinden etkileyebilir. Özalp ve Emre [2001], parazitöit *Pimpla turionellae* L. (Hymenoptera: Ichneumonidae)'nin toplam 23 karbohidratın hayatta kalmasına etkilerini inceledi. En iyi sonuçlar sükröz diyetinde elde edilirken, fruktoz ve galaktoz gibi saf monosakkaritler ise zararlı etkiler gösterdi [Özalp ve Emre, 2001]. Aynı şekilde, Ichneumonid *Diadegma semiclausum* sükröz, maltoz, glüköz ve melibozdan yararlanırken, ruffinoz, laktoz ve melezitöz erginlerin ömür uzunluğunu etkilemedi [Winker ve ark., 2005].

Parazit türlerinin birçoğı ergin yaşamları boyunca *de novo* lipit sentezi yapamazlar. Yaşamları boyunca kullanacakları lipit miktarı ergin çıktıkları anda, konaktan almış olduğı kadardır [Olson ve ark., 2000; Giron ve Casas, 2003; Visser ve ark., 2010]. Fakat besine zeytinyağı gibi lipitlerin eklenmesi, *Cotesia glomerata* dişilerindeki lipit miktarını arttırdı, ama hem erkeklerde hem de dişilerde hayatta kalmayı olumsuz yönde etkiledi [Visser ve Ellers, 2012].

2.3.3. Besin Konsantrasyonunun Etkisi

Besin kaynaklarının doğadaki bulunabilirliği ve konsantrasyonları; biyotik faktörlere ve çevresel koşullara bağılı olarak değışiklik gösterir [Corbet ve ark., 1979]. Şekerle beslenen parazitöitlerin ömür uzunluğu, genellikle belli bir şeker konsantrasyonuna kadar artar

[Azzouz ve ark., 2004; Ellers ve ark., 2011]. % 0 ile % 70 (w/v)'ye kadar değişen 5 farklı glikoz:fruktoz (1:1) çözeltisi ile beslenen *Aphidius ervi* Haliday, 1834 (Hymenoptera: Braconidae) dişi ve erkekleri, maksimum ömür uzunluğuna % 70'lik konsantrasyonda ulaştılar. Muhtemelen parazitoitler; besinlerini kalori miktarlarına göre değil, midelerinin hacimlerine göre belirlerler, bu da yüksek konsantrasyonu besinleri sindirirken bazı olumsuzluklara neden olmaktadır [Ellers ve ark., 2011].

Çok yüksek konsantrasyonlu şeker çözeltilerinin vizkozitesi, parazitoitlerin sindirimini etkileyebilir. Bu nedenle ara konsantrasyonların parazitoit, *Psytalia lounsburyi* Silvestri, 1913 (Hymenoptera: Braconidae)'nin ömür uzunluğuna daha fazla katkıda bulunduğunu ortaya koydu [Williams ve ark., 2015]. Bu da parazitoide konak aramak için daha fazla süre ayırmasını sağladı ve predatör saldırılarına karşı dinlenme ve beslenme süresini kısalttı [Vökl ve Kroupa, 1997; Lightle ve ark., 2010]. Ortamdaki besin kaynakları kıt olduğunda, hayatta kalmak için tek öğünün değeri çok önemli olabilir. Tek öğün beslenmenin zamanlanması ve şeker konsantrasyonu, iki gün sonra bir su kontrolüyle mukayese edildiğinde, *Psytalia lounsburyi* Silvestri, 1913 (Hymenoptera: Braconidae)'nin hayatta kalma şansını % 32,3'den % 95,4'e kadar çıkarabilir [Williams ve ark., 2015].

Beslenme sıklığı bir parazitoidin hayatta kalmasında çok önemlidir. Genel olarak günlük besin tedarıği, daha uzun beslenme aralıklarıyla mukayese edildiğinde ömür uzunluğuna daha büyük faydalar sağlar [Lee ve Heimpel, 2008]. Parazitoit *Trichogramma platneri*, şeker çözeltilerinin buharlaşmasının üstesinden gelmek için, bal ve şekerlerden oluşan besinlerini günlük olarak tüketmeyi tercih eder. Bunun üstesinden gelmek için besine dengeleyici ajanların ilave edilmesi buharlaşmayı azaltmaz ve ergin ömür uzunluğunu da arttırmaz [Mc Dougall ve Mills, 1997].

2.3.4. Yumurta yükü

Bal, genellikle yumurta olgunlaşmasını arttıran en etkili şeker kaynağıdır [Hogervorst ve ark., 2007b; Hopkinson ve ark., 2013]. Parazitoitler, yumurta üretme durumuna göre, iki gruba ayrılırlar. Sinovijenik parazitoitler; sadece birkaç tane olgun yumurta ile erginleşirler. Buna karşılık, yaşamları süresince, yumurta üretmeye devam edebilirler. Ovijenik parazitoitler ise, sahip oldukları maksimum olgun yumurta sayısı ile erginleşirler. Bu türler, yaşamlarının geri kalan kısmında yumurta üretmezler [Quicke, 1997].

Sinovijenik türler, maksimum ömür uzunluğuna ulaşmak için, üretebileceği yumurtalarda kısıntıya gidebilir, hatta aç kaldıklarında sahip oldukları yumurtaları besin kaynağı olarak tüketebilirler. Bu olaya, yumurta rezorpsiyonu denir [Godfray, 1994].

Yumurta olgunlaşması için gerekli olan enerjiden tasarruf sağlamak amacıyla, parazitoitler daha küçük ve besinsel bakımdan fakir yumurtalar üretebilir [Rivero ve Casas, 1999; Olson ve ark., 2000; Jervis ve ark., 2008]. Vücut büyüklüğü genellikle farzedilen enerji depolarını yansıtır, bu nedenle yumurta olgunlaşması büyük *M. ridinbundus* dişilerinde küçük olanlarla mukayese edildiğinde daha yüksektir [Bezemer ve ark., 2005]. Yüksek olgun yumurta yüzdesi ile erginleşmek kısa ömürlü türler için, ergin yumurtalarının başlangıcında daha az sayıda yumurta yükü ile çıkmaktan avantajlı gibi görünür; halbuki düşük yumurta yüzdesi ile çıkmak uzun zaman periyodunda sınırlı sayıda yumurta bırakabilen türlere avantajlı gözükmemektedir [Ellers ve ark., 2011]. Konaktan beslenmeyen parazitoitler tipik olarak sarısından yoksun olan (yani hidropik) yumurtaları üretirler, bu yumurtalar devam eden olgunlaşma için gerekli olan proteinimsi maddelere gereksinim duymaz [Flanders, 1950]. Karbohidratlar basit bir şekilde yumurta olgunlaşmasını uyarmak yerine bu parazitoitin ömür uzunluğunu maksimize etmeye yardımcı olabilir [Siekman ve ark., 2001]. Genellikle aç bırakılmış parazitoitlerde yumurta rezorpsiyonu yüksektir [Jervis ve Kidd, 1986; Antolin ve Williams, 1989; Heimpel ve ark., 1997; Stokkebo ve Hardy, 2000]. Bu durum, dişilerin yaşam beklentilerini ve uygun besin kaynaklarını bulma olasılıklarını arttırır [Collier, 1995; Heimpel ve ark., 1997].

Konaktan beslenme yoluyla elde edilen konak hemolenfi, genellikle yumurta olgunlaşma oranını arttırarak, yumurta emilimini engelleyerek yumurta olgunlaşmasında çok önemli bir rol oynayabilir [Jervis ve Kidd, 1986; Heimpel ve ark., 1997].

2.4. *Bracon hebetor*'un Biyolojisi

B. hebetor, larval gelişimini farklı Lepidoptera, özellikle Pyralidae (Lepidoptera) larvalarında tamamlayan gregar, larval, idiobiont bir ektoparazitoittir [Gül ve Gülel, 1995; Gürbüz ve Aksoylar, 2006]. Pyralidae türlerinin çoğu, bazı arazi ve depo ürünlerinde görülen tarımsal zararlılardır. Bu zararlı böcek türlerinin en önemlileri; *Ephestia kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae), *E. (Cadra) cautella* Walker, 1863 (Lepidoptera: Pyralidae), *Galleria mellonella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Pyralidae), *Achroia*

grisella (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Pyralidae), *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae), *Plodia interpunctata* (Hübner, 1813) (Lepidoptera: Pyralidae) ve *Corcyra cephalonica* (Stainton, 1866)'dır [Alam ve ark., 2014].

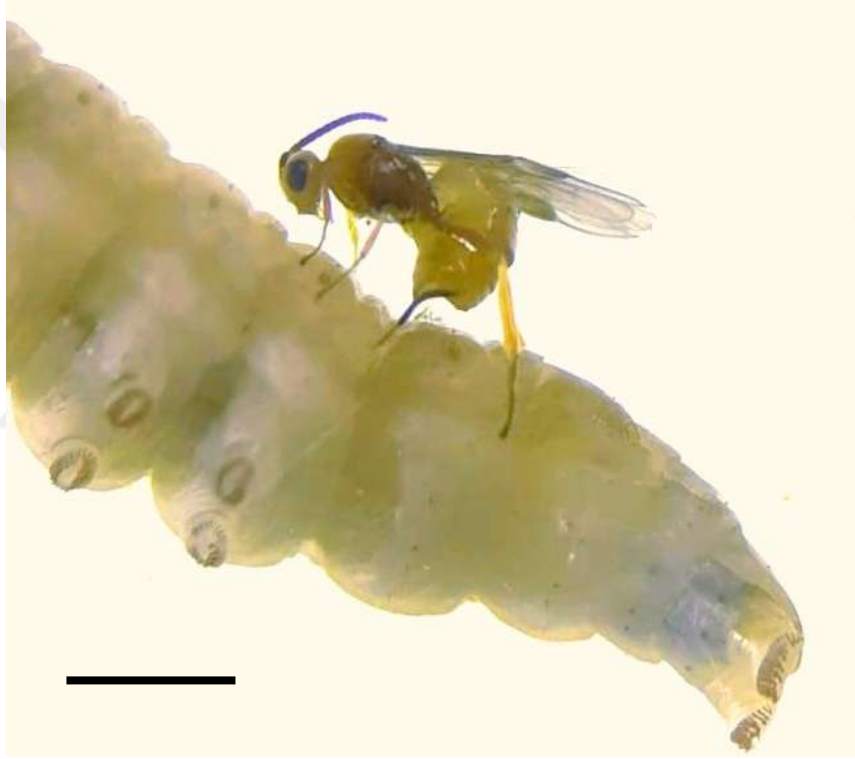
Önemli bir biyolojik kontrol ajanı olarak *B. hebetor*, zararlı türün popülasyonunu ekonomik olarak kabul edilebilir bir seviyede yönetebilir [Hentz ve ark., 1998]. *B. hebetor*, konaklarına yumurta bırakmadan önce bir zehir enjekte eder. Konak hemolenfinin 200 milyonda biri kadar az miktarda olan bu zehir, konak *G. mellonella* larvalarının kalıcı felce neden olması için yeterlidir. Yaşamı boyunca küçük bir dişi *Bracon* teorik olarak 25 kg'dan fazla veya 500-1000 adet *G. mellonella* larvasını felç edebilir [Beard, 1952; 1963]. Felçli konak larvaları, daha sonra parazitoitleri geliştirmek ve aynı zamanda ergin dişiler için besin kaynağı olarak kullanılır. Bu felçli larvalar, uzun bir süre boyunca (yaklaşık 15 gün) hala hayatta kalsalar da, genellikle ölürlür [Hagstrum ve Smittle 1978].

B. hebetor dişileri, konakların son (beşinci) instar larvalarına saldırmayı ve yumurta bırakmayı tercih ederler. Yumurta bırakan dişiler, konaklarını muhtemelen konağın mandibular bezlerinden üretilen semiyokimyasalları içeren ipuçlarını takip ederek yerlerini bulurlar [Shonouda ve Nasr, 1998]. Strand ve ark. [1989], *Ephestia kuehniella*'nın beşinci instar larvalarının mandibular bezlerinin salgılarının parazitoid *B. hebetor* için kairomon görevi gördüğünü keşfettiler. Konağına yerleşir yerleşmez dişi *B. hebetor*, 15 dakika içerisinde konağın tamamen felçleşmesine neden olan zehirini enjekte eder. Zehir, muhtemelen, presinaptik bölgede nöromüsküler geçişi engeller ve görünüşe göre kalp atışı veya midgut fonksiyonu üzerinde bir etkisi yoktur [Hagstrum ve Smittle, 1978]. Konağın felç edilmesinden sonra dişi, genellikle konağın ventral tarafına veya substrat ile temas eden tarafa birkaç yumurta kümesi yerleştirir. Diğer parazitoit türlerinin aksine, *B. hebetor* erkek ve dişileri büyüklük açısından belirgin bir fark göstermezler [Gül ve Gülel, 1995; Alam ve ark., 2014].

Alam ve ark [2014], 26±1 °C sıcaklık, %65±5 bağıl nem ve 16:8 (A:K) fotoperiyot koşullarında konak *G. mellonella* üzerinde yetiştirdikleri *B. hebetor*'un (yumurtadan yetişkine) ortalama toplam gelişim süresini 9.60 gün olarak buldular, ortalama ergin ömrü erkek ve dişi için sırasıyla 14.40 ve 20.0 gündü. Yumurtalar 2-3 gün içinde açıldı, larva ve pupa aşamaları sırasıyla 2 ila 3 ve 6 ila 9 gün içinde tamamlandı [Alam ve ark., 2014].

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Denemelerde, parazitoit olarak gregar bir larva ektoparazitoidi olan *Bracon hebetor* Say, 1836 (Hymenoptera: Braconidae), konak olarak da Büyük balmumu güvesi, *Galleria mellonella* (Linnaeus, 1794) (Lepidoptera: Pyralidae) kullanıldı (Resim 1). Denemeler, $25\pm 1^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\%60\pm 5$ bağıl nem içeren laboratuvar koşullarında yapıldı. Denemeler süresince herhangi bir fotoperiyodik rejim uygulanmadı. Denemelere konak ve parazitoidin süksesif stok kültürlerinin kurulmasıyla başlandı [Sarıkaya, 2003; 2011].



Resim 3.1. Son evre *Galleria mellonella* larvasına yumurta bırakan parazitoit, *Bracon hebetor* dişisi (Resimdeki çizgi, 1 mm'yi ifade etmektedir).

3.1. Konak ve Parazitoit Stok Kültürlerinin Kurulması

3.1.1. Süksesif stok konak kültürlerinin kurulması

Denemelerde konak olarak kullanılan *G. mellonella*'nın süksesif stok kültürünün çekirdeğini Amasya Üniversitesi, Biyoloji Bölümü, Zooloji Laboratuvarı'nda sürekli olarak üretilen mevcut kültürlerden temin edilen erginler oluşturdu. Konağın süksesif stok kültürlerinin kurulmasında Sarıkaya [2003 ve 2011] tarafından izlenen yol esas alındı.

Konağın süksesif stok kültürleri kurmak için yedi gün arayla kültürden alınmış üç-beş gün yaşlı beş dişi ve beş erkek ergin, içerisinde besin olarak yarısına kadar sterile edilmiş balsız petek bulunan 5 L'lik cam kavanoza konuldu. Kavanozların ağzı; hava sirkülasyonunu önlemeyecek, fakat konak erginlerinin kaçmasını önleyecek şekilde, bir bez ile kapatıldıktan sonra, 25 ± 1 °C sıcaklık, % 60 ± 5 bağıl nem içeren kontrollü laboratuvar şartlarında muhafaza edildiler. Böylelikle, toplam beş adet konağın süksesif stok kültürü kuruldu. Hazırlanan kültür kaplarına, populasyonun yoğunluğuna ve kaplarda bulunan besinin tüketilme durumuna göre, gerekli olduğunda yeterli miktarda sterile edilmiş balsız petek ilave edildi. Bu yol izlenerek, istenildiği zaman istenildiği miktarda, konak erginlerinin ve konak son evre larvalarının elde edilmesi sağlandı. Elde edilen konak son evre larvaları, parazitoitlerin yetiştirilmesinde ve denemelerde kullanıldı [Sarıkaya, 2003; 2011].

3.1.2. Süksesif stok parazitoit kültürlerinin kurulması

Denemelerde kullanılan parazitoid *B. hebetor* erginleri, şartları 3.1.1'de belirtilen konak *G. mellonella*'nın süksesif stok kültürleri için arıcılardan topladığımız atık peteklerdeki parazitlenmiş *G. mellonella* larvaları ile geldi. Bu parazitoidin *G. mellonella* son evre larvaları üzerinde çok iyi üreyebildiği bilindiği için, parazitoit olarak *B. hebetor*'un erginlerini Büyük balmumu güvesi *G. melonella*'nın son evre larvalarını konak olarak kullanıldı. Bir petri kabı (10 cm x 2 cm) kabı içerisine 5-6 adet son evre *G. mellonella* larvası konularak deney seti hazırlandı. Parazitoitlerin aç kalmamaları için, % 20'lik sükröz çözeltisi emdirilmiş pamuk topçuklar petri kaplarına konuldu. Her petri kabına 0-3 gün yaşlı, beş dişi ve iki erkek parazitoit konuldu. Petri kabının üzerine tarih ve numarası yazıldı. Bu şekilde yeterli sayıda ve belirli aralıklarla hazırlanan konak-parazitoit setleriyle parazitoidin süksesif stok kültürleri hazırlandı. Hazırlanan setler, 3.1.1'de belirtilen laboratuvar koşullarında muhafaza edildiler. Petri kapları her gün kontrol edildi, iki günde bir besin topçukları yenisiyle değiştirildi. Parazitoit erginlerine, konaklarını parazitleyebilmeleri için beş-altı gün izin verildi. Bu sürenin sonunda ergin parazitoitler, petri kaplarından çıkarıldılar. Yumurtadan çıkan parazitoit larvaları puplaşmaya başladıktan sonra (yaklaşık olarak 10. günde), bu sefer de konak larvalarının artıkları ve besin topçukları çıkarıldı ve petri kaplarında sadece parazitoit pupları bırakıldı. Böylece yeni çıkmış ergin parazitoitlerin, konak larvalarının artıkları ve besin topçuklarıyla beslenmesi engellendi. Yaklaşık 13-15 gün sonra parazitoit erginleri elde edilmeye

başlandı. Setler, her 24 saatte bir kontrol edilerek yeni çıkan parazitoit erginleri toplandı ve cinsiyetlerine göre ayrıldı. Bu erginlerin bir kısmı, tekrar parazitoidin süksesif stok kültürlerinin kurulması için kullanılırken, bir kısmı da Ömür uzunluğu ve Yumurta yükü denemelerinde kullanıldılar.

3.2. Kuersetinin Parazitoit *Bracon hebetor*'un Ömür Uzunluğuna Etkisi

2.1.2'de anlatıldığı gibi hazırlanan 10 deney setinden elde edilen ergin parazitoitler, her gün yaklaşık olarak aynı zaman periyoduna gelecek şekilde toplandı ve cinsiyetlerine göre ayrıldı. *B. hebetor*'da çıplak gözle fark edilen bir ovipozitorün varlığı, cinsiyet ayırımı yapmayı kolaylaştırmaktadır (Resim 1). Böylelikle her gün çıkan parazitoitlerin yaklaşık aynı gün yaşlı olmaları sağlandı. Bu işlemler, deney setlerinden ergin parazitoit çıkışı sona erene kadar (yaklaşık 3 gün) devam etti. Her gün toplanan erkek ve dişi ergin parazitoitler ayrı ayrı, bir deney tüpünde en fazla 25 tane olacak şekilde yerleştirildiler. Tüplerin ağzı, bir pamuk parçası ile kapatıldı. Daha sonra, toplam parazitoit sayısı yaklaşık olarak 4 eşit gruba ayrıldı: Birinci gruba yüksek konsantrasyonlu (katkılı) kuersetin çözeltisi (10 mM) emdirilmiş pamuk topçuğu, ikinci gruba saf su emdirilmiş pamuk topçuğu, üçüncü gruba % 20'lik sükroz çözeltisi emdirilmiş pamuk topçuğu ve son gruba da yüksek kuersetin katkı % 20'lik sükroz çözeltisi emdirilmiş pamuk topçukları *ad libitum* besin olarak verildi. Daha sonra tüplerin üzerine, toplandıkları tarih, cinsiyeti, beslenme grubu yazılarak, 3.1.1'de belirtilen laboratuvar koşullarında tutuldular. Deney tüpleri, yine her gün yaklaşık olarak aynı zaman dilimine gelecek şekilde kontrol edildi. Ölen parazitoitler tüplerden çıkarıldı, cinsiyetlerine ve gruplarına göre kaydedildi ve daha sonra Nikon 234391 Marka Stereo mikroskop altında böcek boyunun bir göstergesi olan arka (hind) tibia ölçümleri alındı. Bütün gruplara ait besin topçukları iki günde bir, deney tüpleri ise 10 günde bir yenilendi. Bütün bu işlemlere tüm gruplara ait bütün parazitoitler ölünceye kadar devam edildi. Bu işlemler, belirtilen şekilde farklı zamanlarda üç kere tekrar edildi.

3.3. Kuersetin Konsantrasyonunun Parazitoit, *Bracon hebetor*'un Ömür Uzunluğuna Etkileri

2.1.2'de anlatıldığı gibi hazırlanan setlerden elde edilen ergin parazitoitler, 3.2'de anlatıldığı gibi toplanarak üç eşit gruba ayrıldılar. Birinci gruptaki parazitoitler 6 mg/mL'lik kuersetin katkı % 10'lük sükroz çözeltisi emdirilmiş besin topçukları *ab libitum* olarak verilirken,

ikinci gruptakilere 3 mg/mL'lik kuersetin katkılı % 10'luk sükröz çözeltisi, üçüncü gruba da 1,5 mg/mL'lik kuersetin katkılı % 10'luk sükröz çözeltisi besin olarak verildi. Bütün deney tüpleri, 3.1.1'de belirtilen laboratuvar koşullarında tutuldular. Deney tüpleri, yine her gün yaklaşık olarak aynı zaman dilimine gelecek şekilde kontrol edildi. Ölen parazitoitler tüplerden çıkarıldı, cinsiyetlerine ve gruplarına göre kaydedildi ve daha sonra Nikon 234391 Marka Stereo mikroskop altında böcek boyunun bir göstergesi olan arka (hind) tibia ölçümleri alındı. Bütün gruplara ait besin topçukları iki günde bir, deney tüpleri ise 10 günde bir yenilendi. Bütün bu işlemlere tüm gruplara ait bütün parazitoitler ölünceye kadar devam edildi. Bu işlemler, belirtilen şekilde farklı zamanlarda üç kere tekrar edildi.

3.4. Kuersetinin Parazitoit *Bracon hebetor*'un Yumurta Yüküne Etkisi

2.1.2'de anlatıldığı gibi hazırlanan setlerden elde edilen ergin dişi parazitoitler, 10'ar tüpten oluşan iki eşit gruba ayrıldılar. Tüplerin üzerine ergin oluş tarihleri ve grup numaraları yazıldı. Birinci gruptaki 10 tüpe % 10'luk sükröz çözeltisi emdirilmiş pamuk besin topçuğu *ab libitum* olarak verildi. İkinci gruptakilere ise 1 mM'lık kuersetin katkılı % 10'luk sükröz çözeltisi (1:4) (w:v) besin olarak verildi. Hazırlanan besin topçukları, gruplarına göre verildi. Her gün iki gruptan birer tane tüp rastgele seçilerek, ölü parazitoitler ve besin topçukları çıkarıldıktan sonra, -80°C'lik derin dondurucuya kaldırıldı. 10 günün sonunda iki gruba ait 10 günlük yumurta yükü değişim verileri elde edilmiş oldu. Bu süre içerisinde her gün deney tüpleri kontrol edildi ve besin topçukları değiştirildi.

Yumurta yüklerini belirlemek için, derin dondurucudan çıkarılan böcekler, oda sıcaklığında yarım saat kadar beklendikten sonra, 40 büyültmeli bir diseksiyon (Nikon 234391 Marka Stereo) mikroskopunda disekte edildiler. Disekte edilmeden önce böcekler tek tek bir mikroskop lamının üzerine bir damla Ringer solusyonun (0,75 g NaCl, 0,035 g KCl ve 0,021 g CaCl₂ 100 mL distile suda çözülür) içerisine yerleştirildi [Dieckhoff ve Heimpel, 2010]. Daha sonra, iki adet böcek iğnesi kullanılarak, sondan ikinci veya üçüncü abdominal segmentler açıldı ve ovarioller Ringer çözeltisine alındı. Ringer çözeltisi, yumurtaların bir süre yüksek ışığın altında kurumasını önleyecektir. Her ovariyolü çevreleyen membran iğneler yardımıyla parçalandı ve tüm yumurtaların Ringer çözeltisinde dağılması sağlandı. Sadece muz şeklindeki, sarımtırak-kahverengi renkteki

olgun yumurtalar sayıldı, diğerk küçük ve bayaz renkteki olgunlaşmamış yumurtalar sayıya dahil edilmedi (Resim 2). Daha sonra, ergin bireyin vücut uzunluğunu belirleyebilmek amacıyla böceğin arka tibiası çıkarıldı ve oküler bir mikrometre kullanılarak ölçüldü.



Resim 3.2. Disekte edilmiş dişi parazitoidin ovariyollerindeki olgun yumurtalar.

3.5. İstatistiksel Analizler

Denemelerde elde edilen verilerin istatistiksel analizleri, SPSS for Windows (ver.22.0) Software paket programı kullanılarak yapıldı. İki den daha fazla grubun karşılaştırılmasında Tek yönlü varyans analizi (One way ANNOVA), gruplar arasında fark çıktığında ise, gruplara arasındaki farkın ayırımı Tukey HSD testi uygulanarak yapıldı. Değerlendirmelerde 0,05 güven sınırı esas alındı.

4. BULGULAR

Kuersetin'in parazitoit *B. hebeor*'un ömür uzunluğuna etkisiyle ilgili sonuçlar Çizelge 2'de verildi. Dişiler parazitoitler en uzun sükrözla beslendiğinde yaşarlarken, erkekler juersetin katkılı sükröz diyetinde yaşadılar. Aç bırakılan parazitoitlerle mukayese edildiğinde, sadece kuersetin vermek, erkek parazitoitlerin ömür uzunluğunda istatistiksel olarak önemli bir değişikliğe neden olmazken ($p>0,05$), dişilerde oldu ($p<0,05$), (Çizelge 2). Kuersetin hem erkek hem de dişi parazitoitler tarafından besin olarak kullanılmadı (Çizelge 2). Erkek parazitoitlerde kuersetin katkılı sükrözla beslenme parazitoitlerin ömür uzunluğunu arttırırken, beklenenin aksine dişilerde kısalttı (Çizelge 2).

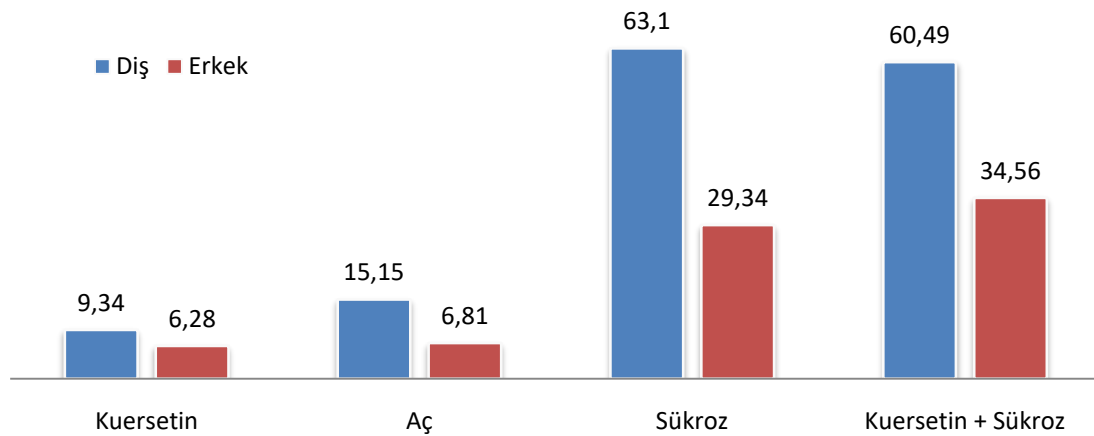
Çizelge 4.1. Kuersetinin parazitoit, *Bracon hebetor* Say, 1836 (Hymenoptera: Braconidae)'nin ömür uzunluğuna (gün, ort \pm S.H.) etkisi.

Diyet (Beslenme grubu)	Ömür uzunluğu (gün)	
	Dişi (Ort \pm S.H.)**	Erkek (Ort \pm S.H.)**
Kuersetin	9,34 \pm 0,28 a (n=217)	6,28 \pm 0,17 a (n=174)
Aç	15,15 \pm 0,42 b (n=211)	6,81 \pm 0,22 a (n=200)
Sükröz	63,10 \pm 1,46 c (n=303)	29,34 \pm 1,36 b (n=151)
Kuersetin + Sükröz	60,49 \pm 1,18 c (n=207)	34,56 \pm 0,67 c (n=196)

n: parazitoit sayısı.

*Herbiri üç tekrara ait ortalamadır.

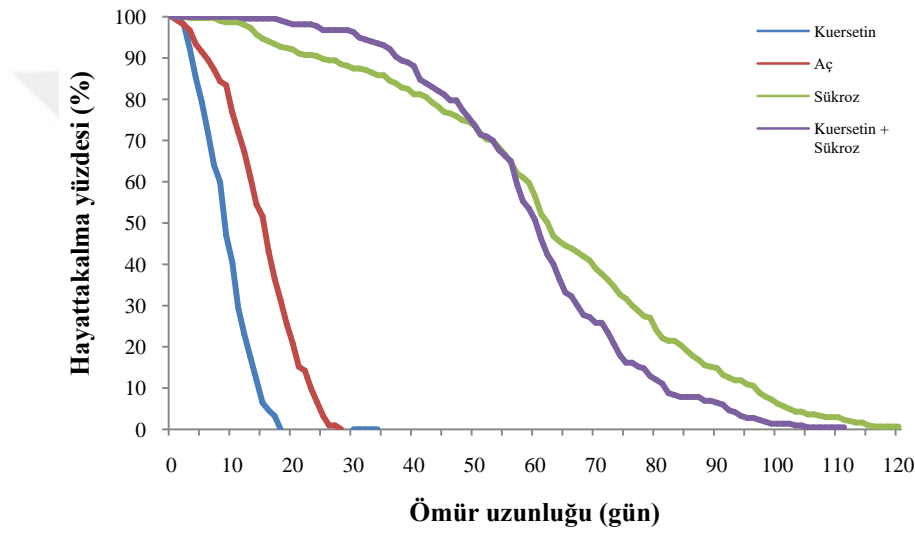
**Aynı sütünde aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark, istatistiksel olarak önemsizdir, $p>0,05$



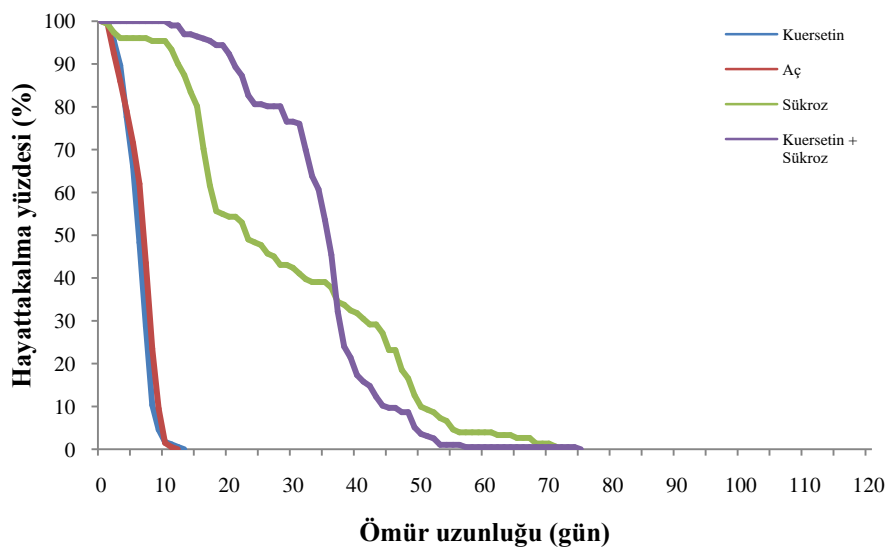
Şekil 4.1. Parazitoit *Bracon hebetor* Say, 1836 (Hymenoptera: Braconidae)'nin dişi ve erkeklerinin ömür uzunluklarının karşılaştırılması.

Parazitoit *B. hebetor*'un dişi ve erkeklerinin ergin ömür uzunluklarının karşılaştırılması Şekil 7'de verildi. Aç erkek parazitoitler, ortalama 6,81 gün yaşarken, kuersetin ile beslenen erkek parazitoitler 6,28 gün, sükroz ile beslenenler 29,34 gün, kuersetin + sükrozla beslenenler ise ortalama 34,56 gün yaşadılar. Aç dişi parazitoitler, ortalama 15,15 gün yaşarlarken, kuersetinle beslenenler 9,34 gün, sükrozla beslenenler 63,10 gün, kuersetin + sükrozla beslenenler ise ortalama 60,49 gün yaşadılar. Bütün beslenme gruplarında dişi parazitoitler, erkeklerden daha uzun süre yaşadılar. Kuersetin katkılı beslenme erkeklerin ömür uzunluğunu arttırdı, ama dişilerinkini azalttı (Çizelge 2, Şekil 7).

a)Dişi



b)Erkek



Şekil 4.2. Kuersetinin parazitoit, *Bracon hebetor* Say, 1836 (Hymenoptera: Braconidae)'nin dişi (a) ve erkeklerinin (b) hayatta kalma yüzdelerine etkileri.

Kuersetinle beslenen parazitoit dişi ve erkekleri, aç bırakılan grubun dişi ve erkeklerinden daha az yaşadılar (Şekil 7). Kuersetin + Sükroz grubu dişileri, aç grubun dişilerinden yaklaşık 4 kat, erkeklerinden ise 6 kat uzun yaşadılar (Şekil 7 ve 8). Bu durum onların hayatta kalma yüzdelerini belirgin olarak arttırdı (Şekil 8). Her beslenme grubunda dişilerin hayatta kalma yüzdesi, erkeklerin hayatta kalma yüzdelerinden daha fazladır (Şekil 8). Her beslenme grubunda, ömür uzunlukları arasındaki farklılıklar, hem dişi parazitoitler ($F=681,065$, $df=947$, $p<0,0001$), hem de erkek parazitoitler ($F=467,870$, $df=720$, $p<0,0001$) için istatistiksel olarak anlamlıdır. Her beslenme grubunda dişi parazitoitlerin vücut büyüklükleri arasındaki farklılıklar, hem dişi parazitoitler ($F=4,424$, $df=947$, $p<0,004$), hem de erkek parazitoitler ($F=3,893$, $df=720$, $p<0,009$) için istatistiksel olarak anlamlıdır.

Farklı kuersetin konsantrasyonlarının parazitoit *B. hebetor* erginlerinin ömür uzunluğuna etkileri Çizelge 3’de verildi. Çizelge 3 incelendiğinde, hem erkeklerde hem de dişilerde benzer sonuçların elde edildiği görülmektedir. Beklenenin aksine, hem dişi hem de erkek parazitoitlerde, besine ilave edilen kuersetinin miktarını arttırmak, parazitoitlerin ömür uzunluğunu arttırmadı (Çizelge 3). Erkekler her beslenme grubunda dişilerden daha az yaşadılar. Hem dişi hem de erkek parazitoitlerde en uzun ömür uzunluğu, 3 mg/mL’lik kuersetin katkılı besin çözeltisinde elde edildi (Çizelge 3).

Çizelge 4.2. Kuersetin konsantrasyonunun parazitoit, *Bracon hebetor* Say, 1836 (Hymenoptera: Braconidae)’nin ömür uzunluğuna (gün, ort±S.H.) etkisi.

Kuersetin konsantrasyonu (Beslenme grubu)	Ömür uzunluğu (gün)	
	Dişi (Ort*±S.H.)** (n=154)	Erkek (Ort*±S.H.)** (n=137)
6 mg/MI	24,38±0,91 a	12,76±0,55 ab
3 mg/MI	28,70±1,02 b	13,72±0,36 a
1,5 mg/mL	26,72±0,87 ab	12,01±0,49 b

n: parazitoit sayısı

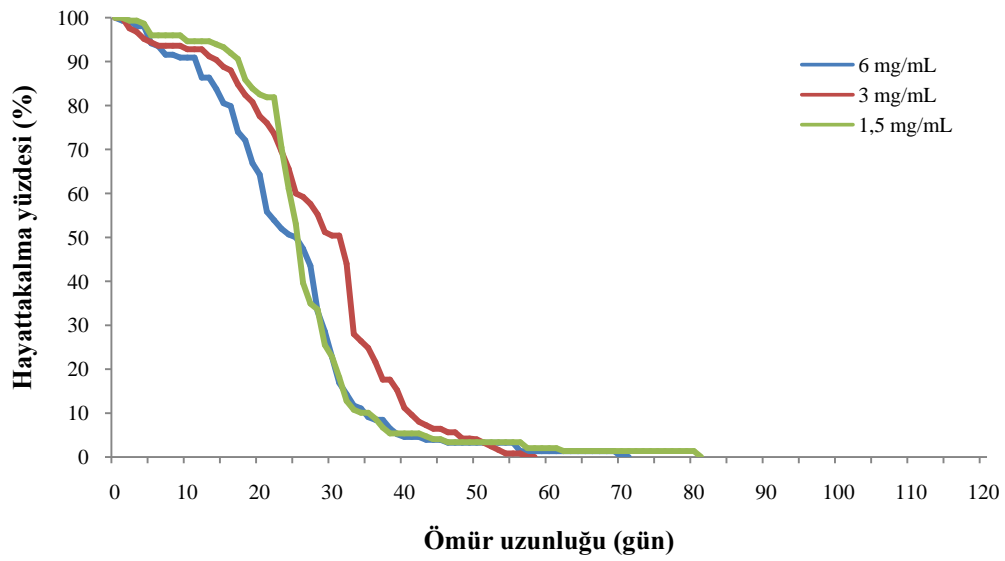
*Herbiri üç tekrara ait ortalamadır.

**Aynı sütünde aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark, istatistiksel olarak önemsizdir, $p>0,05$

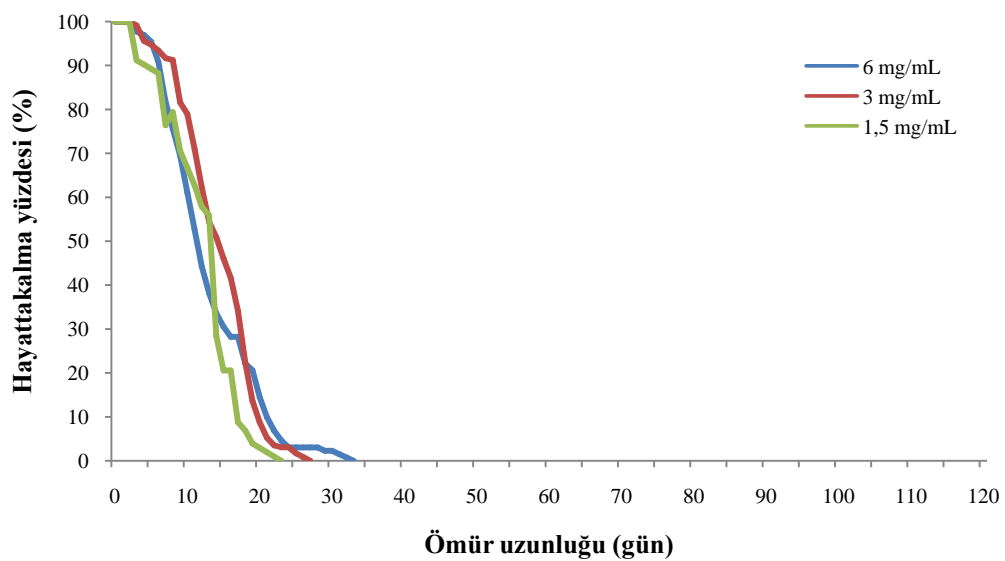
6 mg/mL’lik kuersetin katkılı besinle beslenen dişi parazitoitler; ortalama 24,38 gün yaşarlarken, 3 mg/mL’lik kuersetin katkılı besinle beslenen dişi parazitoitler ortalama 28,70 gün, 1,5 mg/mL’lik kuersetin katkılı besinle beslenenlerde ortalama 26,72 gün

yaşadılar. 6 mg/mL'lik kuersetin katkıli besinle beslenen erkek parazitöitler; ortalama 12,76 gün yaşarlarken, 3 mg/mL'lik kuersetin katkıli besinle beslenen dişi parazitöitler ortalama 13,72 gün, 1,5 mg/mL'lik kuersetin katkıli besinle beslenenlerde ortalama 12,01 gün yaşadılar. Bu durum onların hayatta kalma yüzdelerini belirgin şekilde etkiledi (Çizelge 3, Şekil 9). Her beslenme grubunda dişilerin hayatta kalma yüzdesi, erkeklerin hayatta kalma yüzdelerinden daha fazladır (Şekil 9).

a)Dişi



b)Erkek



Şekil 4.3. Kuersetin konsantrasyonunun parazitöit, *Bracon hebetor* Say, 1836 (Hymenoptera: Braconidae)'nin dişi (a) ve erkeklerinin (b) hayatta kalma yüzdelerine etkileri.

Her beslenme grubunda, ömür uzunlukları arasındaki farklılıklar, hem dişi parazitoidler ($F=5,275$, $df=427$, $p<0,005$), hem de erkek parazitoidler ($F=3,478$, $df=479$, $p<0,032$) için istatistiksel olarak anlamlıdır. Her beslenme grubunda dişi parazitoidlerin vücut büyüklükleri arasındaki farklılıklar, hem dişi parazitoidler ($F=2,639$, $df=427$, $p>0,073$), hem de erkek parazitoidler ($F=0,090$, $df=481$, $p>0,914$) için istatistiksel olarak anlamsızdır.

Çizelge 4.3. Kuersetinin parazitoid, *Bracon hebetor* Say, 1836 (Hymenoptera: Braconidae)'nin yumurta yüküne (Adet, Ort±S.S.) etkisi.

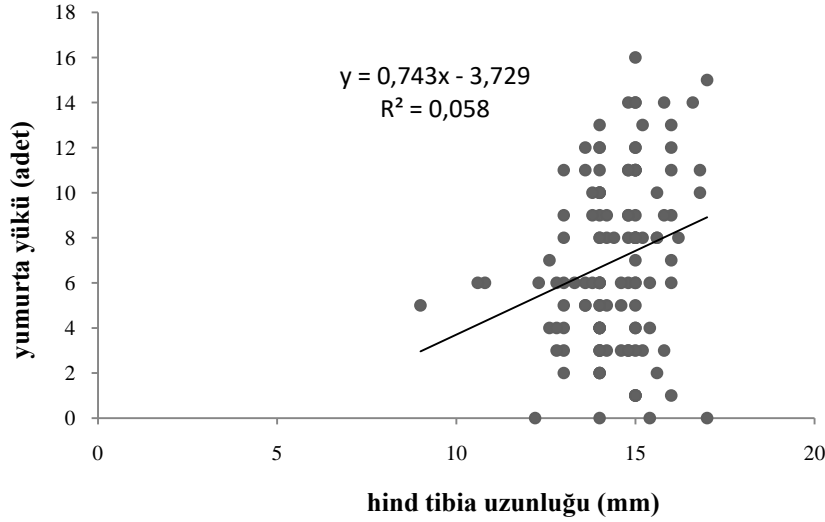
Günler	Yumurta Yükü (Adet)			
	Sükroz		Kuersetin + Sükroz	
	Toplam	(Ort ±S.S.)* (n=)	Toplam	(Ort ±S.S.)* (n=)
1	90	7,50±4,21 a (n=12)	78	7,80±3,49 a (n=10)
2	85	7,08±3,80 a (n=12)	134	8,38±3,30 ab (n=16)
3	57	4,75±2,63 b (n=12)	143	13,00±2,49 b (n=11)
4	62	5,17±3,21 b (n=12)	130	10,83±2,98 ab (n=12)
5	67	6,09±5,09 ab (n=11)	116	10,54±2,94 ab (n=11)
6	79	6,58±2,57 a (n=12)	117	9,75±4,88 ab (n=12)
7	113	8,07±3,20 a (n=14)	105	7,00±3,18 a (n=15)
8	159	10,60±3,83 c (n=15)	149	11,46±4,11 ab (n=13)
9	95	5,94±3,38 ab (n=16)	100	9,09±3,70 ab (n=11)
10	84	7,64±2,42 a (n=11)	140	10,00±5,57 ab (n=14)

n, parazitoid sayısı.

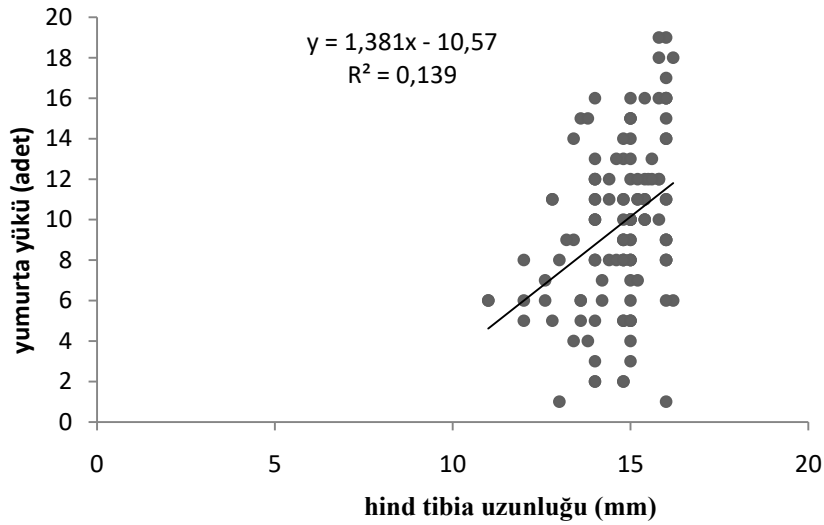
*Aynı sütunda aynı harfi taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir, $p>0,05$.

Parazitoid dişilerinin besinine kuersetin ilavesinin yumurta yüküne etkileri, Çizelge 4'te verildi. Çizelge 4 incelendiğinde, yumurta yükünde dalgalanmalar görülmekle birlikte, kuersetin ilavesinin parazitoidin yumurta yükünü arttırdığını görmekteyiz. Sükrozla beslenen, 10 günlük gruptaki toplam 115 dişi, 891 tane yumurta meydana getirirken, kuersetin katkılı sükrozla beslenen 10 günlük gruptaki toplam 125 dişi, 1212 tane yumurta meydana getirdi. Bu, kuersetin katkılı sükrozla beslenen dişilerin, sükrozla beslenen dişilere göre % 26,49 daha fazla yumurta meydana getirdiğini gösterir.

a) Sükroz



b) Kuersetin + Sükroz



Şekil 4.4. Sükroz (a) ve kuersetin ilaveli sükrozla (b) beslenen parazitoit, *Bracon hebetor* Say, 1836 (Hymenoptera: Braconidae)'nin dişilerinin vücut büyüklüğü ile yumurta yükleri arasındaki ilişki.

Besine kuersetin katkısının parazitoit dişi ve erkeklerinin ömür uzunluğu ile vücut büyüklüğü arasında istatistiki olarak net bir ilişki bulamamıza rağmen, vücut büyüklüğü ile yumurta yükü arasında bir ilişki tespit edilmiştir (Şekil.10). Bu ilişki, sükrozla beslenen parazitoit dişileriyle karşılaştırıldığında ($R^2=0,0584$), kuersetin katkılı besinle beslenen parazitoit dişilerinde daha güçlüdür ($R^2=0,1398$).

5. TARTIŞMA

Aşırı stres, günlük koşuşturma ve hızlı tempo ile beraber geleneksel beslenme alışkanlıklarından uzaklaşma, 1900'li yıllarda çok nadir görülen hastalıkların günümüzde çok sık görülmesine neden oldu. Sağlıkta kalitenin artması ve sağlık hizmetlerine erişimin kolaylaşması, ömür uzunluğunu arttırdı. Ömür uzunluğunun artması, ileri yaş olarak adlandırılan hastalıkların da görülme sıklığını arttırdı. Artan yaşam süresinin kalitesini arttırmak, yaşlanmanın vücuttaki etkilerini geciktirmek veya ortadan kaldırmak amacıyla yeni stratejiler geliştirmeye başlandı. Bu amaçla insan, hem doğal olması hem de bitkilerin göreceli olarak hayvanlardan daha uzun yaşaması nedeniyle, bitkilerdeki sekonder bitki metabolitlerine yöneldi. Bunlar içerisinde, özellikle renkli sebze ve meyvelerde bol olarak bulunan flavonoidler hemen göze çarpmaktadırlar. Flavonoidler, yapılan çalışmalar sonucunda yararlı birçok biyolojik etkileri dolayısıyla, çok popüler hale geldi ve sürekli tüketilmesi yönünde teşvik edilmektedirler. Antioksidan özellikleri üzerinde de çok sayıda çalışmalar yapılmaktadır. Antioksidan katkı maddelerinin kullanımının son yıllarda artmasının, insan sağlığı açısından güvenli olup olmadığı ise, hala tam olarak bilinmemektedir [Harnly ve ark., 2006].

Bu maddeler içerisinde en popülerlerinden birisi olan kuersetinin antioksidan özelliği ile ilgili çok sayıda yapılmış çalışma vardır [Saul ve ark., 2008; Wang ve ark., 2016]. Enzimatik olmayan radikal süpürücü bir etkisi olan kuersetin, yapısında bulunan beş adet (-OH) grubundaki hidrojenleri vermek suretiyle, serbest radikallerin olumsuz etkilerini ortadan kaldırmaktadır. Aksi takdirde, serbest radikaller, hücre içerisindeki hücre membranı, organeller, DNA ve hücre içerisinde sentezlenmiş olan büyük moleküllere saldırarak onların bütünlüklerinin bozulmasına ve fonksiyonlarını yerine getirememesine neden olacaktır. Böylelikle, hücresel hasara ve sonunda organizmanın yaşlanmasına neden olacaktır [Sohal ve ark., 2002].

Çalışmaların çoğu, rat ve insanlar üzerine yapılan *in vivo* ve *in vitro* çalışmalardan oluşmaktadır. Omurgasız hayvanlarla çok sınırlı yapılan çalışma olmasına rağmen [Kampkötter ve ark., 2008; Saul ve ark., 2008], böceklerle yapılan çalışmaya rastlanılmamıştır. Yapılan *in vitro* çalışmalar yüksek dozda kuersetinin hücreler için toksik olabileceği bildirilse de, *in vivo* da bu etki kanıtlanamamıştır [Wang ve ark., 2016]. Bunun

sebebi, insan gibi kompleks organizmaların bu maddeyi birçok farklı organda metabolize etmeye çalışması ve bazı dokularda ise depolayabilmesidir [Boots ve ark., 2008; Wang ve ark., 2016]. Kuersetinin bir diğer özelliği de yapısında bulunan hidroksil gruplarına rağmen, molekülün lipofilik özellik göstermesidir. Bu da yağ doku içerisinde birikmesine neden olabilir [Chen ve ark., 2005]. Fazla miktarda alınan kuersetin, antioksidan özelliği sayesinde vücuttaki kükürt bağlarına tutunmaktadır. Bu da, en çok glutatyon molekülü ile ikili bileşik oluşmasına neden olmaktadır. Kuersetin miktarının artması, vücudumuzda endojen bir radikal süpürücü olan glutatyon miktarının azalmasına, hatta tükenmesine neden olabilir. Bu takdirde, kuersetin (DNA, hücre membranı gibi) vücuttaki diğer makromoleküllerle bağlanmak isteyebilecektir. İnsan gibi kompleks organizmalarda bu etkiler, kuersetini metabolize ederek, kan yoluyla diğer dokulara taşıyarak ve orada biriktirerek üstesinden gelinmeye çalışılmaktadır [Boots ve ark., 2008]. Fakat böcekler gibi nisbeten basit yapıları organizmalarda bu, kolay üstesinden gelinebilecek bir durum değildir. Kuersetinin *C. elegans*'ta ömür uzunluğunu arttırdığı bilinmesine rağmen [Kampkötter ve ark., 2008], bizim çalışmamızda, yüksek dozda verilen kuersetinin *B. hebetor* dişilerinin ömür uzunluğunu arttırmadığı, bilakis normal şekerle beslenenlere göre azalttığı görüldü (Çizelge 2, Şekil 7). Dişiler, yüksek kuersetin dozuna erkeklerde daha hassastırlar (Şekil 7). Bu durum, parazitoit dişilerinin erkeklerden daha çok metabolik faaliyete sahip olmasıyla da açıklanabilir. Elde ettiğimiz sonuçlar, *in vitro* hücre kültürlerinde yüksek konsantrasyondaki kuersetinin toksik olduğuna dair bulgularla da paralellik göstermektedir. Kuersetin dozunun parazitoidin ergin yaşam süresine etkileri ile ilgili yapılan çalışmadan elde ettiğimiz veriler, kuersetin dozunun ergin yaşam süresinde kısmen etkili olduğunu göstermektedir. En yüksek ömür uzunluğuna 3 mg/mL'lik kuersetin dozunda ulaşıldı (Çizelge 3). Bu sonuçlar; *B. hebetor* gibi parazitoitlerde belli dozlarda kuersetin ilavesinin parazitoidin ömür uzunluğunda etkili olacağını, yüksek dozlarda ise zararları olabileceğini göstermektedir (Çizelge 2 ve 3). İnsan gibi kompleks organizmalar bu yüksek dozun üstesinden gelebilirken, parazitoit gibi nisbeten daha basit organizmalarda bunun etkileri ağır olabilir. İki grup arasında ömür uzunluğunda bu kadar büyük farkın olmasının nedeni, besin konsantrasyonlarının farklı olmasıdır. Çizelge 2'de besin olarak % 20'lik sükröz çözeltisi kullanılırken, Çizelge 3'te kullanılan sükröz % 10'luktur. Bunun sebebi, parazitoit ömür uzunluğunun daha kısa sürede sonuçlanmasını istememizdir. Böylelikle, farklı konsantrasyonlardaki besinlerin parazitoidin ömür uzunluğuna etki edebileceğini de kanıtlamış olduk. Kuersetinin aglikan halinde alınması çok nadirdir. Genellikle glikozitler halinde alınırlar veya besine ilave edildiklerinde glikozitlere dönüşürebilirler. Metabolize

edildikleri takdirde bu glikozit birimleri parazitoitler tarafından besin olarak kullanılabilir [Wang ve ark., 2016].

Ergin öncesi ve ergin dönemde alınan besin kalite ve kantitesinin parazitoitin gelişme süresi, verim, eşey oranı, ömür uzunluğu, yumurta yükü gibi birçok özelliğini etkilediği yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur [Doutt, 1959; Godfray, 1994; Quicke, 1997; Sarıkaya, 2003; 2004; 2011].

Metabolik süreçler içerisinde açığa çıkan serbest radikaller, biyolojik süreçlerin bozulmasına ve bu da organizmanın yaşlanmasına neden olur. Canlılarda metabolik faaliyetlere bağlı olarak serbest radikallerin oluşması normaldir. Tüm canlılarda serbest radikallerle mücadele etmek amacıyla, enzim sistemleri gelişmiştir. Bunlar arasında en bilinenleri arasında SOD, CAT ve GSH sayılabilir. Bunların dışında canlılar, serbest radikallerle mücadele edebilen enzimler dışında bazı kaynaklara da sahiptirler. Bunları genellikle dışarıdan besinleriyle alırlar. Bunlar arasında; vitamin C, vitamin E, flavonoidler sayılabilir. Non enzimatik bu kaynaklar, radikal süpürücüler olarak adlandırılır [Wang ve ark., 2016].

Gıdalara eklenecek kuersetin benzeri antioksidanlar, organizmada oluşan serbest radikallerin zararlı etkilerini ortadan kaldırarak organizmanın daha geç yaşlanmasına ve yumurta üretimi gibi biyolojik süreçlerin daha uzun süre ve dolayısıyla daha çok sayıda yumurta üretimine neden olacaktır (Çizelge 4, Şekil 8 ve 9). elde edilen sonuçlara göre kuersetin ilavesi, *B. hebetor*'un yumurta yükünde artışa neden oldu. Bu da metabolik faaliyetin artması anlamına geliyor. Besinle bir yandan gerekli olan enerji ihtiyacını karşılarken, kuersetin ile de muhtemelen açığa çıkan serbest radikallerin olumsuz etkilerini ortadan kaldırıyor olabilir. Bu parazitoitler için çok önemlidir. Çünkü, biyolojik kontrol amacıyla belli bir alana salındıklarında, o alanda ne kadar çok kalırlarsa o kadar fazla konak bulup, parazitleyebilirler. Böylelikle biyolojik kontrol ajanı olarak etkinlikleri artmış olurlar. *B. hebetor*'un sinovijenik bir tür olması da onun biyolojik kontrol ajanı olarak kullanılabilirliğini arttırmaktadır. Sinovijenik türler gerekli koşullar sağlanırsa yaşamları süresince yumurta üretmeye devam edebilirler.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bulgularımıza göre *B. hebetor*, biyolojik kontrolde etkili bir biyolojik kontrol ajanı ve yaşlanma çalışmalarında model bir organizma olarak kullanılabilir.

Kuersetin katkılı besinle beslenmenin *B. hebetor*'un yumurta yükünde meydana getirdiği önemli artış, ömrü boyunca parazitoidden daha fazla yumurta üretilmesi anlamına gelir. Bu durum, *B. hebetor*'un biyolojik kontrol ajanı olarak etkinliğini artırır.

Biyolojik kontrol ajanı olarak laboratuvarında kitlesel üretimi yapılacağı zaman, parazitoid besinine 3 mg/mL'lik kuersetin takviyesi yapılması önerilir. Ayrıca, parazitoid araziye salınacağı zaman, arazinin belli yerlerine kuersetin ilaveli besin kaynaklarının bırakılması, parazitoidin konak arama sırasında aç kalmasının önüne geçebilecek, yumurta yükünün kısmen artması sağlanacak ve böylelikle daha fazla süreyi konak aramak ve muhtemelen daha fazla konağı parazitlemek için kullanabilecektir. Bu durum, ajanın biyolojik mücadeledeki etkinliğini de arttırabilecektir.

Eldeki bulgulara göre; bir parazitoidin biyolojik kontrol ajanı olarak seçileceği zaman; i) Sinovijenik bir tür olması, ii) Laboratuvar koşullarında kolay üretilmesi, iii) Laboratuvar ortamında üretilenlerin doğal koşullara kolay uyum gösterebilmesi, iv) Uygun salım yönteminin tespit edilmesi, v) Arazideki besinsel ihtiyaçlarını karşılayabilmesi için, özellikle kuersetin ilaveli besin kaynaklarının araziye bırakılması, vi) Çevre koşullarının göz önüne alınması önerilir.

KAYNAKLAR

- Abrahamse, S. L., Kloots, W. J., Amelsvoort, J. M. M. V. (2005). Absorption, distribution, and secretion of epicatechin and quercetin in the rat. *Nutrition Research*, 25, 305-317.
- Agullo, G., Gamet-Payraastre, L., Manenti, S., Viala, C., Remesy, C., Chap, H., Payraastre, B. (1997). Relationship between flavonoid structure and inhibition of phosphatidylinositol-3-kinase: A comparison with Tyrosine kinase and Protein kinase C inhibition. *Biochemical Pharmacology*, 53, 1649-1657.
- Alam M. S., Alam, M. Z., Alam, S.N., Miah, M. D. U., Mian, M. I. H., Hossain, M. M. (2014). Biology of *Bracon hebetor* reared on wax moth (*Galleria mellonella*) larvae. *Persian Gulf Crop Protection*, 3(4), 54-62.
- Andres, S., Tejido, M. L., Bodas, R., Moran, L., Prieto, N., Blanco, C., Giraldez, F. J. (2013). Quercetin dietary supplementation of fattening lambs at 0.2% rate reduces discolouration and microbial growth in meat during refrigerated storage. *Meat Science*, 93(2), 207-212.
- Anhe, G. F., Okamoto, M. M., Kinote, A., Sollon, C., Lellis-Santos, C., Anhe, F. F., Lima, G. A., Hirabara, S. M., Velloso, L. A., Bordin, S., Machado, U. F. (2012). Quercetin decreases inflammatory response and increases insulin action in skeletal muscle of ob/ob mice and in L6 myotubes. *European Journal of Pharmacology*, 689(1-3), 285-293.
- Antolin, M. F., Williams, R. L. (1989). Host feeding and egg production in *Muscidifurax raptor* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Florida Entomologist*, 72(1), 129-134.
- Arai, N., Strom, A., Rafter, J. J., Gustafsson, J. A. (2000). β -Estrogen receptor mRNA in colon cancer cells: Growth effects of estrogen and genistin. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 270, 425-431.
- Aura, A. M. (2008). Microbial metabolism of dietary phenolic compounds in the colon. *Phytochemistry Reviews*, 7, 407-429.
- Azuma, K., Ippoushi, K., Ito, H., Higashio, H., Terao, J. (2002). Combination of lipids and emulsifiers enhances the absorption of orally administered quercetin in rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(6), 1706-12.
- Azzouz, H., Giordanengo, P., Wackers, F. L., Kaiser, L. (2004). Effects of feeding frequency and sugar concentration on behavior and longevity of the adult aphid parasitoid: *Aphidius ervi* (Haliday) (Hymenoptera: Braconidae). *Biological Control*, 31(3), 445-452.
- Bachmetov, L., Gal-Tanamy, M., Shapira, A., Vorobeychik, M., Giterman-Galam, T., Peramachi, S., Benhar, I., Tur-Kaspa, R., Zemel, R. (2012). Suppression of hepatitis C virus by the flavonoid quercetin is mediated by inhibition of NS3 protease activity. *Journal of Viral Hepatitis*, 19(2), e81-e88.
- Baghel, S. S., Shrivastava, N., Baghel, R. S., Agrawal, P., Rajput, S. (2012). A review of quercetin: Antioxidant and anticancer properties. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 1(1), 146-160.
- Balabhadrapathruni, S., Thomas, T. J., Yurkow, E. J., Amenta, P. S., Thomas, T. (2000). Effects of genistein and structurally related phytoestrogens on cell cycle kinetics and apoptosis in MDAMB- 468 human breast cancer cells. *Oncology Reports*, 7(1), 3-12.

- Bartosz, G. (1995). *Druga twarz tlenu* (The Second Face of Oxygen). Warszawa: PWN, 179-203. [in Polish].
- Bautista, R. C., Harris, E. J., Vargas, R. I. (2001). The fruit fly parasitoid *Fopius arisanus*: reproductive attributes of pre-released females and the use of added sugar as a potential food supplement in the field. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 101(3), 247-255.
- Beard, R. L. (1952). The toxicology of *Habrobracon* venom: A study of a natural insecticide. *Connecticut Agricultural Experiment Station Bulletin*, 562, 1-27.
- Beard, R. L. (1963). Insect toxins and venoms. *Annual Review of Entomology*, 8, 1-18.
- Benassayag, C., Perrot-Appianat, M., Ferre, F. (2002). Phytoestrogens as modulators of steroid action in target cells. *Journal of Biomedical Life Science*, 777, 233-248.
- Benelli, G., Giunti, G., Tena, A., Desneux, N., Caselli, A., Canale, A. (2017). The impact of adult diet on parasitoid reproduction performance. *Journal of Pest Science*, 90(3), 807-823.
- Bezemer, T. M., Harvey, J. A., Mills, N. J. (2005). Influence of adult nutrition on the relationship between body size and reproductive parameters in a parasitoid wasp. *Ecological Entomology*, 30(5), 571-580.
- Boesch-Saadatmandi, C., Loboda, A., Wagner, A. E., Stachurska, A., Jozkowicz, A., Dulak, J., Döring F., Wolfram, S., Rimbach, G. (2011). Effect of quercetin and its metabolites isorhamnetin and quercetin-3-glucuronide on inflammatory gene expression: Role of miR-155. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 22(3), 293-299.
- Boots, A. W., Balk, J. M., Bast, A., Haenen, G. R. (2005). The reversibility of the glutathionyl-quercetin adduct spreads oxidized quercetin-induced toxicity. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 338, 923-929.
- Boots, A. W., Haenen, G. R., Bast, A. (2008). Health effects of quercetin: From antioxidant to nutraceutical. *European Journal of Pharmacology*, 585(2-3), 325-337.
- Bozic, M., Gorgieva, S., Kokol, V. (2012). Homogeneous and heterogeneous methods for laccase-mediated functionalization of chitosan by tannic acid and quercetin. *Carbohydrate Polymers*, 89(3), 854-864.
- Bracken, G. K. (1969). Effects of dietary amino acids, salts and protein starvation on fecundity of the parasitoid *Exeristes comstockii* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Canadian Entomologist*, 101(1), 91-96.
- Buchner, N., Krumbein, A., Rohn, S., Kroh, L. W. (2006). Effect of thermal processing on the flavonols rutin and quercetin. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 20, 3229-3235.
- Burda, S., Oleszek, W. (2001). Antioxidant and antiradical activities of flavonoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(6), 2774-2779.
- Cai, K., Bennick, A. (2006). Effect of salivary proteins on the transport of tannin and quercetin across intestinal epithelial cells in culture. *Biochemical Pharmacology*, 72, 974-980.
- Cai, X., Fang, Z., Dou, J., Yu, A., Zhai, G. (2013). Bioavailability of quercetin: Problems and promises. *Current Medicinal Chemistry*, 20, 2572-2582.

- Cao, X., Liu, M., Tuo, J., Shen, D., Chan, C.-C. (2010). The effects of quercetin in cultured human RPE cells under oxidative stress and in Ccl2/Cx3cr1 double deficient mice. *Experimental Eye Research*, 91(1), 15-25.
- Chang, Q., Wong, Y. S. (2004). Identification of flavonoids in Hakmeitau beans (*Vigna sinensis*) by high-performance liquid chromatography-electrospray mass spectrometry (LC-ESI/MS). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(22), 6694-6699.
- Chen, X., Yin, O. Q. P., Zuo, Z., Chow, M. S. S. (2005). Pharmacokinetics and modeling of quercetin and metabolites. *Pharmaceutical Research*, 22(6), 892-901.
- Chien S. Y., Wu, C. Y., Chung, J. G., Yang, J. S., Lu, H. F., Tsou, M. F., Wood, W. G., Kuo, S. J., Chen, D. R. (2009). Quercetin induced apoptosis acts through mitochondrial- and caspase3-dependent pathways in human breast cancer MDA-MB231 cells. *Human and Experimental Toxicology*, 28(8), 493-503.
- Choi, G. N., Kim, J. H., Kwak, J. H., Jeong, C.-H., Jeong, H. R., Lee, U., Heo, H. J. (2012). Effect of quercetin on learning and memory performance in ICR mice under neurotoxic trimethyltin exposure. *Food Chemistry*, 132(2), 1019-1024.
- Coelho-dos-Reis, J. G. A., Gomes, A. O., Bortolini, D. E., Martins, M. L., Almeida, M. R., Martins, C. S., de Carvalho, J. D., Souza J. G., Viella, J., Andrade M. S., Barbosa-Stancioli, E. F. (2011). Evaluation of the effects of Quercetin and Kaempferol on the surface of MT-2 cells visualized by atomic force microscopy. *Journal of Virological Methods*, 174(1-2), 47-52.
- Collier, T. R. (1995). Host feeding, egg maturation, resorption, and longevity in the parasitoid *Aphytis melinus* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 88(2), 206-214.
- Conklin, K. A. (2000). Dietary antioxidants during cancer chemotherapy: Impact on chemotherapeutic effectiveness and development of side effects. *Nutrition and Cancer*, 37, 1-18.
- Corbet, S. A., Willmer, P. G., Beament, J. W. L., Unwin, D. M., Prys-Jones, O. (1979). Post-secretory determinants of sugar concentration in nectar. *Plant Cell and Environment*, 2(4), 293-308.
- Cos, P., Ying, L., Calomme, M., Hu, J. P., Cimanga, K., Van Poel, B., Pieters, L., A. J., Vlietinck, A. J., Berghe, D. V. (1998). Structure-activity relationship and classification of flavonoids as inhibitors of xanthine oxidase and superoxide scavengers. *Journal of Natural Products*, 61(1), 71-77.
- Cushman, M., Nagarathnam, D., Burg, D. L., Geahlen, R. L. (1991). Synthesis and protein Tyrosine kinase inhibitory activities of Flavonoid analogues. *Journal of Medicinal Chemistry*, 34, 798-806.
- DeBoer, V. C. J., Dihal, A. A., van der Woude, H., Arts, I. C., Wolfram, S., Alink, G. M., Rietjens, I. M. C. M., Keijer, J., Hollman, P. C. H. (2005). Tissue distribution of quercetin in rats and pigs. *The Journal of Nutrition*, 135(7), 1718-1725.
- Dehghan, G., Khoshkam, Z. (2012). Tin (II)quercetin complex: Synthesis, spectral characterisation and antioxidant activity. *Food Chemistry*, 131, 422-426.

- DeSouza, K. C. B., Bassani, V. L., Schapoval, E. E. S. (2007). Influence of excipients and technological process on anti-inflammatory activity of quercetin and Achyrocline satureioides (Lam.) D.C. extracts by oral route. *Phytomedicine*, 14(2-3), 102-108.
- Dieckhoff, C., Heimpel, G. E. (2010). Determinants of egg load in the soybean aphid parasitoid *Binodoxys communis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 136(3), 254-261.
- Douglas, A. E. (2003). The nutritional physiology of Aphids. *Advances in Insect Physiology*, 31, 73-140.
- Doutt, R. L. (1959). The biology of parasitic hymenoptera. *Annual Review of Entomology*, 4, 161-182.
- Duthie, S. J., Johnson, W., Dobson, V. L. (1997). Effect of dietary flavonoids on DNA damage (Strand breaks and oxidized pyrimidines) and growth in human cells. *Mutation Research*, 390, 141-151.
- Ellers, J., Ruhe, B., Visser, B. (2011). Discriminating between energetic content and dietary composition as an explanation for dietary restriction effects. *Journal of Insect Physiology*, 57(12), 1670-1676.
- Engen, A., Maeda, J., Wozniak, D. E., Brents, C., Bell, J., Uesaka, M., Aizawa, Y., Kato, T. (2015). Induction of cytotoxic and genotoxic responses by natural and novel quercetin glycosides. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 784-785, 15-22.
- Erkoç, Ş., Erkoç, F., Keskin, N. (2003). Theoretical investigation of quercetin and its radical isomers. *Journal of Molecular Structure (Theochem)*, 631(1-3), 141-146.
- Esmaeili, M. A., Sonboli, A. (2010). Antioxidant, free radical scavenging activities of *Salvia brachyantha* and its protective effect against oxidative cardiac cell injury. *Food and Chemical Toxicology*, 48(3), 846-853.
- Fan, D., Zhou, X., Zhao, C., Chen, H., Zhao, Y., Gong, X. (2011). Anti-inflammatory, antiviral and quantitative study of quercetin-3-O-β-D-glucuronide in *Polygonum perfoliatum* L. *Fitoterapia*, 82(6), 805-810.
- Faria, C. A., Wackers, F. L., Turlings, T. C. J. (2008). The nutritional value of aphid honeydew for non-aphid parasitoids. *Basic and Applied Ecology*, 9(3), 286-297.
- Ferry, D. R., Smith, A., Malkhandi, J., Fyfe, D. W., deTakats, P. G., Anderson, D., Baker, J., Kerr, D. J. (1996). Phase I clinical trial of the flavonoid quercetin: Pharmacokinetics and evidence for *in vivo* tyrosine kinase inhibition. *Clinical Cancer Research*, 2(4), 659-668.
- Flanders, S. E. (1950). Regulation of ovulation and egg disposal in the parasitic Hymenoptera. *Canadian Entomologist*, 82, 134-140.
- Gallaher, C. M., Gallaher, D. D. (2009). Dried plums (prunes) reduce atherosclerosis lesion area in apolipoprotein E-deficient mice. *The British Journal of Nutrition*, 101(2), 233-239.
- Gao, L., Liu, G., Wang, X., Liu, F., Xu, Y., Ma, J. (2011). Preparation of a chemically stable quercetin formulation using nanosuspension technology. *International Journal of Pharmaceutics*, 404, 231-237.

- García-Mediavilla, M. V., Crespo, I., Collado, P. S., Esteller, A., Sanchez-Campos, S., Tunon, M. J., Gonzalez-Gallego, J. (2007). The anti-inflammatory flavones quercetin and kaempferol cause inhibition of inducible nitric oxide synthase, cyclooxygenase-2 and reactive C-protein, and down-regulation of the nuclear factor kappaB pathway in Chang Liver cells. *European Journal of Pharmacology*, 557(2-3), 221-229.
- Gibellini, L. (2011). Quercetin and cancer chemoprevention. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 3, 591356.
- Giron, D., Casas, J. (2003). Lipogenesis in an adult parasitic wasp. *Journal of Insect Physiology*, 49(2), 141-147.
- Godfray, H. C. J. (1994). *Parasitoids: Behavioral and Evolutionary Ecology*. New Jersey: Princeton University Press.
- Gonçalves, B., Landbo, A. K., Knudsen, D., Silva, A. P., Moutinho-Pereira, J., Rosa, E. A. S., Meyer, A. S. (2004). Effect of ripeness and postharvest storage on the phenolic profiles of cherries (*Prunus avium* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(3), 523-530.
- Gordh, G., Legner, E. F., Caltagirone, L. E. (1999). Biology of parasitic Hymenoptera, In: (Bellows, T. S., Fisher T. W. eds) *Handbook of biological control: Principles and application of biological control*. San Diego: Academic Press, 355-381.
- Gross, P. (1993). Insect behavioural and morphological defences against parasitoids. *Annual Review of Entomology*, 38, 251-273.
- Guo, Y., Bruno, R. S. (2015). Endogenous and exogenous mediators of quercetin bioavailability. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 26, 201-210.
- Gül, M., Gülel, A. (1995). Effect of super parasitism in the parasitoid *Bracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae) on fecundity and sex-ratio. *Turkish Journal of Zoology*, 10(3), 237-240.
- Gürbüz, M. F., Aksoylar, M. Y. (2006). Reproduction capacity and sex ratio of *Bracon hebetor* (Say) (Hymenoptera, Braconidae), parasitoid on *Galleria mellonella* (L.) (Lepidoptera, Pyralidae). *Journal of Entomological Research Society*, 8(1), 37-40.
- Hagstrum, D. W., Smittle, B. J. (1978). Host utilization by *Bracon hebetor*. *Environmental Entomology*, 7: 596-600.
- Haleagrahara, N., Siew, C. J., Ponnusamy, K. (2013). Effect of quercetin and desferrioxamine on 6-hydroxydopamine (6-OHDA) induced neurotoxicity in striatum of rats. *The Journal of Toxicological Sciences*, 38(1), 25-33.
- Harnly, J. M., Doherty, R. F., Beecher, G. R., Holden, J. M., Haytowitz, D. B., Bhagwat, S., Gebhardt, S. (2006). Flavonoid content of U.S. fruits, vegetables, and nuts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(26), 9966-9977.
- Harwood, M., Danielewska-Nikiel, B., Borzellece, J. F., Flamm, G. W., Williams, G. M., Lines, T. C. (2007). A critical review of the data related to the safety of quercetin and lack of evidence of *in vivo* toxicity, including lack of genotoxic/carcinogenic properties. *Food and Chemical Toxicology*, 45(11), 2179-2205.
- Heimpel, G. E., Rosenheim, J. A. (1998). Egg limitation in parasitoids: A review of the evidence and a case study. *Biological Control*, 11(2), 160-168.

- Heimpel, G. E., Rosenheim, J. A., Kattari, D. (1997). Adult feeding and lifetime reproductive success in the parasitoid *Aphytis melinus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 83(3), 305–315.
- Hentz, M. G., Ellsworth, P. C., Naranjo, S. E., Watson, T. F. (1998). Development, longevity and fecundity of *Chelonus* sp. nr. *curvimaculatus* (Hymenoptera: Braconidae), an egg-larval parasitoid of pink bollworm (Lepidoptera: Gelechiidae). *Environmental Entomology*, 27, 443-449.
- Heyman, L., Axling, U., Blanco, N., Sterner, O., Holm, C., Berger, K. (2014). Evaluation of beneficial metabolic effects of berries in high-fat fed C57BL/6J mice. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 403041.
- Hogervorst, P. A. M., Wackers, F. L., Romeis, J. (2007a). Detecting nutritional state and food source use in field-collected insects that synthesize honeydew oligosaccharides. *Functional Ecology*, 21(5), 936–946.
- Hogervorst, P. A. M., Wackers, F. L., Romeis, J. (2007b). Effects of honeydew sugar composition on the longevity of *Aphidius ervi*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 122(3), 223–232.
- Hogervorst, P. A. M., Wackers, F. L., Woodring, J., Romeis, J. (2009). Snowdrop lectin (*Galanthus nivalis* agglutinin) in aphid honeydew negatively affects survival of a honeydew-consuming parasitoid. *Agricultural and Forest Entomology*, 11(2), 161–173.
- Hopkinson, J. E., Zalucki, M. P., Murray, D. A. H. (2013). Honeydew as a source of nutrition for *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae): Effect of adult diet on lifespan and egg load. *Australian Journal of Entomology*, 52(1), 14–19.
- Idris, A. B., Grafius, E. (1995). Wildflowers as nectar sources for *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae), a parasitoid of diamondback moth (Lepidoptera: Yponomeutidae). *Environmental Entomology*, 24(6), 1726–1735.
- Irvin, N. A., Hoddle, M. S., Castle, S. J. (2007). The effect of resource provisioning and sugar composition of foods on longevity of three *Gonatocerus* spp., egg parasitoids of *Homalodisca vitripennis*. *Biological Control*, 40(1), 69–79.
- Jacobs, M. N., Lewis, D. F. (2002). Steroid hormone receptors and dietary ligands: A selected review. *Proceeding of the Nutrition Society*, 61, 105-122.
- Jan, A. T., Kamli, M. R., Murtaza, I., Singh, J. B., Ali, A., Haq, Q. M. R. (2010). Dietary flavonoid quercetin and associated health benefits: An overview. *Food Reviews International*, 26(3), 302-317.
- Jazvinscak, J. M., Cipak, G. A., Vukovic, L., Vlainic, J., Zarkovic, N., Orsolcic, N. (2012). Quercetin supplementation: Insight into the potentially harmful outcomes of neurodegenerative prevention. *Archiv für Experimentelle Pathologie und Pharmakologie*, 385(12), 1185-1197.
- Jeong, J. H., An, J. Y., Kwon, Y. T., Rhee, J. G., Lee, Y. J. (2009). Effects of low dose quercetin: cancer cell-specific inhibition of cell cycle progression. *Journal of Cellular Biochemistry*, 106, 73-82.

- Jervis, M. A., Ellers, J., Harvey, J. A. (2008). Resource acquisition, allocation, and utilization in parasitoid reproductive strategies. *Annual Review of Entomology*, 53: 361–385.
- Jervis, M. A., Kidd, N. A. C. (1986). Host-feeding strategies in hymenopteran parasitoids. *Biological Reviews*, 61(4), 395–434.
- Jervis, M. A., Kidd, N. A. C., Heimpel, G. E. (1996). Parasitoid adult feeding behaviour and biological control—a review. *Biocontrol News and Information*, 17(1), 11N–26N.
- Johari, J., Kianmehr, A., Mustafa, M. R., Abubakar, S., Zandi, K. (2012). Antiviral activity of baicalein and quercetin against the Japanese Encephalitis virus. *International Journal of Molecular Sciences*, 13(12), 16785–16795.
- Joseph, K. M. D., Muralidhara, M. (2013). Enhanced neuroprotective effect of fish oil combination with quercetin against 3-nitropropionic acid induced oxidative stress in rat brain. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 40(1), 83–92.
- Jovanovic, S. V., Steenken, S., Tosic, M., Majjanovic, B., Simic, M. G. (1994). Flavonoids as antioxidants. *Journal of the American Chemical Society*, 116, 4846–4851.
- Kalinova, J., Vrchotova, N. (2009). Level of catechin, myricetin, quercetin and isoquercitrin in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench), changes of their levels during vegetation and their effect on the growth of selected weeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(7), 2719–2725.
- Kalyanaraman, B., Premovic, P., Sealy, R. C. (1987). Semiquinone anion radicals from addition of amino acids, peptides, and proteins to quinones derived from oxidation of catechols and catecholamines: An ESR spin stabilization study. *Journal of Biological Chemistry*, 262(23), 11080–11087.
- Kampkötter, A., Timpel, C., Zurawski, R. F., Ruhl, S., Chovolou Y., Chaidir, C., Watjen, W. (2008). Increase of stress resistance and lifespan of *Caenorhabditis elegans* by quercetin. *Comparative Biochemistry and Physiology - Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 149(2), 314–323.
- Kim, D. O., Chun, O. K., Kim, Y. J., Moon, H.-Y., Lee, C. Y. (2003). Quantification of polyphenolics and their antioxidant capacity in fresh plums. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(22), 6509–6515.
- King, P. E., Hopkins, C. R. (1963). Length of life of the sexes in *Nasonia vitripennis* (Walker) (Hymenoptera: Pteromalidae) under conditions of starvation. *Journal of Experimental Biology*, 40(4), 751–761.
- Kleemann, R., Verschuren, L., Morrison, M., Zadelaar, S., van Erk, M. J., Wielinga, P. Y., Kooistra, T. (2011). Anti-inflammatory, anti-proliferative and anti-atherosclerotic effects of quercetin in human *in vitro* and *in vivo* models. *Atherosclerosis*, 218(1), 44–52.
- Kuti, J. O., Konuru, H. B. (2004). Antioxidant capacity and phenolic content in leaf extracts of tree spinach (*Cnidioscolus* spp.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(1), 117–121.
- Lakhanpal, P., Rai, D. K. (2007). Quercetin: A versatile flavonoid. *Internet Journal of Medical Update*, 2(2), 22–37.
- Larson, A. J., Symons, J. D., Jalili, T. (2012). Therapeutic potential of quercetin to decrease blood pressure: Review of efficacy and mechanisms. *Advances in Nutrition*, 3(1), 39–46.

- Lee, J. C., Andow, D. A., Heimpel, G. E. (2006). Influence of floral resources on sugar feeding and nutrient dynamics of a parasitoid in the field. *Ecological Entomology*, 31(5), 470-480.
- Lee, J. C., Heimpel, G. E. (2008). Effect of floral nectar, water, and feeding frequency on *Cotesia glomerata* longevity. *Biocontrol*, 53(2), 289-294.
- Lee, J. C., Heimpel, G. E., Leibee, G. L. (2004). Comparing floral nectar and aphid honeydew diets on the longevity and nutrient levels of a parasitoid wasp. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 111(3), 189-199.
- Lacopini, P., Baldi, M., Storchi, P., Sebastiani, L. (2008). Catechin, epicatechin, quercetin, rutin and resveratrol in red grape: Content, *in vitro* antioxidant activity and interaction. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21, 589-598.
- Lauro, M. R., Torre, M. L., Maggi, L., De Simone, F., Conte, U., Aquino, R. P. (2002). Fast- and slow-release tablets for oral administration of flavonoids: Rutin and quercetin. *Drug Development and Industrial Pharmacy*. 28(4), 371-379.
- Lee, K. W., Bode, A. M., Dong, Z. (2011). Molecular targets of phytochemicals for cancer prevention. *Nature Reviews Cancer*, 11(3), 211-218.
- Lekic, N., Canova, N. K., Horinek, A., Farghali, H. (2013). The involvement of heme oxygenase 1 but not nitric oxide synthase 2 in a hepatoprotective action of quercetin in lipopolysaccharide-induced hepatotoxicity of D-galactosamine sensitized rats. *Fitoterapia*, 87(1), 20-26.
- Lemanska, K., Szymusiak, H., Tyrakowska, B., Zielinski, R., Soffers, A. E., Rietjens, I. M. (2001). The influence of pH on antioxidant properties and the mechanism of antioxidant action of hydroxyflavones. *Free Radical Biology and Medicine*. 31(7), 869-881.
- Lightle, D., Ambrosino, M., Lee, J. C. (2010). Sugar in moderation: Sugar diets affect short-term parasitoid behaviour. *Physiological Entomology*, 35, 179-185.
- Lin, C.-F., Leu, Y.-L., Al-Suwayeh, S. A., Ku, M.-C., Hwang, T.-L., Fang, J.-Y. (2012). Anti-inflammatory activity and percutaneous absorption of quercetin and its polymethoxylated compound and glycosides: The relationships to chemical structures. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 47(5), 857-864.
- Liu, S., Hou, W., Yao, P., Li, N., Zhang, B., Hao, L., Nussler, A. K., Liu, L. (2012). Heme oxygenase-1 mediates the protective role of quercetin against ethanol-induced rat hepatocytes oxidative damage. *Toxicology in Vitro*, 26(1), 74-80.
- Liyong, L. (1986). Mass production of natural enemies (Parasites and predators). *Natural Enemies of Insects*, 8(1), 52-62.
- Maciel, R. M., Costa, M. M., Martins, D. B., França, R. T., Schmatz, R., Graça, D. L., Duarte, M. M. F., Danesi, C. C., Mazzanti, C. M., Schetinger, M. R. C., Paim, F. C., Palma, H. E., Abdala, F. H., Stefanello, N., Zimpel, C. K., Felin, D. F., Lopes, S. T. A. (2013). Antioxidant and anti-inflammatory effects of quercetin in functional and morphological alterations in streptozotocin-induced diabetic rats. *Research in Veterinary Science*, 95(2), 389-397.
- Manson, M. M., Farmer, P. B., Gescher, A., Steward, W. P. (2005). Innovative agents in cancer prevention. *Tumor Prevention and Genetics*, 166, 257-275.

- Mariani, C., Braca, A., Vitalini, S., De Tommasi, N., Visioli, F., Fico, G. (2008). Flavonoid characterization and *in vitro* antioxidant activity of *Aconitum anthora* L. (Ranunculaceae), *Phytochemistry*, 69(5), 1220-1226.
- Masibo, M., He, Q. (2008). Major mango polyphenols and their potential significance to human health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7 (4), 309-319.
- Massi, A., Bortolini, O., Ragno, D., Bernardi, T., Sacchetti, G., Tacchini, M., De Risi, C. (2017). Research progress in the modification of quercetin leading to anticancer agents. *Molecules*, 22(8), 1270.
- Matter, W. F., Brown, R. F., Vlahos, C. J. (1992). The inhibition of phosphatidylinositol-3-kinase by Quercetin and analogs. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 186, 624-631.
- Materska, M. (2014). Bioactive phenolics of fresh and freeze-dried sweet and semi-spicy pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Functional Foods*, 7(1), 269-277.
- Materska, M., Perucka, I. (2005). Antioxidant activity of the main phenolic compounds isolated from hot pepper fruit (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 1750-1756.
- Mc Dougall, S. J., Mills, N. J. (1997). The influence of hosts, temperature and food sources on the longevity of *Trichogramma platneri*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 83(2), 195–203.
- Mi, Y., Zhang, C., Li, C., Taneda, S., Watanabe, G., Suzuki, A. K., Taya, K. (2010). Protective effect of quercetin on the reproductive toxicity of 4-nitrophenol in diesel exhaust particles on male embryonic chickens. *Journal of Reproduction and Development*, 56(2), 195-199.
- Minkenbergh, O. P. J. M., Tatar, M., Rosenheim, J. A. (1992). Egg load as a major source of variability in insect foraging and oviposition behavior. *Oikos*, 65(1), 134-142.
- Mitsunaga, T., Shimoda, T., Yano, E. (2004). Influence of food supply on longevity and parasitization ability of a larval endoparasitoid, *Cotesia plutellae* (Hymenoptera: Braconidae). *Applied Entomology and Zoology*, 39(4), 691–697.
- Moon, Y. J., Wang, L., DiCenzo, R., Morris, M. E. (2008). Quercetin pharmacokinetics in humans. *Biopharmaceutics and Drug Disposition*, 29, 205-217.
- Moretti, E., Mazzi, L., Terzuoli, G., Bonechi, C., Iacoponi, F., Martini, S., Rossi, C., Collodel, G. (2012). Effect of quercetin, rutin, naringenin and epicatechin on lipid peroxidation induced in human sperm. *Reproductive Toxicology*, 34(4), 651-657.
- Möhle, B., Heller, W., Wellmann, E. (1985). UV-induced biosynthesis of quercetin 3-O-β-D-glucuronide in dill cell cultures, *Phytochemistry*, 24(3), 465-467.
- Mu, C., Jia, P., Yan, Z., Liu, X., Li, X., Liu, H. (2007). Quercetin induces cell-cycle G1 arrest through elevating Cdk inhibitors p21 and p27 in human hepatoma cell line (HepG2). *Methods and Finding Experimental and Clinical Pharmacology*, 29(3), 179-183.
- Mullen, W., Rouanet, J.-M., Auger, C., Teissedre, P.-L., Caldwell, S. T., Hartley, R. C., Lean, M. W. J., Edwards, C. A., Crozier, A. (2008). Bioavailability of [2-14-C] quercetin-4'-glucoside in rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(24), 12127-12137.

- Murtaza, I., Marra, G., Schlapbach, R., Patrignani, A., Kunzli, M., Wagner, U., Sabates, J., Dutt, A. (2006). Preliminary investigation demonstrating the effect of Quercetin on the expression of genes related to cell cycle arrest, apoptosis and Xenobiotic metabolism in human CO115 colon adenocarcinoma cells using DNA microarray. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 45, 29-36.
- Neto, C. C. (2007). Cranberry and its phytochemicals: A review of *in vitro* anticancer studies, *Journal of Nutrition*, 137, 186S-193S.
- Nishijima, T., Takida, Y., Saito, Y., Ikeda, T., Iwai, K. (2015). Simultaneous ingestion of high-methoxy pectin from apple can enhance absorption of quercetin in human subjects. *British Journal of Nutrition*, 11, 1531-1538.
- Odriozola-Serrano, I., Soliva-Fortuny, R., Martín-Belloso, O. (2008). Phenolic acids, flavonoids, vitamin C and antioxidant capacity of strawberry juices processed by high-intensity pulsed electric fields or heat treatments. *European Food Research and Technology*, 228, 239-248.
- Olson, D. M., Fadamiro, H., Lundgren, J. G., Heimpel, G. E. (2000). Effects of sugar feeding on carbohydrate and lipid metabolism in a parasitoid wasp. *Physiological Entomology*, 25(1), 17-26.
- Özalp, P., Emre, İ. (2001). The effects of carbohydrates upon the survival and reproduction of adult female *Pimpla turionellae* L. (Hym., Ichneumonidae). *Journal of Applied Entomology*, 125(4), 177-180.
- Palak, M. S., Vishnu, P. V., Gayathri, R. (2016). Quercetin – A flavonoid: A systematic review. *Journal of Pharmaceutical Science and Research*, 8(8), 878-880.
- Papaj, D. R. (2000). Ovarian dynamics and host use. *Annual Review of Entomology*, 45, 423-448.
- Pawlikowska-Pawłęga, B., Gruszecki, W. I., Misiak, L. E., Gawron, A. (2003). The study of the quercetin action on human erythrocyte membranes. *Biochemical Pharmacology*, 66(4), 605-612.
- Price, K. R., Bacon, J. R., Rhodes, M. J. (1997). Effect of storage and domestic processing on the content and composition of flavonol glucosides in onion (*Allium cepa*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(3), 938-942.
- Priprem, A., Watanatorn, J., Sutthiparinyanont, S., Phachonpai, W., Muchimapura, S. (2008). Anxiety and cognitive effects of quercetin liposomes in rats. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 4(1), 70-78.
- Quicke, D. L. J. (1997). *Parasitic wasps*. London: Chapman and Hall.
- Rahman, I., Biswas, S. K., Kirkham, P. A. (2006). Regulation of inflammation and redox signaling by dietary polyphenols. *Biochemical Pharmacology*, 72, 1439-1452.
- Ramadan, M. F., Asker, M. M. S. (2009). Antimicrobial and antiviral impact of novel quercetin-enriched lecithin. *Journal of Food Biochemistry*, 33(4), 557-571.
- Ravichandran, R., Rajendran, M., Devapiriam, D. (2014). Antioxidant study of quercetin and their metal complex and determination of stability constant by spectrophotometry method. *Food Chemistry*, 146, 472-478.

- Rice-Evans, C., Miller, N., Paganga, G. (1997). Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Science*, 4, 152-159.
- Riddick, E. W. (2007). Influence of honey and maternal age on egg load of lab-cultured *Cotesia marginiventris*. *BioControl*, 52(5), 613–618.
- Rivero, A., Casas, J. (1999). Incorporating physiology into parasitoid behavioral ecology: The allocation of nutritional resources. *Journal of the Population Research*, 41(1), 39–45.
- Ross, J. A., Kasum, C. M. (2002). Dietary flavonoids: Bioavailability, metabolic effects, and safety. *Annual Review of Nutrition*, 22, 19-34.
- Russo, M., Spagnuolo, C., Tedesco, I., Bilotto, S., Russo, G. L. (2012). The flavonoid quercetin in disease prevention and therapy: Facts and fancies. *Biochemical Pharmacology*, 83(1), 6-15.
- Sarikaya, A., (2003). *Konaktaki toplam lipid, glikojen ve protein miktarlarının parazitoid Dibrachys boarmiae (Hymenoptera: Pteromalidae)'nin ergin öncesi gelişim süresi, verim ve ergin yaşam süresine etkileri*. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Samsun.
- Sarikaya, A., Gülel, A. (2004). Effects of two different hosts and two different temperatures on preadult development time, fecundity, sex ratio and adult longevity of parasitoid, *Dibrachys boarmiae* (Walker) (Hymenoptera: Pteromalidae). *Turkish Journal of Entomology*, 28(2), 133-140 [in Turkish with English abstract].
- Sarikaya, A., Gülel, A. (2011). Effects of host species, stage and size on the sex ratio and clutch size of the parasitoid, *Dibrachys boarmiae* (Walker, 1863) (Hymenoptera: Pteromalidae). *Bulletin of Entomological Research*, 101(3), 325-331.
- Sauerwald, N., Schwenk, M., Polster, J., Bengsch, E. (1998). Spectrometric pK determination of daphnetin, chlorogenic acid and quercetin. *Zeitschrift für Naturforschung [B]-A Journal of Chemical Sciences*, 53(3), 315-321.
- Saul, N., Pietsch, K., Menzel, R., Steinberg, C. E. W. (2008). Quercetin-mediated longevity in *Caenorhabditis elegans*: Is DAF-16 involved? *Mechanisms of Ageing and Development*, 129(10), 611-613.
- Sergent, T., Vanderstraeten, J., Winand, J., Beguin, P., & Schneider, Y.-J. (2012). Phenolic compounds and plant extracts as potential natural anti-obesity substances. *Food Chemistry*, 135(1), 68-73.
- Shi, Y., Williamson, G. (2015). Comparison of the urinary excretion of quercetin glycosides from red onion and aglycone from dietary supplements in healthy subjects: A randomized, single-blinded, cross-over study. *Food and Function*, 6(5), 1443-1448.
- Shonouda, M. L., Nasr, F. N. (1998). Impact of larval-extract (kairomone) of *Ephesiia kuehniella* Zell. (Lep., Pyralidae), on the behaviour of the parasitoid *Bracon hebetor* Say. (Hym., Braconidae). *Journal of Applied Entomology*, 122, 33-35.
- Siekmann, G., Tenhumberg, B., Keller, M. A. (2001). Feeding and survival in parasitic wasps : Sugar concentration and timing matter. *Oikos*, 95(3), 425-430.
- Sisterson, M. S., Averill, A. L. (2002). Costs and benefits of food foraging for a braconid parasitoid. *Journal of Insect Behaviour*, 15(04), 571–588.

- Sivinski, J., Aluja, M., Holler, T. (2006). Food sources for adult *Diachasmimorpha longicaudata*, a parasitoid of tephritid fruit flies: Effects on longevity and fecundity. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 118(3), 193–202.
- Sohal, R., Mockett, R., Orr, W. (2002). *Mechanisms of aging: An appraisal of the oxidative stress hypothesis*. *Free Radical and Biological Medicine*, 33(5), 575–86.
- Song, J. H., Shim, J. K., Choi, H. J. (2011). Quercetin 7-rhamnoside reduces porcine epidemic diarrhea virus replication via independent pathway of viral induced reactive oxygen species. *Virology Journal*, 8(1), 460.
- Soyelu, O. J. (2013). Suitability of a novel diet for a parasitic wasp, *Cotesia plutellae*. *Journal of Insect Science*, 13, 86.
- Stefek, M., Karasu, C. (2011). Eye lens in aging and diabetes: Effect of quercetin. *Rejuvenation Research*, 14(5), 525-534.
- Stokkebo, S., Hardy, I. C. W. (2000). The importance of being gravid: egg load and contest outcome in a parasitoid wasp. *Animal Behaviour*, 59(6), 1111–1118.
- Strand, M. R., Williams, H. J., Vinson, S. B., Mudd, A. (1989). Kairomonal activities of 2-acylcyclohexane-1,3 diones produced by *Ephestia kuehniella* Zeller in eliciting searching behavior by the parasitoid *Bracon hebetor* (Say). *Journal of Chemical Ecology*, 15, 1491-1500.
- Tatraaljai, D., Földes, E., Pukanszky, B. (2014). Efficient melt stabilization of polyethylene with quercetin, a flavonoid type natural antioxidant. *Polymer Degradation and Stability*, 102(1), 41-48.
- Teraoka, T., Numata, H. (2000). Effect of feeding on reproduction and overwintering in female adults of *Ooencyrtus nezarae* Ishii (Hymenoptera: Encyrtidae). *Applied Entomology and Zoology*, 35(3), 361–367.
- Tumliston, J. H., Lewis, W. J., Vet, L. E. M. (1993). How parasitic wasps find their hosts. *Scientific American*, 268(3), 100-106.
- Tunçbilek, A. Ş., Çımar, N., Canpolat, Ü. (2012). Effects of artificial diets and floral nectar on longevity and progeny production of *Trichogramma euproctidis* Girault (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Turkish Journal of Entomology*, 36(2), 183–191.
- Visser, B., Ellers, J. (2012). Effects of a lipid-rich diet on adult parasitoid income resources and survival. *Biological Control*, 60(2), 119–122.
- Visser, B., Le Lann, C., den Blanken, F. J., Harvey, J. A., van Alphen, J. J. M., Ellers, J. (2010). Loss of lipid synthesis as an evolutionary consequence of a parasitic lifestyle. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(19), 8677–8682.
- Völkl, W., Kroupa, A. (1997). Effects of adult mortality risks on parasitoid foraging tactics. *Animal Behaviour*, 54(2), 349–359.
- Wackers, F. L. (2000). Do oligosaccharides reduce the suitability of honeydew for predators and parasitoids? A further facet to the function of insect-synthesized honeydew sugars. *Oikos*, 90(1), 197–201.

- Wackers, F. L. (2004). Assessing the suitability of flowering herbs as parasitoid food sources: Flower attractiveness and nectar accessibility. *Biological Control*, 29(3), 307–314.
- Wackers, F. L., van Rijn, P. C. J., Heimpel, G. E. (2008). Honeydew as a food source for natural enemies: making the best of a bad meal? *Biological Control*, 45(2), 176–184.
- Walgren, R. A., Lin, J. T., Kinne, R. K., Walle, T., (2000). Cellular uptake of dietary flavonoid quercetin 4'-beta-glucoside by sodium-dependent glucose transporter SGLT1. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 294, 837–843.
- Walle, T. (2004). Absorption and metabolism of flavonoids. *Free Radical Biology and Medicine*, 36, 829-837.
- Walle, T. U., Walle, U. K., Halushka, P. V. (2001). Carbon dioxide is the major metabolite of quercetin in humans. *The Journal of Nutrition*, 131(10), 2648-2652.
- Wang, L., Wang, B., Li, H., Lu, H., Qiu, F., Xiong, L., Xu, Y., Wang, G., Liu, X., Wu, H., Jing, H. (2012). Quercetin, a flavonoid with anti-inflammatory activity, suppresses the development of abdominal aortic aneurysms in mice. *European Journal of Pharmacology*, 690(1-3), 133-141.
- Wang, W., Sun, C., Mao, L., Ma, P., Liu, F., Yang, J., Gao, Y. (2016). The biological activities, chemical stability, metabolism and delivery systems of quercetin: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 56, 21-38.
- Wang, X. G., Messing, R. H. (2003). Egg maturation in the parasitoid *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae): Do host-associated stimuli promote ovarian development? *Annals of the Entomological Society of America*, 96(4), 571–578.
- Weast, R. C. (1979). *Handbook of Chemistry and Physics* (60th ed.), Florida, Boca Raton, CRC.
- Wei, B. L., Lu, C.-M., Tsao, L. T., Wang, J. P., Lin, C.-N. (2001). *In vitro* anti-inflammatory effects of quercetin 3-O-methyl ether and other constituents from *Rhamnus* species. *Planta Medica*, 67(8), 745-747.
- Wiczowski, W., Piskuta, M. K. (2004). Food Flavonoids. *Polish Journal of Food and Nutrition Science*, 21, 539–573.
- Williams, C. A., Grayer, R. J. (2004). Anthocyanins and other flavonoids. *Natural Product Reports*, 21(4), 539-573.
- Williams, L., Deschodt, P., Pointurier, O., Wyckhuys, K. A. G. (2015). Sugar concentration and timing of feeding affect feeding characteristics and survival of a parasitic wasp. *Journal of Insect Physiology*, 79(1), 10–18.
- Windholz, M. (1983). *The Merck Index* (10th ed), New Jersey, Rahway: Merck and Company.
- Winkler, K., Wackers, F. L., Stingli, A., Van Lenteren, J. C. (2005). *Plutella xylostella* (diamondback moth) and its parasitoid *Diadegma semiclausum* show different gustatory and longevity responses to a range of nectar and honeydew sugars. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 115, 187–192.
- Woude, V. H., Gliszczynska-Swiglo, A., Struijs, K., Smeets, A., Alink, G. M., Rietjens, I. M. (2003). Biphasic modulation of cell proliferation by quercetin at concentrations physiologically relevant in humans. *Cancer Letters*, 200(1), 41-47.

- Wu, D., Kong, Y., Han, C., Chen, J., Hu, L., Jiang, H., Shen, X. (2008). D-Alanine: D-alanine ligase as a new target for the flavonoids quercetin and apigenin. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 32(5), 421-426.
- Wyckhuys, K. A. G., Strange-George, J. E., Kulhanek, C. A., Wackers, F. L., Heimpel, G. E. (2008). Sugar feeding by the aphid parasitoid *Binodoxys communis*: How does honeydew compare with other sugar sources? *Journal of Insect Physiology*, 54(2), 481-491.
- Yee, K. S., Vousden, K. H. (2005). Complicating the complexity of p53. *Carcinogenesis*, 26, 1317-1322.
- Yen, G. C., Duh, P. D., Tsai, H. L., Huang, S. L. (2003). Pro-oxidative properties of flavonoids in human lymphocytes. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 67, 1215-1222.
- Ying, H.-Z., Liu, Y.-H., Yu, B., Wang, Z.-Y., Zang, J.-N., Yu, C. H. (2013). Dietary quercetin ameliorates nonalcoholic steatohepatitis induced by a high-fat diet in gerbils. *Food and Chemical Toxicology*, 52, 53-60.
- Zamek, A. L., Reynolds, O. L., Mansfield, S. Micallef, J. L., Gurr, G. M. (2013). Carbohydrate diet and reproductive performance of a fruit fly parasitoid, *Diachasmimorpha tryoni*. *Journal of Insect Science*, 13, 74.
- Zang, L.-S., Liu, T.-X (2010). Effects of food deprivation on host feeding and parasitism of whitefly parasitoids. *Environmental Entomology*, 39(3), 912-918.
- Zandi, K., Teoh, B.-T., Sam, S.-S., Wong, P.-F., Mustafa, M. R., AbuBakar, S. (2011). Antiviral activity of four types of bioflavonoid against dengue virus type-2. *Virology Journal*, 8(1), 560.

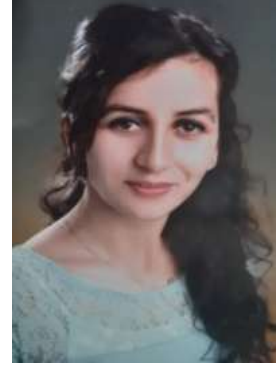


EKLER

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : AKBAŞ, Derya
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 09.09.1988, Ulubey
 Medeni hali : Bekâr
 Telefon : 0 (553) 334 93 63
 e-mail : deryakbas52@gmail.com



Yabancı Dil

İngilizce

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek Lisans	Amasya Üniversitesi/ Biyoloji	2016-2019
Ön Lisans	Anadolu Üniversitesi / Tıbbi Lab.Vet.Sağ.	2012-2015
Lisans	Amasya Üniversitesi/ Biyoloji	2010-2015
Lise	Ulubey Lisesi	2002-2006

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2015-2016	Atatürk Anadolu Lisesi/ Amasya	Öğretmen
2017-2018	Göynücek Çok Programlı A.L./ Amasya	Öğretmen
2018-2019	Fatih Mesleki ve Teknik A.L / Amasya	Öğretmen

Yayınlar

1.Bildiriler:

Akbaş, D., Sarıkaya, A. (2018, 15-19 October). *Effects of Feeding with Mad Honey on the Main Food Components of Adult Parasitoid Bracon hebetor Say, 1836 (Hymenoptera: Braconidae)*. 6th International Mugla Beekeeping and Pine Honey Congress, Mugla.

Akbaş, D., Sarıkaya, A. (2018, 10-14 Eylül). *Kuersetinin parazitoit Bracon hebetor Say, 1836 (Hymenoptera: Braconidae)'nin yumurta yüküne etkileri*. 24. Ulusal Biyoloji Kongresi, Manisa.

Akbaş, D., Sarıkaya, A. (2018, 19-23 June). *Effects of Quercetin on Longevity of parasitoid Bracon hebetor Say, 1836 (Hymenoptera: Braconidae)*. International Symposium Ecology, Kastamonu.

Akbal, E., Kocamaz, K., Karataş, T., Akbaş, D., Satılmış, D., Yalman, E., Kizir, Z., Töre, K., Bilici, E. O., Altınordu, M. (2013, 24-27 Haziran). *Toprak Tuzluluğu, Tür İçi ve Türler Arası Rekabetin Buğday (Triticum aestivum) ve Mısır (Zea mays) Tohumlarının Çimlenmesi ve Biyomasi Üzerine Etkileri*. 20. Ulusal Biyoloji Öğrenci Kongresi, Zonguldak.

2.Projeler:

Kuersetinin parazitoit *Bracon hebetor* Say, 1836 (Hymenoptera: Braconidae)'un yumurta yüküne etkileri, *Amasya Üniversitesi FMB-BAP 19-0420*, Yardımcı Araştırmacı, (2018-Devam ediyor).

Kuersetinin parazitoit *Bracon hebetor* Say, 1836 (Hymenoptera: Braconidae)'un ömür uzunluğuna etkileri, *Amasya Üniversitesi FMB-BAP 18-0331*, Yardımcı Araştırmacı, (2018-2019).

3.Meslek içi Kurs ve Çalıştaylar:

Uygulamalı İstatistik Çalıştayı; Amasya Üniversitesi, Merkezi Araştırma Uygulama laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi, 11 Mayıs 2018.

Protein Kromatografisi Yaz Okulu; Adnan Menderes Üniversitesi, Sürekli Eğitim Merkezi, 12-14 Haziran 2017.

4.Katıldığı Bilimsel Kongreler:

6. Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi, Muğla-2018

24. Ulusal Biyoloji Kongresi, Manisa-2018

Uluslararası Ekoloji 2018 Sempozyumu, Kastamonu-2018

21. Ulusal Biyoloji Öğrenci Kongresi, Trabzon-2014

20. Ulusal Biyoloji Öğrenci Kongresi, Zonguldak-2013