

T.C.
RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ephestia kuehniella ZELL. (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE)
LARVALARININ BAĞIŞIKLIK YETENEĞİNDE VE
GELİŞİMLERİNDE FARKLI KARBONHİDRATLAR İÇEREN
GIDALAR BAKIMINDAN DENGESİZ BESİNLERİN ETKİSİ

EBRU YAZICI

TEZ DANIŞMANI
DR. ÖĞR. ÜYESİ NURVER ALTUN
TEZ JÜRİLERİ
DOÇ. DR. ÖZLEM FAİZ
DR. ÖĞR. ÜYESİ ALİ MİROĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

RİZE-2018

Her Hakkı Saklıdır


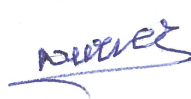
T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ephestia kuehniella ZELL. (LEPIDOPTERA: PYRALİDAE) LARVALARININ
BAĞIŞIKLIK YETENEĞİNDE VE GELİŞİMLERİNDE FARKLI
KARBONHİDRATLAR İÇEREN GIDALAR BAKIMINDAN DENGESİZ
BESİNLERİN ETKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Nurver ALTUN danışmanlığında, Ebru YAZICI tarafından hazırlanan bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulu kararıyla oluşturulan jüri tarafından 08/10/2018 tarihinde Biyoloji Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Unvanı Adı Soyadı
Başkan	: Doç. Dr. Özlem FAİZ
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Ali MİROĞLU
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Nurver ALTUN

İmzası


Doç. Dr. Ferhat KALAYCI
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ



ÖNSÖZ

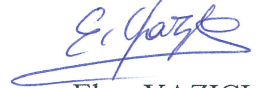
Ephestia kuehniella Zell. (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE) larvalarının bağışıklık yeteneğinde ve gelişimlerinde farklı karbonhidratlar içeren gıdalar bakımından dengesiz besinlerin etkisinin araştırıldığı bu çalışma, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı'nda "Yüksek Lisans Tezi" olarak hazırlanmıştır.

Çalışma konusunun belirlenmesinde ve çalışmanın hazırlanma sürecinin her aşamasında bilgilerini, tecrübelerini ve değerli zamanlarını esirgemeyerek bana her fırsatta yardımcı olan değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Nurver ALTUN'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca çalışmalarımda bana yardımcı olan değerli hocalarım Doç. Dr. Özlem FAİZ ve Dr. Öğr. Üyesi Şule GÜZEL'e teşekkür ederim. Çalışmalarımın her aşamasında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli arkadaşlarım Leyla KILCI'ya, Rukiye SİVRİKAYA'ya ve Cantekin DURSUN'a içtenlikle teşekkür ederim. Son olarak beni bugünlere getiren, desteğini esirgemeyen kıymetli aileme çok teşekkür ederim.

Ebru YAZICI

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan “*Ephestia kuehniella* Zell. (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE) Larvalarının Bağımsızlık Yeteneğinde ve Gelişimlerinde Farklı Karbonhidratlar İçeren Gıdalar Bakımından Dengesiz Besinlerin Etkisi” başlıklı bu tezin, Yükseköğretim Kurulu Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesindeki hususlara uygun olarak hazırladığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal işlemi kabul ettiğimi beyan ederim. 08/10/2018


Ebru YAZICI

Uyarı: Bu tezde kullanılan özgün ve/veya başka kaynaklardan sunulan içeriği kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

***Ephestia kuehniella* ZELL. (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE) LARVALARININ BAĞIŞIKLIK YETENEĞİNDE VE GELİŞİMLERİNDE FARKLI KARBONHİDRATLAR İÇEREN GIDALAR BAKIMINDAN DENGESİZ BESİNLERİN ETKİSİ**

Ebru YAZICI

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Nurver ALTUN

Bu çalışmada karbonhidrat ve protein içeriği bakımından dengersiz ve farklı karbonhidrat içeren yapay diyetlerle beslenen *Ephestia kuehniella* larvalarının bağışıklık sistemi ve gelişiminde meydana gelen besin etkenli değişiklikler araştırılmıştır. Gıdaca dengersiz ve farklı karbonhidrat içeren A (P:K), F (P:K arabinoz) 10 adet besin hazırlanmıştır. A (1K:1P), B (3K:1P), C (5K:1P), D (1K:3P), E (1K:5P), F (1K:1P ara), G (3K:1P ara), H (5K:1P ara), I (1K:3P ara), K (1K:5P ara) besinleri ile beslenme deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre en fazla besin tüketimi D besini ile beslenen larvalarda, en az tüketim ise G besini ile beslenen larvalarda görülmüştür. En yüksek kuru pupa ağırlığı I besini ile beslenen larvalarda; en az kuru pupa ağırlığı ise B ve E besini ile beslenen larvalarda görülmüştür. En yüksek pupa lipit miktarı I besini ile beslenen larvalarda en düşük pupa lipit miktarı ise E besini ile beslenen larvalarda görülmüştür. En yüksek pupa protein miktarı D ve C besinleri ile beslenen larvalarda en düşük pupa protein miktarı ise 1K:5P besini ile beslenen larvalarda görülmüştür. En fazla miktarda arabinoz ihtiva eden H besininde beslenen larvalar pupa safhasına ulaşamamışlardır. En yüksek PO aktivitesi G besini ile beslenen larvalarda en düşük PO aktivitesi ise D besini ile beslenen larvalarda görülmüştür. Hem arabinoz hem de sükröz ihtiva eden besinlerde pupa kuru ağırlığı, pupa lipit ve pupa protein miktarı ile PO aktivitesi arasında negatif bir ilişki tespit edilmiştir.

2018, 53 sayfa

Anahtar Kelimeler: *Ephestia kuehniella*, Gıdaca Dengersiz Besin, Fenol oksidaz, Beslenme, Bağışıklık

ABSTRACT

THE EFFECT OF IMBALANCE DIET CONTAINING DIFFERENT CARBOHYDRATES ON THE IMMUNOCOMPETENCE AND THE DEVELOPMENT OF *Ephestia kuehniella* ZELL. (LEPIDOPTERA/PYRALIDAE) LARVAE

Ebru YAZICI

Recep Tayyip Erdoğan University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biology
Master Thesis
Supervisor: Asist. Prof. Dr. Nurver ALTUN

In this study, the food-induced changes in the immune system and development the larvae of *Ephestia kuehniella* that rear on artificial foods which contains different carbonhydrates and unbalanced in terms of the content of carbonhydrate and protein were investigated. 10 unbalanced food contains different carbonhydrate (P:C), (P:C arabinose) were prepared. The feeding experiments were done with 3K:1P, 5K:1P, 1K:3P, 1K:5P, 1K:1P ara, 3K:1P ara, 5K:1P ara, 1K:3P ara, 1K:5P ara foods.

According to the obtained results, the maximum food consumption was obtained by the larvae feeding on 1C:3P foods while the minimum food consumption was obtained by the larvae feeding on 3C:1P (Ara) food. The maximum dry pupal weight was obtained by larvae feeding on 1C:3P (Ara) food while the minimum dry pupal weight was obtained by larvae feeding on 3C:1P and 1C:5P foods. The amount of maximum pupal lipid was observed in the larvae feeding on 1C:3P (Ara) and the amount of minimum pupal lipid was observed in the larvae feeding on 1K:5P food. The amount of pupa protein was the highest in the larvae feeding on 1C:3P and 5C:1P foods while the amount of pupal protein was in the minimal level in the larvae feeding on 1C:5P food. The larvae that fed on the H food that contains the most amount of arabinose couldnt reach the pup phase. The maximum PO activity was determined in the larvae feeding on 3K:1P (Ara) food while the minimum PO activity was in the larvae feeding on 1C:3P food. A negative correlation was determined among pup weight, pup lipid and pup protein with PO activity in the foods that contains both arabinose and sucrose.

2018, 53 pages

Keywords: *Ephestia kuehniella*, Unbalanced Diet, Phenol Oxidase, Feeding, Immunity

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	I
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	II
ÖZET	III
ABSTRACT.....	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
TABLolar DİZİNİ.....	VIII
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ	IX
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. <i>Ephestia kuehniella</i> 'nın Karakteristik Özellikleri ve Sistematikteki Yeri	2
1.3. Gıdaların Beslenmedeki Rolü.....	3
1.3.1. Proteinler	5
1.3.2. Karbonhidratlar.....	6
1.4. Gıda Bakımından Dengeli ve Dengesiz Besinler	9
1.5. Böceklerde İmmun Sistem.....	10
1.6. Literatür Özeti.....	11
1.7. Çalışmanın Amacı	17
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	18
2.1. Materyal.....	18
2.2. Metod.....	18
2.2.1. Larvaların Toplanması ve Labaratuvarında Yetiştirilmesi	18
2.2.2. Yapay Diyet İçerikleri ve Beslenme Denemeleri	18
2.2.3. Beslenme Deneyleri.....	20
2.2.4. Kloroform Lipit Analizi.....	21
2.2.5. Ham Protein Analizi	21
2.2.6. İmmunite Deneyleri	22
2.2.6.1. Lowry Protein Tayini.....	22
2.2.6.2. Fenol Oksidaz Etkinliği Ölçümü	24
2.2.7. İstatistiksel Analizler	24
3. BULGULAR	25

3.1.	Fenol Oksidaz Aktivitesi	34
4.	TARTIŞMA ve SONUÇ	40
4.1.	Besin Tüketimi ve Gelişme Performansı	40
4.2.	İmmunite ve Gıda İlişkisi	42
	KAYNAKLAR	45
	ÖZGEÇMİŞ	53



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. <i>E. kuehniella</i> genel görünüşü .	3
Şekil 2. <i>E.kuehniella</i> larvası.	3
Şekil 3. Heksozların genel formülü	7
Şekil 4. Pentozlardan arabinozun genel formülü	7
Şekil 5. Disakkaritlerin genel formülü.	8
Şekil 6. Larvaların farklı besinlerdeki tüketim miktarları (mg)	27
Şekil 7. Farklı diyetlerdeki larvaların kuru pupa ağırlıkları (mg)	28
Şekil 8. Farklı diyetlerdeki larvaların kuru pupa ağırlıkları (mg)	31
Şekil 9. Farklı besinlerle beslenen larvaların pupa lipit miktarı	33
Şekil 10. Farklı karbonhidrat ve proteince dengesiz besinlerle beslenen larvalardaki PO	35
Şekil 11. Karbonhidrat çeşidi olarak sükroz ile beslenen larvaların PO aktivitesi	37
Şekil 12. Karbonhidrat çeşidi olarak arabinoz ile beslenen larvaların PO aktivitesi	38

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Yamamoto yapay besinin içindeki madde miktarları (1 kg için).....	19
Tablo 2. Yapay besinlerin isimlendirilmesi	20
Tablo 3. Kullanılacak reaktifler ve miktarları.....	23
Tablo 4. Standart bir kalibrasyon eğrisi	23
Tablo 5. <i>E. kuehniella</i> larvalarının ortalama tüketim miktarı (mg), kuru pupa ağırlığı (mg), pupa lipit miktarı (mg) ve pupa protein miktarı (mg).....	25
Tablo 6. Farklı diyetlerde beslenen larvaların tüketim miktarı (mg) TUKEY testi sonuçları.....	26
Tablo 7. C, G ve I besinleriyle beslenen larvaların kuru pupa ağırlığı (mg) SPSS TUKEY testi sonuçları.....	29
Tablo 8. Gıda bakımından dengesiz ve farklı karbonhidrat içeren besinlerle beslenen larvaların pupa lipit miktarının SPSS ANOVA testi	32
Tablo 9. Gıda bakımından dengesiz ve farklı karbonhidrat içeren besinlerle beslenen larvaların pupa lipit miktarının SPSS TUKEY testi	32
Tablo 10. Gıda bakımından dengesiz ve farklı karbonhidrat içeren besinlerle beslenen larvaların pupa protein miktarının (mg) SPSS ANOVA testi.....	33
Tablo 11. Gıda bakımından dengesiz ve farklı karbonhidrat içeren besinlerle beslenen larvaların pupa protein miktarının (mg) SPSS TUKEY testi	34
Tablo 12. Gıda bakımından dengesiz ve farklı karbonhidrat içeren besinlerle beslenen larvaların PO miktarının (mg) SPSS TUKEY testi	36

SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

C°	Santigrad Derece
A	Alfa
B	Beta
G	Gram
Kg	Kilogram
K	Karbonhidrat
K.O	Karbonhidrat Oranı
K.P.O	Karbonhidrat Protein Oranı
µL	Mikrolitre
mg	Miligram
ml	Mililitre
P	Protein
P.K.A	Pupa Kuru Ağırlığı
P.L.M	Pupa Lipit Miktarı
P.P.M	Pupa Protein Miktarı
P.O	Protein Oranı
PO	Fenol Oksidaz
T.M	Tüketim Miktarı
vd.	Ve Diğerleri

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Herbivor böceklerin gelişme oranı, son ağırlıkları, fekantidesi, bağışıklığı gibi faktörler bitki kalitesinden etkilenir (Barbehen vd., 2015; Mason vd., 2014; Klemola vd., 2007). Bitki kalitesi ise protein ve karbonhidrat miktarı, su, lif, sekonder maddeler ve protein-karbonhidrat oranı gibi birçok faktör tarafından belirlenmektedir. Bu faktörler çevresel koşullar, bitki türlerine, çevresel koşullara, yaprak yaşına göre çok çeşitlilik göstermektedir (Barbehenn vd., 2015).

Böcekler diğer canlılarda olduğu gibi birbirleriyle ve çevreleri ile her zaman madde ve enerji bakımından karşılıklı ilişki içerisindeyler (Birgücü vd., 2014). Madde döngüsünde; tozlaşma ve tohumların yayılışında görev yaparlar. Ayrıca bir ekosistemin kilit taşı olan bir tür olarak da önemleri vardır (Gullan ve Cranston, 2012). Böceklerin yararlarının yanı sıra zararları da olabilir. Bu zararlardan birincisi böceklerin tarım arazilerinde bitkileri yok ederek ürün kaybına sebep olmalarıdır. İkincisi ise insanlara konarak çeşitli hastalıkların taşıyıcılığını yapmaktır. Böylece hem sağlığa zarar vermekte hem de maddi kayba neden olmaktadır. Özellikle ambar zararlısı böcekler ürünlerde önemli derecede ekonomik zarara neden olmaktadır. Ürünlerde % 5-10 arasında ağırlık kaybına, ürettikleri salgılarıyla veya ipliksi ağlarla ürün kirliliğine sebep olarak ürün kalitesinin düşmesine sebep olmaktadır. Ürün içinde böcek faaliyetlerinden dolayı küflenmeler ve koku oluşumu gözlenir ve bu tip ürünler tüketildiğinde insanlarda rahatsızlıklara neden olurlar. Böcek takımları arasında en çok Coleoptera ve Lepidoptera takımlarına ait böcek türleri depo zararlısı olarak bilinmektedirler. Bu canlılar depo ürünlerde büyüme gelişme ve üreme yeteneğine sahiptirler. Bu nedenle potansiyel olarak zararlı türler olarak kabul edilirler (Levinson ve Levinson, 1994). Bu tip depo zararlısı olan türlerden biri de *Ephestia kuehniella*'dır

1.2. *Ephestia kuehniella*'nın Karakteristik Özellikleri ve Sistematikteki Yeri

Kingdom	: Animalia
Phylum	: Arthropoda
Class	: Insecta
Order	: Lepidoptera
Family	: Pyralidae
Subfamily	: Phycitinae
Tribe	: Phycitini
Genus	: <i>Ephestia</i>
Species	: <i>Ephestia kuehniella</i>

Erginler gri renkte olup 10-14 mm. kadar boydadır. Kanat açıklığı 16-25 mm kadardır. Erginleri gri renkte olup kanat üzerinde siyah şeritler bulunur. Alt kanatları daha açık renkte ve kenarları saçaklıdır (Şekil 1). Larvaların baş ve prothorax kahverengi olup, genel olarak vücudu sarımsı renkte ve vücut üzeri kıllarla kaplıdır. (Şekil 2). Son dönemde boyu 12-19 mm. ye ulaşır. Çiftleştikten sonra dişi kelebek yumurtalarını un ve undan yapılmış gıda maddelerinin üzerine bırakır. Bir dişi ortalama 40 yumurta bırakabilir. Birkaç gün içinde bu yumurtalardan çıkan larvalar 2 ay kadar burada beslenip geliştikten sonra civardaki duvar yarık ve çatlaklarında ördüğü bir kokon içinde pupa olurlar. Yılda 3, 4 döl verir (Çobanoğlu, 2002; Kılıcı, 2016).

Larvalar esas zararını un da yapmakla birlikte bazen hahubat kepek, ekme, kuru meyve, bisküvi, palamut, kakao gibi maddelerde de zararları görülür. Zararı yemek, ipliksi maddelerle onları birbirine bağlayarak küçük kitleler meydana getirmek, bıraktıkları gömlek ve dışkı gibi kalıntılarla kirletmek şeklinde olmaktadır (URL-1).



Şekil 1. *E. kuehniella* genel görünüşü (URL-2).



Şekil 2. *E. kuehniella* larvası (URL-3).

1.3. Gıdaların Beslenmedeki Rolü

Beslenme ve gıdaların elde edilmesi; canlıların büyüme, gelişme, yumurtlama, yumurtadan çıkma ve üremeleri için oldukça önemlidir. Böcekler tüm bu ihtiyaçlarını karşılamak için temel besin maddelerini kullanırlar. Böcek türlerinin çoğu ergin evrede gereksinim duydukları besin bileşenlerini larva evresinde depo etmektedir (House, 1977; Dadd, 1985). Bu evre sırasında depoladıkları gıdaları yumurta üretiminde kullanmaktadırlar (Cangussu ve Zucoloto, 1992). Gelişmeleri için gerekli temel besin

maddeleri; protein, karbonhidrat ve lipittir (Tomic-Carruthers, 2007). Bunun dışında aminoasitler, kolesterol, B vitamini, P (Fosfat), K (Potasyum), Ca (Kalsiyum), Na (Sodyum) gibi inorganik maddelere de ihtiyaç duyarlar (Chapman, 2003; Sterner ve Elser, 2002).

Her böcek türünün ekolojik ve fizyolojik şartlar bakımından kendine özgü bir tercihi vardır. Bunlara optimum şartlar denir. Bu şartlarda canlı iyi bir gelişme gösterir (Pehlivan, 1978). Tüm canlıların yaşamlarını devam ettirebilmeleri için suya ihtiyaçları vardır. Su canlılar için hayati öneme sahiptir. Suyun canlılar üzerinde besinlerin sindirilmesi, katı atıkların vücuttan uzaklaştırılması, vücut ısısını dengede tutma, kan hacmini dengeleme gibi görevleri vardır. Besindeki su miktarı arttıkça larvanın o besini kullanılabilirliğinin arttığı ileri sürülmektedir (Gelperin, 1966). Canlılar için azot miktarının yanı sıra azotun kullanılabilirliği de oldukça önemlidir. Azotun kullanılabilirliğini de su miktarı ve sekonder maddeler etkiler (Mattson, 1980).

Bitkilerde primer ve sekonder maddeler olmak üzere iki tip madde üretilir. Bunlardan sekonder maddeler, bitkilerin herbivorlara karşı savunma amaçlı ürettikleri maddelerdir (Harborne, 1994). Böceklerin beslenme davranışında yumurta bırakacağı uygun konak bitkiyi öğrenme işareti olarak görev yapabildiği gibi beslenme caydırıcısı ya da beslenme cezbedicisi olarak da kullanılabilir (Bernays, 1998).

Bitkilerdeki sekonder maddelere tanenler, alkaloidler, glikozitler örnek olarak verilebilir. Yapısında azot bulunan sekonder maddeler antiherbivor olarak bilinen alkaloidler ve siyanojenik glikozitlerdir. Alkaloidlerin beslenmeyi engelleyici etkileri, uyarıcı yoluna etki ederek olmaktadır. Sekonder maddelerin en yaygın olarak bulunan gruplarından tanenler ise polifenol yapısında olup yüksek yapılı bitkilerin pek çoğunda bulunan ve suda çözünebilen bileşiklerdir. Besin proteinleri, sindirim enzimleri, polisakkaritler (nişasta, selüloz, hemiselüloz gibi) (Price vd., 1980), yağlar, nükleik asitler ve aminoasitler gibi doğal bileşiklerle kompleks oluştururlar.

Primer maddeler ise canlıların yapı taşlarını oluşturan organik moleküllerdir. Karbonhidratlar, lipitler, proteinler ve vitaminler dört ana primer maddelerdir. Birçok böcek türünde eşeyssel olgunluğa ulaşma ve yumurta üretimi için lipitlere gereksinim

duyulduğu bilinmektedir (Vanderzant ve Richardson, 1964; Candy ve Kilby, 1975). Canlılar ihtiyaç duyduğu bu lipitleri; besin yoluyla alabildikleri gibi vücutta depo edilmiş protein ve karbonhidrat kaynaklarından da sentezleyebilirler (Werren, 1987). Yüksek yapılı hayvanlarda olduğu gibi böcekler de doymuş ve doymamış yağ asitlerini benzer sentez yoluyla sentezleyebilirler (Thompson, 1979). Özellikle linoleik ve linolenik asit gibi temel aşırı doymamış yağ asitlerine ihtiyaç duyduğu (Dadd, 1983), böcek embriyogenesi sırasında lipitlerin başlıca enerji kaynağı olarak kullanıldığı tespit edilmiştir (Gilbert, 1967). Lipitlerin böcek biyokimyasında, enerji kaynağı ve hormonların yapısal bileşikleri olarak rol oynadıkları bilinmektedir. Tüm canlılarda yağ asitleri enerji depolama, mobilizasyon, transport ve biyomembranların yapısal bileşenleri olma gibi görevlerine ek olarak böceklere özel olan bazı görevleri de vardır. Böcek integümentindeki mumların, feromonların ve eikosanoidlerin biosentezinde yağ asitleri öncü rol oynamaktadır (Wakayama vd., 1980).

1.3.1. Proteinler

Yüksek organizasyonlu hayvanlarda olduğu gibi böceklerin de gelişimleri için proteine ihtiyaçları vardır (Lee, 2015). Proteinler, birçok hücrede kuru ağırlığın % 50'den fazlasını oluşturur ve organizmaların yaptığı hemen her işte görev alırlar. Bilinen en karmaşık yapılı moleküllerdir. Organizmada gerçekleştirdiği görevlere göre yapıları da oldukça farklıdır. 20 çeşit aminoasitten oluşan polimerlerdir. Bu polimerler polipeptid olarak adlandırılır. Polipeptidler sentezlendiği zaman işlevsel konformasyon kazanabilmesi için, zincir kendiliğinden katlanır. Bu katlanma, zincirin farklı kısımları arasında çeşitli bağlar kurulmasıyla sürdürülür ve desteklenir. Bir proteinin kompleks mimarisinde birincil, ikincil, üçüncül ve dördüncül olmak üzere dört yapısal düzey bulunur (Wasserman vd., 2013).

Yapısal destek, depolama, diğer bileşiklerin taşınması, organizmanın bir bölgesinden diğer bölgesine sinyal iletimi, hareket ve yabancı maddelere karşı savunma gibi birçok görev proteinler tarafından gerçekleştirilir. Bunun yanı sıra proteinler enzimlerin üretilmesi, savunma mekanizması ve büyümeleri için önemli bir azot ve metabolik enerji kaynağıdır. Metabolik enerjinin ana kaynağı olmanın yanı sıra, yapısal fonksiyonlar için de kullanılırlar. Proteinler; zar yapısı, genetik kodlama gibi metabolik

faaliyetlerde görev yaptığı için canlıların gelişiminde rol oynayan önemli bir elementtir (Mattson, 1980).

Herbivor populasyon yoğunluğunu etkileyen önemli faktörlerden biri azottur. Bu nedenle bitkilerin azot içeriği arttıkça herbivorların populasyon dinamiğinin de arttığı görülmektedir. Besinlerdeki yüksek azot içeriği afitlerde büyümenin artmasını ve gelişmenin hızlanmasını teşvik eder (Scriber, 1984). Aynı zamanda proteinin kalitesi herbivorların hayatta kalması, büyümesi ve çoğalması için önemli bir faktördür (Southwood, 1978).

Besinlerdeki protein miktarının değişmesi herbivorların tüketim miktarını etkilemektedir. Zanotto vd. (1994)'a göre; besinlerin içeriğindeki protein oranının artması canlıların besin tüketim oranını azaltmaktadır. Besin içeriğindeki düşük protein oranı ise besin tüketimini arttırmaktadır. Bunun nedeni besin içeriğinde protein oranı canlı için yeterli olmadığında canlıların ihtiyacı olan aminoasitleri elde edebilmek için daha fazla besin tüketmesidir.

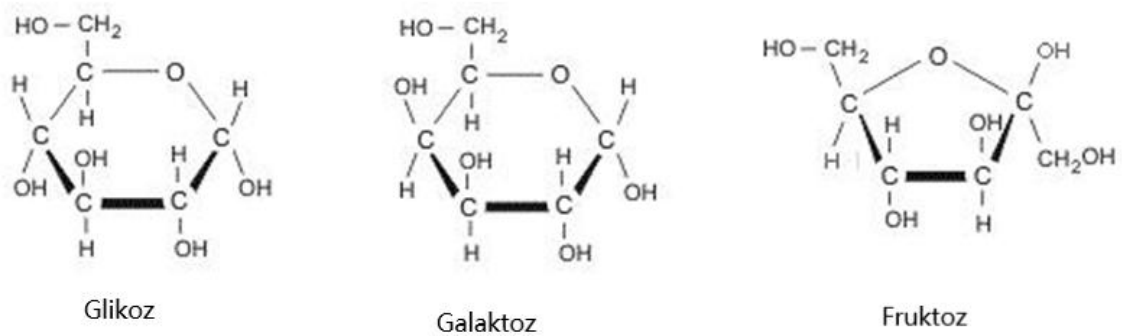
1.3.2. Karbonhidratlar

Çoğu canlıda olduğu gibi böceklerde de ilk başvurulanan enerji ve karbon kaynağı karbonhidratlardır. Karbonhidratların en önemli etkileri; enerji sağlama ve iştah açıcı rol oynamasıdır. Beslenme uyarıcısı olarak görev yaparlar. Stres durumunda böceklerde enerji ihtiyacının arttığı ve bununla karbonhidrat alım miktarını önemli ölçüde değiştirdiği yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (Dursun, 2009).

Karbonhidratlar, fotosentez sonucunda meydana gelen ilk bileşiklerdir. DNA, RNA ve ATP'nin yapısına da katılır. Bütün canlı dokularda bulunur ve en çok uçma kasları ve yağ doku gibi metabolik ve fizyolojik aktiviteleri yüksek dokularda depolanırlar. Metabolik enerji kaynağı olarak kullanıldıkları gibi vücut yağlarının ve bazı temel olmayan aminoasitlerin üretilmesi için de kullanılır (O'Brien vd., 2002). Tüm hayvanlarda olduğu gibi böceklerde de glikozun bir kısmı glikojene dönüştürülerek vücutta depo edilmektedir. Yalnız böceklerde ihtiyaç durumunda

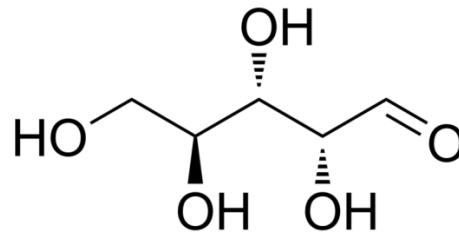
glikojenden glikoza dönüştürülmek yerine disakkarit olan trehaloza dönüştürülerek vücut sıvılarında gerekli faaliyetler için kullanılmaktadır (Aksoy vd., 2015).

Karbonhidratlar; monosakkaritler, disakkaritler ve polisakkaritler olarak üç gruba ayrılır. Monosakkaritler en basit yapıya sahip karbonhidratlardır. Su ile hidrolize uğramazlar. Zincir veya halkalı yapıya sahip olup, genel formülleri $C_n(H_2O)_n$ 'dir. Genellikle 3-6 arasında karbon (C) atomu taşırlar. Üç karbonlu olanlar trioz, dört karbonlular tetroz, beş karbonlular pentoz ve altı karbonlular heksoz adını alırlar (Wasserman vd., 2013) (Şekil 3).



Şekil 3. Heksozların genel formülü (URL-4).

Heksozlar, besin kaynağı olarak en önemli monosakkaritlerdir. Hepsinin kapalı formülleri $C_6H_{12}O_6$ şeklinde olup birbirlerinin izomeridirler. Monosakkaritlerin besleyici değeri, fagostimulant (beslenmeyi uyarıcı özelliklerine) ve enerji üretimi için metabolize edilmelerine bağlıdır. Karbonhidratların besleyici değeri tat veya lezzet gibi fiziksel özellikleriyle de ilişkilidir. Özellikle pentozlar (Şekil 4) grubuna giren bazıları da toksik etki yapmaktadır (Mehmetoğlu ve Başhan, 1996).

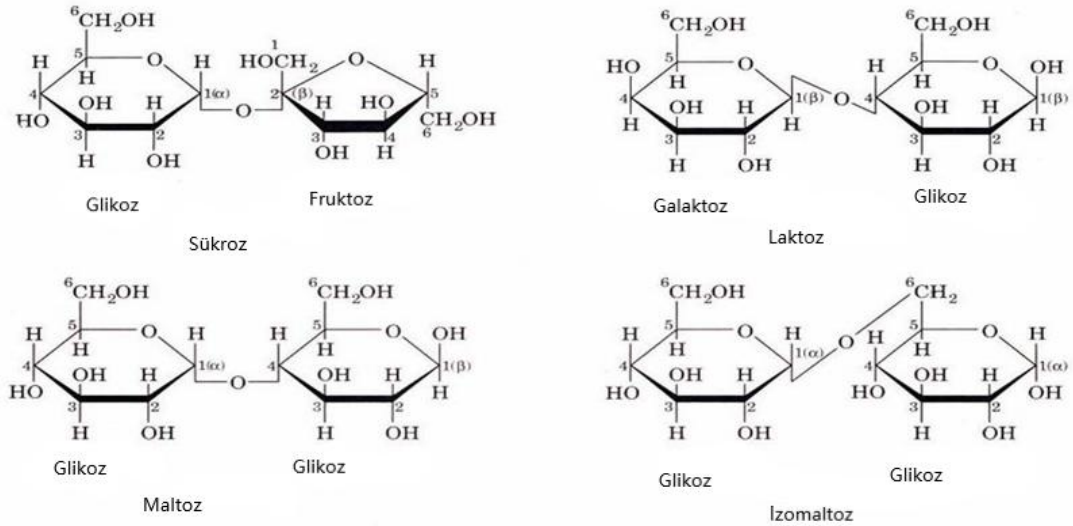


Şekil 4. Pentozlardan arabinozun genel formülü (Kılıcı, 2016).

Besinlerle alınan arabinoz, riboz ve ksiloz gibi pentozların *Diatraea grandiosella* ve *Tenebrio molitor* larvalarının gelişimini inhibe ettiği belirlenmiştir. Bu

larvalar, pek çok böcek türleri gibi beş karbonlu şekerleri kullanamazlar. Benzer şekilde besinlerindeki heksozlar ve galaktoz *Anthonomus grandis* larvaları ve erginleri tarafından kullanılamaz (Rockstein, 1978). İlginç olan heksozlar ve galaktoz bu tür için beslenme uyarıcısıdır ve absorbe edilebilir. *A. grandis* sadece az miktarlarda galaktozu trehaloz ve glikojene dönüştürür. Çünkü, galaktoz galaktitole dönüştürülür. Bu alkol metabolize edilemez ve hemolenfte birikir. Ek olarak; heksoz ve sorboz doğada çeşitli üzüm meyvelerinde sorbitol şekerinin fermantasyon ürünü olarak bulunur fakat glikoz ve trehaloza çok fazla dönüştürülemez (Rockstein, 1978).

Disakkaritler çift şekerlerdir. Bir disakkarit; iki monosakkaritin glikozit bağı ile bağlanması sonucu oluşur. Bu tepkimelere dehidrasyon tepkimeleri denir ve bağ sayısı kadar su açığa çıkar. İnsan ve hayvanların besinlerindeki disakkaritleri, sindirim sisteminde monosakkaritlerine ayrılarak kullanılır. Maltoz (arpa şekeri) malt şekeri olarakta bilinir bira yapımında iş gören bileşenlerden birisidir. Çay şekeri olan sükroz en bol bulunan disakkarittir. Laktoz ise sütte bulunan disakkarittir (Wasserman vd., 2013).



Şekil 5. Disakkaritlerin genel formülü (URL-5).

Polisakkaritler, en az üç en fazla altı monosakkaritin birleşerek dehidrasyonu ile meydana gelirler. Karbonhidrat olmayan çeşitli maddelerin yapısına katılabilirler ve bazı bitkilerde de serbest olarak bulunabilirler. Üç monosakkaritten oluşana trisakkarit, dört monosakkaritten oluşana tetrasakkarit denir. Polisakkaritler, suda

çözünmeyen büyük moleküllerdir. Dekstrin, inülin, nişasta, selüloz, kitin ve glikojen başlıca polisakkaritlerdir. Nişasta, bitkilerde depo edilir. Selüloz, bitki hücre çeperinde bulunur. Glikojen, hayvanlarda bulunur, kas hücrelerinde ve karaciğerde depo edilir. Kitin ise böceklerin iskeletinde ve kabuğunda bulunur. Belirtilmemiş olarak nişasta da bir glikoz polimeridir, depo polisakkaritidir. Ayrıca patojenik bakteriler de polisakkarit sentezleyebilirler (Altınışık, 2006).

Böceklerin çoğu gelişmek ve yaşamını sürdürmek için birçok karbonhidratı kullansa da böcek vücudunda daha fazla bulunan depo, enerji maddesi olarak kullanılan iki önemli karbonhidrat glikojen ve trehalozdur (Ryan, 2002).

Karbonhidratlar canlı vücudunda üreme ve metabolik faaliyetlerin gerçekleşmesinde önemli rol oynarlar. Çoğu tür için glikoz, früktoz, sakkaroz gıda bakımından yeterli şekerlerdir. Fakat türler arasındaki karbonhidrat kullanımında belirli farklılıklar görülür. Bazı karbonhidratlar canlı vücudunda tamamen hidroliz olmazlar ya da sindirim sisteminde yeterince emilmezler bu durumda canlıda beslenme caydırıcısı olarak görev alırlar. Bazı karbonhidratlar sindirim sisteminde emilebilirler fakat metabolize edilemezler. Böyle karbonhidratlar Yüksek konsantrasyonlarda glikoliz, glikogenez gibi enzimatik reaksiyonları inhibe edebilirler.

1.4. Gıda Bakımından Dengeli ve Dengesiz Besinler

Herbivor böcekler gelişimleri için ihtiyaç duydukları protein, karbonhidrat, steroller, fosfolipitler, yağ asitleri, vitaminler, mineraller, iz elementler gibi gıdaları besinlerinden belirli bir denge ve karışımda almak için beslenirler. Bitkiler herbivor böceklerin ihtiyaç duyduğu tüm gıdaları ihtiva ederler. Fakat bu gıdaların miktarı ve oranı bitki kısımlarında farklılık göstermektedir (Behmer, 2009). Dengeli bir makrogrıda (protein, karbonhidrat ve lipit) alımı hayvanların fekondite, ömür uzunluğu, bağışıklık sistemi fonksiyonları, obezite, predasyon riski, vücut büyüklüğü ve gelişme oranını içeren evrimsel fitnessın bir çok yönüyle bağlantılıdır (Coogan vd., 2014). Bu nedenle de herbivor böcekler, gıda alımlarını besin tüketimlerini değiştirerek ya da tüketilen besinleri karıştırarak optimal gıda ihtiyaçlarının alımını dengeleyebilirler (Lee, 2007; Coogan vd., 2014).

Böceklerin besinsel gereksinimlerinin birkaç küçük varyasyon hariç büyük hayvanlarla benzerlik gösterdiği belirlenmiştir (Firdin vd., 2013). Herbivor böceklerin, Orthoptera, Coleoptera ve Lepidoptera takımlarında olduğu gibi genellikle eşit miktarda protein ve karbonhidrata ihtiyaç duyduğu; buna karşın floem ve tahıl böceklerinin ise yüksek miktarda karbonhidrata ihtiyaç duyduğu bilinmektedir (Usta, 2016).

1.5. Böceklerde İmmun Sistem

Dünyadaki hayvan türlerinin yaklaşık %75'ini böcek türleri oluşturmakta olup biyoçeşitlilik açısından oldukça öneme sahiptir. Böceklerin dünya üzerindeki yayılışı ve çevresel uyumu incelendiğinde “bağışıklık” çalışmaları oldukça dikkat çekmiştir. Omurgalı türler yabancı hücre ve patojenleri tanımak ve yok etmek için hem doğal hem de adaptif bağışıklık (edinsel bağışıklık) mekanizmalarına sahipken, omurgasızlar enfeksiyonlarla savaşmak için sadece doğal bağışıklığa (innate immunity) sahiptir (Cooper ve Alder, 2006). Karşılaştırmalı hücresel, moleküler ve biyokimyasal araştırmalar doğal bağışıklığın savunma mekanizmalarının yaygın hücre-sinyal yollarını, transkripsiyonel elementleri ve sitotoksik efektör tepkilerini kapsadığını göstermiştir (Nappi ve Christensen, 2005).

Omurgasızlarda patojenlere karşı doğal bağışıklık sistemi oldukça çeşitli ve özgün tepkiler içeren humoral aktivitelere sahiptir. Böceklerde, bu önemli immün parametrelerden ikisi fenoloksidaz yolu ve litik aktivitedir. Birçok böcek grubunda bakterilere karşı savunma lizozim enzimleri tarafından gerçekleştirilir. Lizozimler bakteri hücre duvarındaki peptidoglikanları çözerek böceklerde savunmayı sağlar. Fenoloksidaz omurgasızların immün sisteminde önemli bir enzim olup, hemolenfte yabancı bir cisim saptandığında salgılanır. Dolayısıyla fenoloksidaz aktivitesi (PO) organizmaların yabancı istilacılara karşı savunmada rol alan immün sistemin önemli parametrelerinden biridir (Usta, 2016).

Parazitlere karşı geliştirilen diğer savunma yöntemleri ise; fagositoz, melanizasyon, ekstra selüler matriks sentezi, molekülleri tanıma, antimikrobiyal peptitler, vb. şeklinde gerçekleştirilmektedir. Bu geniş immün cevap sistemleri içerisinde arthropotlar tarafından kullanılan önemli bir cevap melanogenezdir.

Enzimatik ve enzimatik olmayan reaksiyonlar melanogenezde önemli bir rol oynamaktadır. Bu olay çok hücrelilerde enkapsülasyondan; dokuların onarımından; bakteri, mantar ve viral ajanlar gibi diğer patojenlere karşı savunmadan sorumludur. Melanogenez olayında yer alan enzimlerden en önemlisi fenoloksidazdır. Dolayısıyla fenoloksidaz enzimi melanogenezin başlatılması için de tetikleyicidir (Cerenius ve Söderhall, 2004).

Ayrıca fenoloksidazın birkaç patojene karşı konağın korunmasında önemli bir araç olduğu ifade edilmiştir. Omurgasızlarda fenoloksidaz (PO) aktivasyonu ve inhibisyonu kompleks bir sistemdir. Aktivasyon ve inhibisyon farklı hücre tiplerini (hemosit, plazmosit, kristal hücre) PO zimogenez (PO inaktif formu proPO), proPO inhibitör enzimleri (sepin), işaretçi moleküller peptidoglikan ve viral protein parçaları ve PO'ın kendisini içermektedir (Santoyo ve Aguilar, 2011).

Omurgasızlarda besin içeriğindeki gıda kalitesi immün sistem üzerinde oldukça önemlidir. İmmün sistemde PO üretimi canlıda oldukça maliyetlidir. Birincisi proPO aktive edici sistemde bulunan tirosinin enziminin üretilmesi fenilalanin gereklidir. Bu bileşik omurgasızlarda besinlerin tüketilmesiyle elde edilir (Wasserman, 1998). İkincisi, proPO-aktif edici bir sistemin bir sonucu olan melaninin sentezi için protein ve azot içeren bileşiklere ihtiyaç duyulmaktadır (Lee vd., 2008). Bu nedenle, proPO-aktif eden sistemin üretimi ve maliyeti diyetle bağımlıdır. Bu sonuçlara göre protein içeriği aminoasit üretimini doğrudan etkilemektedir ve amino asit PO kendisi dahil proPO aktivasyon sisteminin birkaç bileşiminde kullanılabilir (Abisgold ve Simpson, 1987).

1.6. Literatür Özeti

Bernays (2003), polifaj bir larva olan *Grammia geneura* ile yapmış olduğu çalışmada tat reseptör hücresindeki duyarlılık değişikliklerinin karbonhidrat ile ilişkili olmadığını, protein dengesizliğini yansıttığını belirtmiştir.

Lee (2007), protein bakımından dengesiz besinlerin herbivor böceklere etkisini araştırmıştır. Bu çalışmada sindirimi kolay karbonhidratların ve protein kalitesinin etkisi

incelenmiştir. Ayrıca karbonhidrat ve protein oranının; herbivor bir böcekte homeostasi ve besin seçimine olan etkisinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışmada protein karbonhidrat oranının azalmasının ve düşük kaliteli protein ile beslenmenin böceğin gelişmesini, büyümesini ve hayatta kalmasını olumsuz yönde etkilediğini gözlemlenmiştir.

Cotter vd. (2011), çalışmalarında makroorda dengesinin *Spodoptera littoralis*'in yaşam döngüsü ve bağışıklık fonksiyonu arasındaki ilişkisini incelemiştir. Makroorda içeriğinin bağışıklık sisteminin tüm bileşenlerini optimize edebildiği gözlemlenmiştir. Makroordaların hastalıklara karşı büyük ölçüde iyileştirme etkilerinin olduğu tespit edilmiştir.

Limonta vd. (2008), *Ephestia kuehniella*'nin gelişiminde saf buğday unlu besinlerin etkisini çalışmışlardır. Bu çalışmada protein ve karbonhidratların *E. kuehniella*'nin gelişimindeki etkileri araştırılmıştır. Farklı protein içeriğine sahip unlu gıdaların *E. kuehniella*'nin gelişimini önemli ölçüde değiştirmedikleri görülmüştür.

Usta (2016), karbonhidrat ve protein içerikleri bakımından dengesiz yapay besinlerle beslenen *Agelastica alni* larvalarının bağışıklık sistemi ve gelişiminde meydana gelen besin etkenli değişiklikleri araştırmıştır. Gıda bakımından dengesiz besinlerle beslenen larvalarda değişik oranlarda kullanılan protein ve karbonhidrat miktarının; kuru pupa ağırlığına, larvaların tüketim miktarına, pupa lipit miktarlarına ve pupa protein miktarlarına etki ettiği görülmüştür.

Canato ve Zucoloto (1997), *Ceratitis capitata*'nın beslenme davranışlarına karbonhidratlı besinlerin etkisini çalışmıştır. Yaptıkları çalışmada *C. capitata*'nın larva ve erginleri kullanılmıştır. Bu türün beslenme davranışına sükröz ve glukozun etkisine bakılmıştır. Bireylerin glukoz içeren diyetlerle daha iyi beslendikleri belirlenmiştir.

Altun (2008), çalışmasında geometrik analiz yöntemi kullanılarak tercihlili ve tercihsiz beslenme deneyleriyle, polifaj bir tür olan *Malacosoma neustria* larvalarının besin seçimi, gıda dengeleme mekanizması ve sekonder maddelerin larvaların gelişimleri üzerine etkisi araştırmıştır. Çalışmanın sonucunda aşırı miktarda protein

veya karbohidrat içeren besinlerle beslenen larvaların pupa protein miktarlarının ve pupa ağırlıklarının azaldığı belirlenmiştir.

Simpson ve Raubenheimer (2012), protein ve karbonhidrat dengesinin canlıların yaşam süresi üzerindeki etkisini incelemiştir. Beslenme ve ömür uzunluğu arasındaki ilişkinin temel belirleyicisinin, protein-karbonhidrat dengesi olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca bu oranın sadece ömür uzunluğunu değil toplam enerji alımını, metabolizmayı, bağışıklığı ve obeziteyi hatta obezite ile ilişkili metabolik bozuklukları da etkilediğini tespit etmişlerdir.

Helm vd. (2017), bal arısı *Apis mellifera*'da larval beslenmenin canlıların ergin vücut büyüklüğü, performansı ve uyum başarısı üzerine etkisini araştırmışlardır. En uzun yaşam süresinin orta protein (~5%) seviyelerde ve düşük karbonhidrat içerikli diyetle olduğunu gözlemlemiştir. Yapılan çalışmada, protein ve karbonhidrat içeriğinin *A. mellifera* larvalarının büyüme ve gelişmesini önemli ölçüde etkilediğini belirtmiştir.

Rho ve Lee (2016), besinlerdeki protein ve karbonhidrat dengesinin birçok böcek türünde ömür uzunluğunda ve üreme etkinliğinde kritik bir belirleyici olduğunu ileri sürmüştür. Çalışmada un kurdu *Tenebrio molitor*'un dişi ve erkeklerinin P:C=1:5 oranında besin içeriğiyle beslendiğinde ömür uzunluğunun kısaldığını, ortalama yaşam süresinin erkeklerde P:C= 1:1; dişilerde ise P:C= 1:1 ve P:C= 1:5 oranında besinlerle beslendiğinde en uzun olduğunu gözlemlemiştir. Yumurta üretiminin ise P:C(1:1) besinde dengesiz P:C (1:5-5:1) oranındaki besine göre daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Lee vd. (2008), *Spodoptera littoralis* larvalarının protein miktarının, böceklerde kütikula renginin ve bağışıklık sistemi fonksiyonlarının değişimine etkisini incelemiştir. Yapılan çalışmada larvalara yüksek protein içerikli diyet ve düşük protein içerikli diyet verilmiştir. Yüksek protein içerikle beslenen larvaların hayatta kalma oranının yüksek olduğu ve daha hızlı büyüdüğü gözlemlenmiştir. Aynı zamanda yüksek protein içerikli diyet ile beslenen larvalarda fenoloksidaz (PO) aktivitesi değişmezken lizozim benzeri aktivitenin arttığı gözlemlenmiştir.

Cotter vd. (2010), yaptıkları çalışmada patojen ile enfekte olmuş *Spodoptera littoralis* larvalarının hayat kalitesini iyileştirebilmeleri ve bağışıklık sistemlerini aktifleştirebilmeleri için diyetlerini optimal düzeyde değiştirebildiklerini gözlemlemiştir. Patojenik olmayan bir bağışıklık sorununun besin seçimini etkilemediğini sadece patojen ile enfekte olan larvaların diyet seçimini değiştirebildikleri belirlenmiştir.

Alaux vd. (2009), *Apis mellifera*'nın tek çeşit ve çok farklı polenle, aynı zamanda protein miktarı farklı diyetlerle de beslenmesini sağlamışlardır. Diyetteki protein miktarının ve diyet çeşitliliğinin bireysel bağışıklık parametreleri (hemosit yoğunluğu, yağ vücut içeriği ve fenoloksidaz aktivitesi) ve immünokompetansına etkileri incelenmiştir. Diyetteki protein miktarındaki artış immünokompetansı arttırmamıştır. Bununla birlikte, diyet çeşitliliği immünokompetans seviyesini arttırmıştır. Özellikle polifaj diyet içeriği monofaj diyet içeriğine kıyasla daha yüksek glukoz oksidaz aktivitesine neden olmuştur. Bu sonuçlar, bal arılarında protein beslenmesi ve bağışıklık arasında bir bağlantı olduğunun belirlenmesinde önemli bir etkiye sahiptir.

Moreau vd. (2016), *Lobesia botrana* dişileri üzerinde yaptığı çalışmada dişilerin yaşı ve larval gelişim dönemini geçirdikleri farklı tarım alanlarının; üretilen yumurtaların büyüklüğüne, sayısına ve bu yumurtalardan yavru birey çıkma yüzdesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Yedi farklı bölgeden alınan üzüm meyvesini kurutarak hazırlanan yapay besinle beslenmiş dişilerin yumurta sayısı, yumurta büyüklüğü ve dişilerin yumurta bırakma sayısında önemli derecede azalma gözlemlenmiştir.

Yanar (2007), yaptığı çalışmada bitkisel proteinlerin ve sekonder bileşiklerin *Lymantria dispar* larvalarının hayatta kalma oranı üzerindeki etkilerini incelemiştir. En yüksek hayatta kalma oranı en yüksek protein oranına sahip *Elaeagnus rhamnoides* ile beslenen larvalarda gözlenmiş, en düşük hayatta kalma oranı ise en düşük protein oranı içeren *Crataegus monogyna* ile beslenen larvalarda olduğu tespit edilmiştir.

Brunner vd. (2014), *Bombus terrestris*'te düşük protein konsantrasyonlu polen ile beslenmenin bağışıklık sistemini olumsuz yönde etkilediğini gözlemlemiştir.

Yapılan çalışmada doğal bir parazit olan *Crithidia bombi* ile enfekte edilmiş *B. terrestris* bireylerinde enfeksiyona karşı bağışıklık tepkilerinin azaldığını; enfeksiyona yanıt olarak antimikrobiyal peptidler de dahil olmak üzere bir takım genlerin regüle edilemediği tespit edilmiştir. Bu bulgular, bireydeki bağışıklık yanıtının çevresel faktörlerle değişimine ve beslenmenin sadece genel direnci değil aynı zamanda konak parazit etkileşimini değiştirebildiğine kanıt olarak gösterilmiştir.

Mucklow vd. (2003), yüksek kalitede besinlerle beslenen *Daphnia magna*'da yüksek PO aktivitesinin olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca düşük kalitede besinlerle beslenen ve yaralanmış *D. magna* bireylerinde de aynı şekilde yüksek PO aktivitesi gözlenmiştir.

Rantala vd. (2003), *Tenebrio molitor*'da yüksek kalitede diyetlerle beslenen erkeklerin PO aktivitesinin yükselmesinin dişilere karşı daha fazla cezbedici olduğunu tespit etmişlerdir.

Yang vd. (2007), *Epirrita autumnata* larvalarında gelişim evreleri sırasındaki açlığın hem mutlak hem de spesifik PO aktivitesini arttırdığını belirlemiştir.

Gonzalez-Tokman vd. (2011), *Hetaerina americana*'da açlık altındaki erkeklerin PO değerlerinin, ad libitum (isteğe bağlı beslenme) ile beslenen erkeklere göre daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir.

Jensen vd. (2010), *Pardosa prativaga* üzerinde yaptığı çalışmada farklı protein ve lipit içerikli besinlerle beslenen kurt örümceğinin açlık ve beslenme sonrasında metabolik hızlarını ölçmüştür. Yüksek protein içerikli besinle beslenen örümceğin vücut ağırlığında artış olduğu tespit edilmiştir.

Klemola vd. (2007), *Epirrita autumnata*'nın bağışıklık direncinde bitki kalitesinin etkisini araştırmıştır. Konak bitkisi olan *Betula pubescens* spp. bir önceki yıldaki larvaların gelişim oranlarına göre düşük ve yüksek kaliteli besinler olarak iki kategoriye ayrılmıştır. *E. autumnata*'nın bağışıklık sisteminin gücü yabancı antijenlere karşı enkapsülasyon oranının ölçülmesiyle ve pupa hemolenfinin PO aktivitesiyle

ölçülmüştür. Düşük kaliteli besinlerle beslenen larvaların pupa döneminde en yüksek enkapsülasyon oranına sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca dişilerde erkeklere oranla daha yüksek enkapsülasyon olduğu tespit edilmiştir. Besin kalitesinin PO üzerinde önemli bir etkisi olduğu belirlenmemiş ve cinsiyetler arasında önemli bir fark gözlenmemiştir. Ayrıca kuru pupa ağırlığı ile PO aktivitesi arasında negatif bir ilişki belirlenmiştir. Besin kalitesi güvenin bağımsızlığını etkilemiştir.

Tenebrio molitor ve *Hetaerina americana* üzerinde yapılan çalışmada ad libitum ile beslenenler erkekler, beslenmeyen erkeklere göre daha yüksek PO değerleri göstermiştir (Siva-Jothy ve Thompson, 2002; Rantala vd., 2003; Gonza'lez-Tokman vd., 2011).

Srygley vd. (2009), yüksek protein düşük karbonhidrat içerikli diyetle ve düşük protein yüksek karbonhidrat içerikli beslenen *Anabrus simplex* bireylerinin yüksek proteinle beslenen bireylere göre daha yüksek PO aktivitesine sahip olduğunu tespit etmiştir.

Yüksek seviyede proteinle beslenmiş enfekte *Spodoptera littoralis* beslenmeyenlere göre daha fazla PO aktivitesi göstermiş ve daha az proteinle beslenmiş hayvanlara göre daha uzun yaşam süresi gözlemlenmiştir (Lee vd, 2006; Povey vd., 2009).

1.7. Çalışmanın Amacı

Çalışmamızın amacı; gıdaca bakımından dengesiz ve farklı karbonhidrat içeren diyetlerin *E. kuehniella* larvalarının gelişimine ve immün sistemi üzerine etkileri araştırılmıştır.

Böceklerde gıda dengesizliğinin canlının gelişimi ve immün sistemi üzerine etkileri incelendiğinde; birçok böcek grubunun, besin unsurları açısından dengesiz bir besinle karşılaştığında çeşitli reaksiyonlar gösterdiği de bilinmektedir. Böcekler gıda dengesizliğine; tükettikleri besin miktarını değiştirmek, besin öğelerinin oranı farklı olan bir besin kaynağına yönelmek ya da besin öğelerini etkin bir şekilde kullanmak suretiyle üç farklı reaksiyon göstermektedir (Yanar, 2013). Böcek takımlarından elde edilen veriler, böceklerin dengeli beslenme mekanizmalarında hemolenfin önemli bir rolünün olduğunu göstermektedir. Böcek vücut sıvısı, hayvanın o anlık gıda durumunun bir belirteçidir. Gıda dengelenmesinde özellikle spesifik gıdaların (özellikle aminoasitler ve şekerler) hemolenf konsantrasyonlarından böceğin beslenme davranışını açıklamada kullanılırlar. Özellikle hemolenfteki protein konsantrasyonu ile immün aktiviteler arasında pozitif bir ilişki belirlenmiştir. Genel olarak hemolenfteki protein yoğunluğunun fazla olması güçlü bir bağışıklığa işaret etmektedir (Sevgili, 2016). *E. kuehniella* ile ilgili yapılan çalışmalarda larvaların gıda ihtiyaçlarından ziyade mücadele yöntemleri üzerine çalışmalar yapılmıştır (Kılıcı, 2016).

Çalışmamızda Yamamoto (1969)'dan modifiye edilerek hazırlanan yapay diyetlerde farklı oranlarda karbonhidrat ve protein miktarının ve ayrıca farklı karbonhidratların *E. kuehniella* bağışıklık yeteneğinde ve gelişimlerinde etkisi incelenmiştir. Bu da literatürdeki mevcut boşluğu dolduracaktır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

Çalışmamızda makrogıdalardan karbonhidratın ve gıda bakımından dengesiz diyetlerin etkisi *E. kuehniella* larvalarının bağışıklık sistemlerine olan etkisi incelenmiştir.

2.2. Metod

2.2.1. Larvaların Toplanması ve Labaratuvarda Yetiştirilmesi

Yaptığımız çalışmalarımızda *E. kuehniella* larvalarının yetiştirilmesi, Bulut ve Kılınçer (1987)'in çalışmalarından yararlanılarak yapılmıştır. *E. kuehniella* erginleri ve yumurtalarını elde etmek için Rize ilindeki toptancılardan içerisinde yumurta ve larva bulunan pirinçler toplanmıştır. Yumurtalar Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Biyoloji Bölümü Zooloji Araştırma Laboratuvarına getirilmiştir. Açılan yumurtalardan elde edilen larvalarla iki ayrı beslenme deneyi yapılmıştır. Larvalardan tüketim miktarlarını ve gelişim performansını belirlemek için tekli gruplar halinde; bağışıklık sistem fonksiyonlarını belirleyebilmek için de toplu beslenme deneyleri yapılmıştır. Tekli beslenme deneyleri için, çalışılacak olan her besin tipi için 20'li setler halinde, her yetiştirme kabına 1 larva düşecek şekilde deney düzenekleri oluşturulmuştur. Toplu beslenme deneylerinde ise larvalar üçerli ve beşerli gruplar halinde çalışılacak besin tipi ile beslenmişlerdir.

2.2.2. Yapay Diyet İçerikleri ve Beslenme Denemeleri

Çalışmamızda kullanılan yapay besinler Yamamoto (1969) tarafından geliştirilen besinin modifiye edilmesiyle hazırlanmıştır. Kontrol diyetinin içeriği Tablo 1' de verilmiştir.

Yapay diyet içeriğinde bulunan maddeler buğday ruşeymi, torula mayası, vitamin karışımı, tuz karışımı, kolesterol, sorbik asit, metil paraben, keten yağı, agar, su karbonhidrat kaynağı olarak, sükroz veya arabinoz ve protein kaynağı olarak kazein, kullanılmıştır.

Tablo 1. Yamamoto yapay besinin içindeki madde miktarları (1 kg için)

Besin Maddesi	Miktar
Buğday Kepeği (Wheatgerm)	80 g
Kazein (Sigma (C-6554))	36 g
Sükroz	32 g
Torula mayası (Sigma (Y-4625))	16 g
Vitamin karışımı (Vanderzant vitamin mixtureSigma (V-1007))	10 g
Tuz karışımı (Wesson salt mixtureSigma (W-1374))	8 g
Kolesterol (Sigma (C-2044))	0.2 g
Sorbik asit (Sigma (S-1626))	2 g
Metil paraben (Sigma (H- 3647))	1 g
Keten yağı (Sigma (L-3026))	1 ml
Agar	20 g
Su	800 ml

Deneylerde kullanılan gıdaca dengesiz yapay diyet çeşidi farklı oranlarda karbonhidrat (K) ve protein (P) aynı zamanda farklı tür karbonhidrat (K) içermektedirler.

Kontrol diyeti olarak kullanılan yapay diyet protein ve karbonhidrat oranları eşit olup karbonhidrat kaynağı olarak sükroz ihtiva etmektedir. Kontrol diyeti A harfi ile sembolize edilmiştir. Diyetlerdeki karbonhidrat miktarı sırasıyla 3 ve 5 katına çıkarılıp protein sabit tutularak B ve C diyetleri hazırlanmıştır. Ters şekilde protein miktarı

sırasıyla 3 ve 5 katına çıkarılıp karbonhidrat miktarı sabit tutularak D ve E diyetleri hazırlanmıştır. Bu yapay besinlere ek olarak; karbonhidrat kaynağı değiştirilerek arabinoz kullanılmış ve 5 farklı yapay diyet daha hazırlanmıştır. Bunlar; karbonhidrat ve proteinin sabit olduğu F diyeti karbonhidrat miktarının sırasıyla 3 ve 5 katına çıkarılıp protein miktarının sabit tutulduğu G ve H diyetleri ve protein miktarının sırasıyla 3 ve 5 katına çıkarılarak karbonhidrat miktarının sabit tutulduğu I ve K diyetleri hazırlanmıştır. Toplamda 10 yapay diyet kullanılmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Yapay besinlerin isimlendirilmesi

Harfler	Besin İçeriği
A (KONTROL BESİNİ)	K:P
B	3K:1P
C	5K:1P
D	1K:3P
E	1K:5P
F	K:P (Arabinoz)
G	3K:1P (Arabinoz)
H	5K:1P (Arabinoz)
I	1K:3P (Arabinoz)
K	1K:5P (Arabinoz)

2.2.3. Beslenme Deneyleri

Birinci grupta besin tüketimi ve gelişim performanslarının inceleneceği larvalar her bir besin çeşidinde 20 tane larva olacak şekilde plastik kaplara besinlerle birlikte konulup üzerleri kapakla kapatılıp beslenme deneylerine başlanmıştır.

Tüketilmeden kalan besinler gün aşırı yeni besinlerle değiştirilmiş ve ağırlıkları 0,001 g hassasiyetli terazide tartılmıştır. Önceki günden kalan besinler üzerlerine tarihi ve hangi besine ait olduğunu gösteren alüminyum folyolara konularak paketlenmiştir. Daha sonra bu paketler etüvde kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları tartılmıştır. Larvaların ağırlıkları da gün aşırı tartılarak ağırlık değişimleri not edilmiş ve bu işlemlere larvalar pupa oluncaya kadar devam edilmiştir. Bağışıklık deneylerinde

kullanılmak üzere, hemolenfi alınacak olan larvalar ise; farklı yapay diyetlerle toplu halde beslenmiştir. Besinleri uygun miktarda verilmiş ve gün aşırı değiştirilmiştir.

2.2.4. Kloroform Lipit Analizi

Beslenme çalışmaları sonucu elde edilen *E. kuehniella* pupalarının depo lipitlerinin miktarı pupaların kloroform ile ekstraksiyonuyla belirlenmiştir (Simpson ve Raubenheimer, 2012). Pupalar, kurutulmak üzere 50 °C ayarlanmış etüve konmuş ve sabit ağırlığa erişinceye kadar etüvde kurutulmuştur. Pupaların kuru ağırlıkları 0,001 g hassasiyetli terazide tartılarak not edilmiştir. Kuru ağırlığa ulaşan pupalar kapaklı tüpler içerisine yerleştirilerek üzerlerini geçecek şekilde kloroform ilave edilmiş ve tüplerin kapakları kapatılmıştır. Otomatik çalkalayıcı üzerine yerleştirilerek 24 saat sonra kloroform dökülmüş ve yeni kloroform eklenmiştir. Bu işlem 3 kez tekrarlanmıştır. Böylece, pupa örneklerinden depo lipit içeriği uzaklaştırılmıştır. Pupalar tekrar etüv içerisine konarak yeniden kurutulmuştur. Kurutulan pupaların lipitsiz ağırlıkları not edilmiştir ve lipit miktarı belirlenmiştir. Kloroform ekstraksiyonundan sonra pupaların azot analizleri yapılmıştır.

2.2.5. Ham Protein Analizi

Lipitleri uzaklaştırılmış *E. kuehniella* pupalarının azot tayini Dumas yönteminin temel alındığı ThermoScientific FLASH 2000 Series - NCS Analyzers cihazıyla yapılmıştır (Allen vd., 1986). Yaklaşık 2,5 mg ağırlığında tartılan öğütülmüş kuru örnekler ince kalay kapsül içine konup, kapsül kapatılmıştır. Kapsüller daha sonra cihazın autosampler kısmına yerleştirilmiştir.

Örnek, yanma reaktörüne girdiğinde 900–1000 °C' ye kadar ısıtılmış özel fırın içerisine girer ve az miktarda saf Oksijen ve Helyum gazı sisteme eklenerek örneklerin yanması sağlanır. Bu durumda örnekler elementel (basit) gaz haline dönüşürler. Kolondaki ayrılma ve TCD dedektör yardımıyla kompleks bir ayırma sistemine gerek kalmadan element konsantrasyonu belirlenir. TCD dedektör sayesinde oluşan gaz kolon üzerine aktarılır ve kolonda oluşan pikler yardımıyla N değerleri hesaplanır. Bu işlem

sonunda bulunan % N (Azot) miktarları 6.25 sabitiyle çarpılarak % ham protein miktarları bulunmuştur (Oonincx vd., 2015).

2.2.6. İmmunite Deneyleri

İmmunite deneyleri için fenol oksidaz aktivitesine bakılmıştır. Fenol oksidaz aktivitesi için son larva evresine gelmiş larvalar 20 dakika süre ile buz üzerinde soğutulmuştur. Daha sonra her bir larvanın üçüncü bacağından açılan bir yarıktan steril bir cam kılcal kullanılarak hemolenf alınmıştır. Alınan hemolenf örnekleri fenoloksidaz deneyleri yapılınca kadar -18 °C' de saklanmıştır.

2.2.6.1. Lowry Protein Tayini

Fenol oksidaz analizi için öncelikle Lowry Protein Tayini yapılarak hemolenfteki protein içeriği belirlenmiştir. Lowry Protein Tayini (Lowry vd., 1951)'nin esası iki basamaklı bir reaksiyondur. Bazik bir ortamda Cu^{2+} proteinlerin peptid bağları ile kompleks oluşturur ve Cu^{+} 'e indirgenir. Cu^{+} ile Tyr, Trp ve Cys birimlerinin R grupları Folin reaktifi ile (Fosfomolibtik-phosphotungustik reaktifi) ile reaksiyon verir. Bu reaktif önce kararsız bir ürün üzerinden mobilden-tungsten mavisine indirgenir. Bu çözeltileri asidik yapan bazı reaktifler, tamponlar bakır ile şelat oluşturacak bileşikler (EDTA gibi) veya bakırın indirgenmesine sebep olan maddeler (merkaptolanol ditiyotreitol ve fenoller gibi) denemeyi bozabilirler. Proteinler özellikle Trp ve Tyr içeriklerine bağlı olarak farklı renk yoğunluklarını üreteceklerdir (Tablo 3).

Sensitivitesi: 0.2 µg/mL

Tayin Sınırları: 1-100 µg/gL

Tablo 3. Kullanılacak reaktifler ve miktarları

Reaktifler	Miktar
O,1 N NaOH içerisinde %2 Na ₂ CO ₃	12,5 mL
%1 CuSO ₄ .5H ₂ O (Saf Suda)	0,25 mL
%2 sodyum-potasyum tartarat	0,25 mL
1 kısım B + 1 kısım C (Taze olmalı)	
Kullanıldan biraz önce	0,25 mL D + 12,5 mL A

İşlem1: Standart BSA (1mg/mL) Çözeltisi: çok hassasiyetle 5 mg Bovine Serum Albumin 5 mL saf suda çözülür. 280 nm'deki absorbansı ve albuminin molar absorblama katsayısı yardımıyla tam kullanım için dondurucuda saklanır.

Aşağıda belirtilen ve standart bir kalibrasyon eğrisi elde edilecek şekilde etiketlenmiş ependorf tüplerde bu BSA çözeltisinden uygun miktarlarda seyreltilir (Tablo 4).

Tablo 4. Standart bir kalibrasyon eğrisi

BSA (mg/mL)	0	10	20	30	40	50	µL
0,1 N NaOH, %0,1 SDS	500	490	480	470	460	450	µL
Final BSA Konsantrasyonu	0	20	40	60	80	100	µg/mL

İşlem 2: Analiz edilecek protein içeren örnek: 10 µL protein örneği 490 µL 0,1N NaOH, %0,1 SDS içeren çözelti ile 500 µL'ye seyreltilerek bazikleştirilir.

İşlem 3: Hem BSA standartlarına ve hem de örneğe sırasıyla 1'er mL E karışımından ilave edilir, hemen vortekslenir ve 5-10 dakika beklenir.

İşlem 4: 1:1 oranında dd H₂O ile seyreltilmiş Folin reaktifinde bu standartlara ve örneğe 100 µL ilave edilir ve hemen vortekslenir. Yaklaşık 30 dakika sonra, sırasıyla önce BSA standartlarının ve daha sonra da örneğin 650 nm'deki absorbansları kaydedilir.

Hesaplama: Kalibrasyon eğrisinden örnek için elde edilen konsantrasyon değeri, bu işlemdeki seyreltme faktörü olan 50 ile ($10 \mu\text{L} \rightarrow 500 \mu\text{L}$) çarpılarak orijinal ekstraktaki protein içeriği belirlenir.

2.2.6.2. Fenol Oksidaz Etkinliği Ölçümü

Fenoloksidaz (PO) etkinliğinin ölçmek için (Lee vd., 2008)' nin çalışmasındaki protokol izlenmiştir. Plastik bir eppendorf içine $8 \mu\text{L}$ hemolenf ve üzerine $400 \mu\text{L}$ buz soğukluğunda fosfat tamponlu serum fizyolojikten (PBS, pH 7.4) konulmuştur. Tamponlu hemolenften $100 \mu\text{L}$ başka bir eppendorf içine alındı ve içerisine 10 mM $100 \mu\text{L}$ L-Dopa (substrat) ilave edildi. Elde edilen bu karışım $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de 20 dakika inkübe edildikten sonra absorbanı bir mikropilaka okuyucusu ile 492 nm 'de ölçülmüştür. PO için bir ünite dakikada 0.001 absorban artışı meydana getiren enzim miktarı olarak alınmıştır.

2.2.7. İstatistiksel Analizler

Farklı diyet tiplerinde beslenen larvaların toplam besin tüketimleri, pupa ağırlıkları, pupa lipit ve protein miktarlarının farklı olup olmadığı ANOVA testi ile belirlenmiştir. İncelenen özelliklerin diyet tiplerine göre farklılık gösterip göstermediğini belirlemek için TUKEY testi yapılmıştır. Tüketilen besin miktarı, pupa protein miktarı, pupa lipit miktarı, pupa kuru ağırlığı ve PO aktivitesi arasında ilişkinin olup olmadığını belirlemek için korelasyon testi yapılmıştır. İlişki tespitinden sonra da regresyon analizi yapılmıştır. Bu testler için SPSS 17.0 versiyonu kullanılmıştır.

3. BULGULAR

E. kuehniella larvaları, her besin grubu için 20 larva olacak şekilde 10 farklı besin grubunda beslenmiştir. Çalışmada A diyeti kontrol grubu olarak kullanılmıştır. Gıdaca dengesiz farklı karbonhidrat çeşitleri ihtiva eden yapay besinlerle beslenen larvaların tüketim miktarları, lipit miktarları, protein miktarları ile fenoloksidaz aktiviteleri belirlenmiştir. Farklı diyetlerde beslenen *E. kuehniella* larvalarının tüketim miktarı (mg), pupa lipit miktarı (mg), pupa protein miktarı (mg), kuru pupa ağırlığı (mg) değerleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. *E. kuehniella* larvalarının ortalama tüketim miktarı (mg), kuru pupa ağırlığı (mg), pupa lipit miktarı (mg) ve pupa protein miktarı (mg)

Besin Tipi	N	Tüketim Miktarı (mg)	Pupa Lipit Miktarı (Mg)	Pupa Protein Miktarı (Mg)	Pupa Kuru Ağırlığı (Mg)
A	20	28,4±0,36	2,05±0,15	2,53±0,18	4,6±0,24
B	20	18,4±0,33	1,72±0,16	1,31±0,11	3,5±0,30
C	20	17,7±0,56	2,96±0,17	2,8±0,13	7,6±0,36
D	20	100,0±1,66	3,96±0,20	2,8±0,10	7,7±0,20
E	20	96,8±2,62	1,44±0,16	1,52±0,09	3,5±0,23
F	20	36,0±0,94	1,69±0,10	1,76±0,07	4±0,17
G	20	7,0±5,99	2,84±0,15	2,16±0,10	5,3±0,26
H	20	1,30 ±0,14	-	-	-
I	20	8,4±0,14	3,98±0,11	4,25±0,27	8,4±0,22
K	20	7,21±0,07	2,57±0,13	2,7±0,12	5,8±02,4

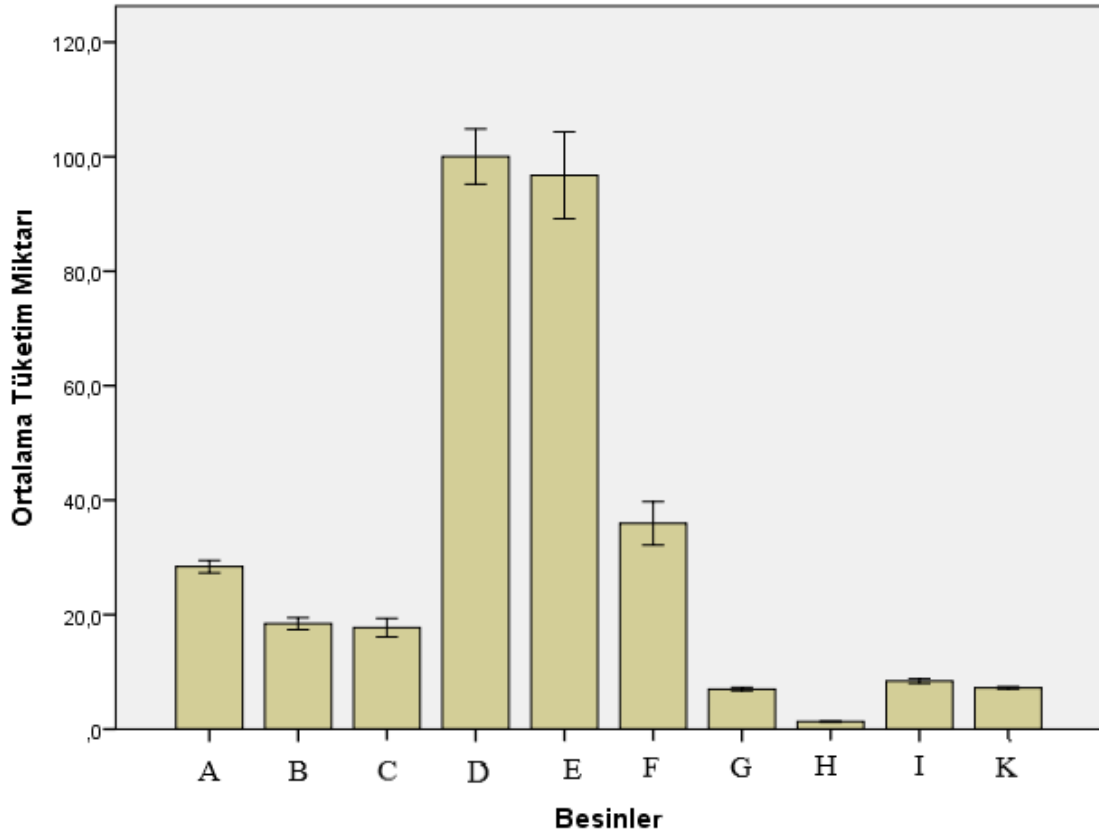
Diyetler larvaların tüketim miktarını etkilemektedir (ANOVA, F=529,61; p<0,001). Pupa safhasına ulaşmayı başaran larvalar arasında; en fazla tüketim

miktarının D diyetinde ve en az tüketim miktarının ise G diyetinde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 5). TUKEY testi sonuçlarına göre H, G, K ve I diyetleri, C ve B diyetleri ile E ve D diyetlerindeki tüketim miktarları birbirinden farklılık göstermemektedir (Tablo 6).

Tablo 6. Farklı diyetlerde beslenen larvaların tüketim miktarı (mg) TUKEY testi sonuçları

Besin Tipi	N	Önemlilik = 0.05				
		1	2	3	4	5
H	10	1,300				
G	10	6,980				
K	10	7,210				
I	10	8,400				
C	10		17,740			
B	10		18,420			
A	10			28,380		
F	10				35,960	
E	10					96,730
D	10					100,030
Sig.		0,062	1,000	1,000	1,000	0,899

Şekil 6'da görüldüğü gibi E ve F diyetleri A diyetine göre daha fazla tüketilmiştir. Karbonhidrat olarak arabinoz içeren tüm diyetler (H, G, I ve K) besinleri kontrol besininden A daha az tüketilmiştir. Dikkati çeken sonuçlardan bir diğeri ise arabinozun proteinin beş katı olduğu H diyetinde beslenen larvaların pupa safhasına ulaşmayı başaramamış olmasıdır.

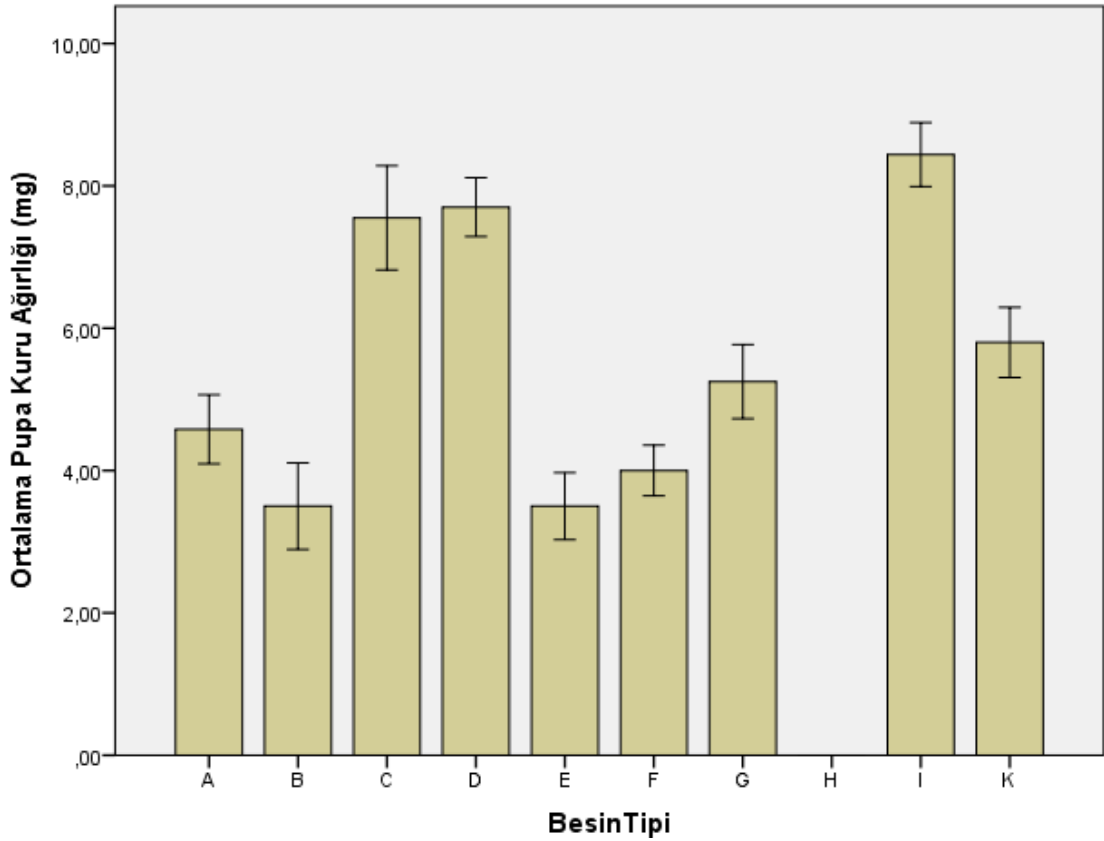


Şekil 6. Larvaların farklı besinlerdeki tüketim miktarları (mg)

SPSS analizinde sükroz içeren diyetteki karbonhidrat oranı ile tüketim miktarı arasında negatif bir ilişki olduğu belirlenmiştir ($r=-0,670$; $p<0,01$). Yapılan regresyon analizi sonucunda S şekilli bir ilişki belirlenmiştir S eğrisinin formülü: $(\ln(y))=b_0+(b_1/t)$
 $\ln(y)=2,434+(1,731/2,434)$). Karbonhidrat olarak sükroz içeren diyetdeki protein oranı ile tüketim miktarı arasında pozitif yönlü bir ilişki belirlenmiştir ($r=0,891$; $p<0,01$). Yapılan regresyon analizi sonucunda kübik şekilli bir ilişki belirlenmiştir. Kübik eğrinin formülü: $y=b_0+(b_1 \times t)+(b_2 t^2)+(b_3 t^3)$, T.M.= $-31,314+53,943K.O+0,000K.O^2-1,133^3$ dır. Karbonhidrat olarak sükroz içeren diyetteki karbonhidrat protein oranı ile tüketim miktarı arasında negatif bir ilişki belirlenmiştir ($r=-0,773$; $p<0,01$). Yapılan regresyon analizi sonucunda kübik şekilli bir ilişki saptanmıştır T.M = $133,529-152,540K.P.O+56,200K.P.O^2-6,064K.P.O^3$.

Arabinoz içeren diyetteki karbonhidrat oranı ile tüketim miktarı arasında negatif yönlü bir ilişki belirlenmiştir ($r=-0,552$; $p<0,01$). Yapılan regresyon analizi sonucunda kübik şekilli bir ilişki belirlenmiştir T.M= $22,833-5,688K.O+0,000K.O^2+0,045K.O^3$. Karbonhidrat olarak arabinoz içeren diyetteki protein

oranı ile tüketim miktarı arasında negatif yönlü bir ilişki belirlenmiştir ($r=-0,241$; $p<0,05$). Yapılan regresyon analizi sonucunda ise kübik şekilli bir ilişki belirlenmiştir $T.M = 18,057-3,809P.O+0,000T.M^2+0,066T.M^3$. Karbonhidrat olarak arabinoz içeren diyetteki karbonhidrat protein oranı ile tüketim miktarı arasında negatif bir ilişki mevcuttur ($r=-0,430$; $p<0,01$). Yapılan regresyon analizi sonucunda kübik şekilli bir ilişki belirlenmiştir $T.M = -9,664+77,556K.P.O-37,282K.P.O^2+4,431K.P.O^3$.



Şekil 7. Farklı diyetlerdeki larvaların kuru pupa ağırlıkları (mg)

En yüksek kuru pupa ağırlığının I besininde; en düşük kuru pupa ağırlığının ise B ve E besinlerinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 7).

Farklı diyetlerdeki kuru pupa ağırlığının normal dağılım gösterip göstermediğinin belirlenmesi için Kolmogorov Simirnov testi yapılmıştır. Test sonucuna göre, C, G ve I besinlerinin normal dağılım gösterdiği; A, B, D, E, F, H, K besinlerinin ise normal dağılım göstermediği belirlenmiştir. Normal dağılım gösteren C, G ve I besinlerinde beslenen larvaların pupa kuru ağırlıklarının birbirinden farklılık

gösterip göstermediğini belirlemek için ANOVA testi yapılmıştır. Diyetlerin birbirinden önemli derecede farklı olduğu belirlenmiştir ($F=32,215$; $p<0,001$).

TUKEY testi sonucuna göre C ve I diyetlerinin pupa kuru ağırlıklarının birbirinden önemli derecede farklılık göstermediği fakat iki diyetin de G diyetinin pupa kuru ağırlığından farklılık gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 7).

Tablo 7. C, G ve I besinleriyle beslenen larvaların kuru pupa ağırlığı (mg) SPSS TUKEY testi sonuçları

BesinTipi	N	Önemlilik = 0.05	
		1	2
G	20	5,2500	
C	20		7,5500
I	20		8,4400
Anlamlılık		1,000	0,085

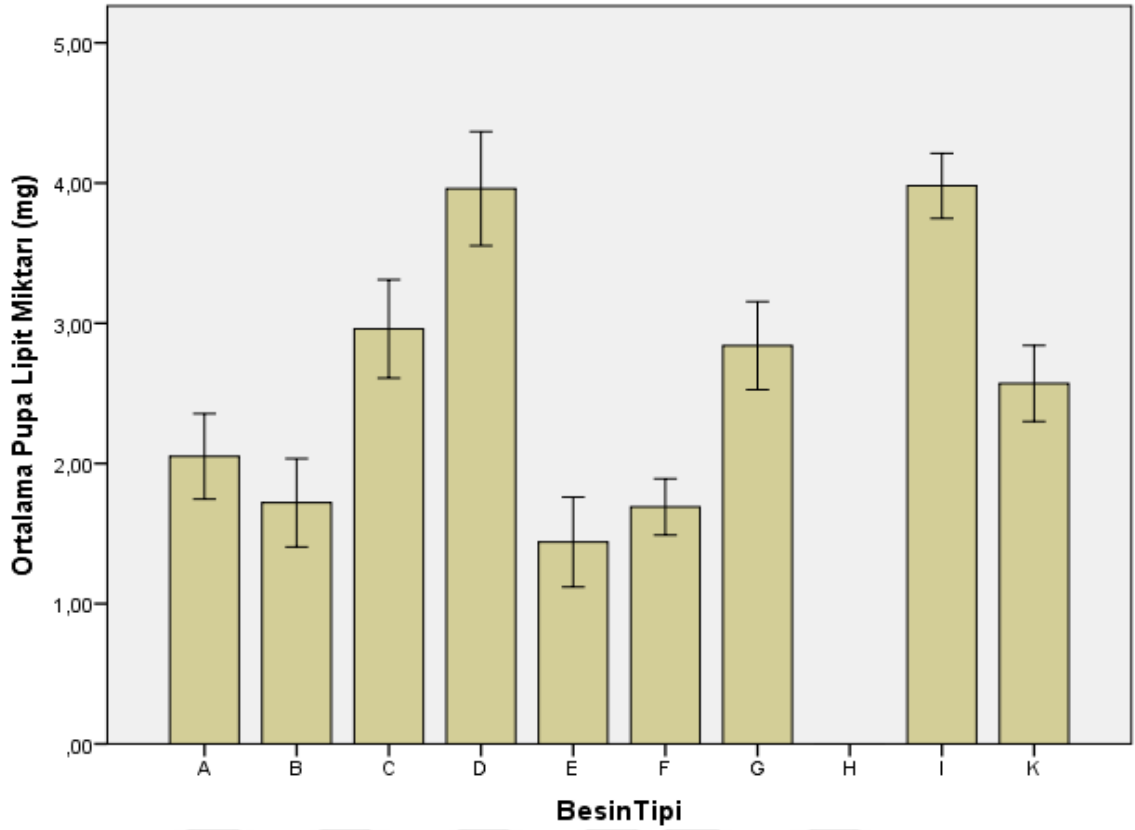
Normal dağılım göstermeyen A, B, D, E, F, H, K besinleriyle beslenen larvaların kuru pupa ağırlık değerlerine Man Mhitney U testi uygulanmıştır. Test sonuçlarına göre B ile E; B ile F ve E ile F besinlerindeki pupa kuru ağırlıklarının arasında benzerlik olduğu; diğer besin gruplarındaki sonuçların ise birbirinden farklılık gösterdiği belirlenmiştir.

Farklı karbonhidratlarla yaptığımız bu çalışmada sükroz içeren diyetlerde; karbonhidrat miktarının sabit protein miktarının ise farklı olduğu besinlerde protein oranı azaldıkça kuru pupa ağırlığının arttığı gözlemlenmiştir (Şekil 7). Bu diyetlerde, karbonhidrat oranı ile kuru pupa oranı arasında korelasyon testi sonuçlarına göre pozitif yönlü bir ilişki belirlenmiştir ($r=0,279$; $p<0,01$).

Regresyon analizi sonucunda kübik şekilli bir ilişki belirlenmiştir $P.K.A=5,850+0,000K.O-0,755K.O^2+0,165K.O^3$ Diyetteki karbonhidrat: protein oranı ile pupa kuru ağırlığı arasında ise pozitif yönlü bir ilişki belirlenmiştir ($r=0,239$ $p<0,05$). Yapılan regresyon analizi sonucunda kübik yönlü bir ilişki saptanmıştır $P.K.A=5,179+0,901K.P.O-1,114K.P.O^2+0,206K.P.O^3$.

Karbonhidrat olarak arabinoz içeren diyetteki karbonhidrat oranı ile pupa kuru ağırlığı arasında negatif yönlü bir ilişki saptanmıştır ($r=-0,762$; $p<0,01$). Yapılan regresyon analizinde kübik şekilli bir ilişki belirlenmiştir $P.K.A = 6,008+0,000K.O+0,150K.O^2-0,078K.O^3$. Diyetlerdeki protein oranı ile pupa kuru ağırlığı arasında pozitif yönlü bir ilişki belirlenmiştir ($r=0,512$; $p<0,01$). Yapılan regresyon analizi sonucunda kübik yönlü bir ilişki saptanmıştır $P.K.A = -0,928+4,122P.O+0,000P.O^2-0,111P.O^3$. Karbonhidrat: protein oranı ile pupa kuru ağırlığı arasında ise negatif yönlü bir ilişki belirlenmiştir ($r=-0,788$; $p<0,01$). Yapılan regresyon analizi sonucunda kübik yönlü bir ilişki saptanmıştır $P.K.A = 8,478-6,773K.P.O+3,205K.P.O^2-0,438K.P.O^3$.

Gıda bakımından dengesiz besinlerle beslenen larvaların pupa lipit miktarı (mg) değerlerinin normal dağılım gösterip göstermediğinin belirlenmesi için Kolmogorov Simirnov testi yapılmıştır. Normal dağılım gösteren değerlerin birbirlerinden farklılık gösterip göstermediğinin belirlenmesi için yapılan ANOVA testi sonucunda besinlerdeki pupa lipit miktarlarının birbirinden farklı olduğu belirlenmiştir. Hangi grupların birbirinden farklı olduğunun tespit edilmesi için TUKEY testi yapılmıştır. Farklı diyetlerle beslenen larvaların pupa lipit miktarları şekil 8’de ve SPSS ANOVA testi sonuçları Tablo 8’ de ve TUKEY testi sonuçları ise Tablo 9’da gösterilmiştir.



Şekil 8. Farklı diyetlerdeki larvaların kuru pupa ağırlıkları (mg)

Farklı besinlerle beslenen larvalarda en fazla pupa lipit miktarının D ve I besiniyle, en az pupa lipit miktarının ise H besiniyle beslenen larvalarda olduğu belirlenmiştir. TUKEY testi sonuçlarına göre E, F, B ve A diyetlerindeki pupa lipit miktarının farklılık göstermediği; benzer şekilde A ve K; K, G ve C ile D ve I diyetlerindeki pupa lipit sonuçlarının birbirinden farklılık göstermediği tespit edilmiştir (Tablo 9).

Tablo 8. Gıda bakımından dengesiz ve farklı karbonhidrat içeren besinlerle beslenen larvaların pupa lipit miktarının SPSS ANOVA testi

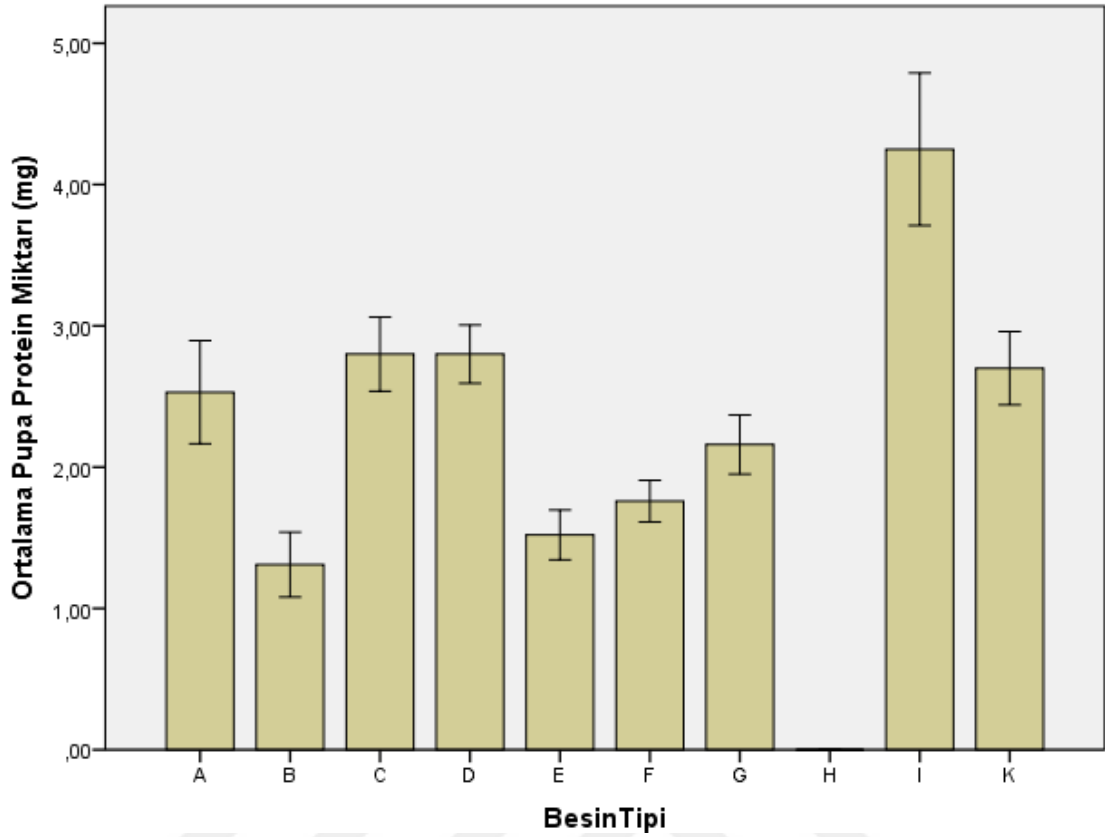
	Serbestlik Derecesi	Frekans	Anlamlılık
Gruplar Arası	9	68,872	0,000
Gruplar İçi	190		
Toplam	199		

Tablo 9. Gıda bakımından dengesiz ve farklı karbonhidrat içeren besinlerle beslenen larvaların pupa lipit miktarının SPSS TUKEY testi

BesinTipi	N	Önemlilik = 0.05				
		1	2	3	4	5
H	20	0,0000				
E	20		1,4400			
F	20		1,6900			
B	20		1,7200			
A	20		2,0500	2,0500		
K	20			2,5700	2,5700	
G	20				2,8400	
C	20				2,9600	
D	20					3,9600
I	20					3,9800
Anlamlılık		1,000	0,097	0,264	0,675	1,000

Arabinoz içeren diyetdeki karbonhidrat oranı ile pupa lipit miktarı arasında negatif yönlü bir ilişki vardır ($r=-0,670$; $p<0,01$). Yapılan regresyon analizinde kübik şekilli bir ilişki belirlenmiştir $P.L.M = -2,587 + 0,000K.O + 0,226K.O^2 - 0,066K.O^3$. Diyetdeki protein oranı ile pupa lipit miktarı arasında ise pozitif yönlü bir ilişki mevcuttur ($r=0,435$; $p<0,01$). Yapılan regresyon analizinde ise kübik şekilli bir ilişki belirlenmiştir $P.L.M = -0,372 + 1,936P.O + 0,000P.O^2 - 0,054P.O^3$. Besindeki karbonhidrat: protein oranı ile pupa lipit miktarı arasında negatif yönlü bir ilişki belirlenmiştir ($r=-0,694$; $p<0,01$). Yapılan regresyon analizinde kübik şekilli bir ilişki mevcuttur $P.L.M = 4,002 - 3,664K.P.O + 1,861K.P.O^2 - 0,258K.P.O^3$.

Farklı besinlerle beslenen larvaların pupa protein miktarı (mg) Şekil 9'da; ANOVA testi Tablo 10'da ve TUKEY testi sonuçları ise Tablo 11'de verilmiştir.



Şekil 9. Farklı besinlerle beslenen larvaların pupa lipit miktarı

I besini ile beslenen larvalar en yüksek pupa protein miktarına sahipken, B besiniyle beslenen larvalar en düşük protein pupa miktarına sahiptir (Şekil 9). TUKEY testi sonuçlarına göre B, E ve F besinlerindeki pupa protein miktarları arasında farklılık yoktur. Benzer şekilde F ve G; G, A ve K; A, K, C ve D besinlerindeki pupa protein miktarları da benzerlik göstermektedir (Tablo 11).

Tablo 10. Gıda bakımından dengesiz ve farklı karbonhidrat içeren besinlerle beslenen larvaların pupa protein miktarının (mg) SPSS ANOVA testi

	Serbestlik Derecesi	Frekans	Anlamlılık
Gruplar arası	9	68,257	0,000
Gruplar içi	190		
Toplam	199		

Tablo 11. Gıda bakımından dengesiz ve farklı karbonhidrat içeren besinlerle beslenen larvaların pupa protein miktarının (mg) SPSS TUKEY testi

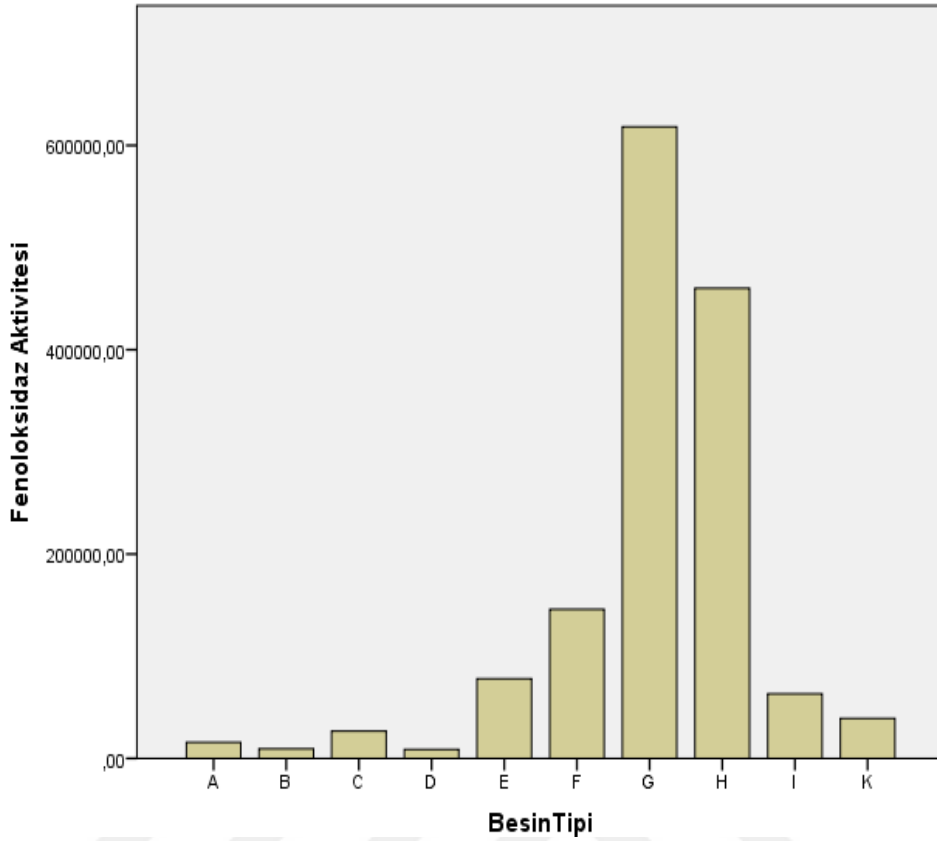
		Önemlilik = 0.05					
BesinTipi	N	1	2	3	4	5	6
H	20	0,0000					
B	20		1,3100				
E	20		1,5200				
F	20		1,7600	1,7600			
G	20			2,1600	2,1600		
A	20				2,5300	2,5300	
K	20				2,7000	2,7000	
C	20					2,8000	
D	20					2,8000	
I	20						4,2500
Anlamlılık		1,000	0,382	0,557	0,150	0,929	1,000

Karbonhidrat olarak sükröz içeren diyetdeki protein oranı ile pupa protein miktarı arasında negatif bir ilişki belirlenmiştir ($r=-0,216$ $p<0,05$). Yapılan regresyon analizi sonucunda kübik şekilli bir ilişki belirlenmiştir $P.P.M = 2,020+0,000P.O+0,247P.O^2-0,053P.O^3$.

Karbonhidrat olarak arabinoz içeren diyetdeki protein oranı ile pupa protein miktarı arasında ise pozitif bir ilişki mevcuttur ($r=0,516$; $p<0,01$). Yapılan regresyon analizi sonucunda kübik şekilli bir ilişki belirlenmiştir $P.P.M = -0,914+2,283P.O+0,000P.O^2-0,062P.O^3$. Diyetdeki karbonhidrat: protein oranı ile pupa protein miktarı arasında negatif yönlü bir ilişki belirlenmiştir ($r=-0,754$; $p<0,01$). Yapılan regresyon analizi sonucunda ise kübik şekilli bir ilişki tespit edilmiştir $P.P.M = 4,163-3,459K.P.O+1,527K.P.O^2-0,200K.P.O^3$.

3.1. Fenol Oksidaz aktivitesi

Fenol oksidaz aktivitesi sonuçları Şekil 10'da verilmiştir. Bu grafiğe göre fenol oksidaz aktivitesi en fazla G en az ise D besinleri ile beslenen larvalarda gözlemlenmiştir.



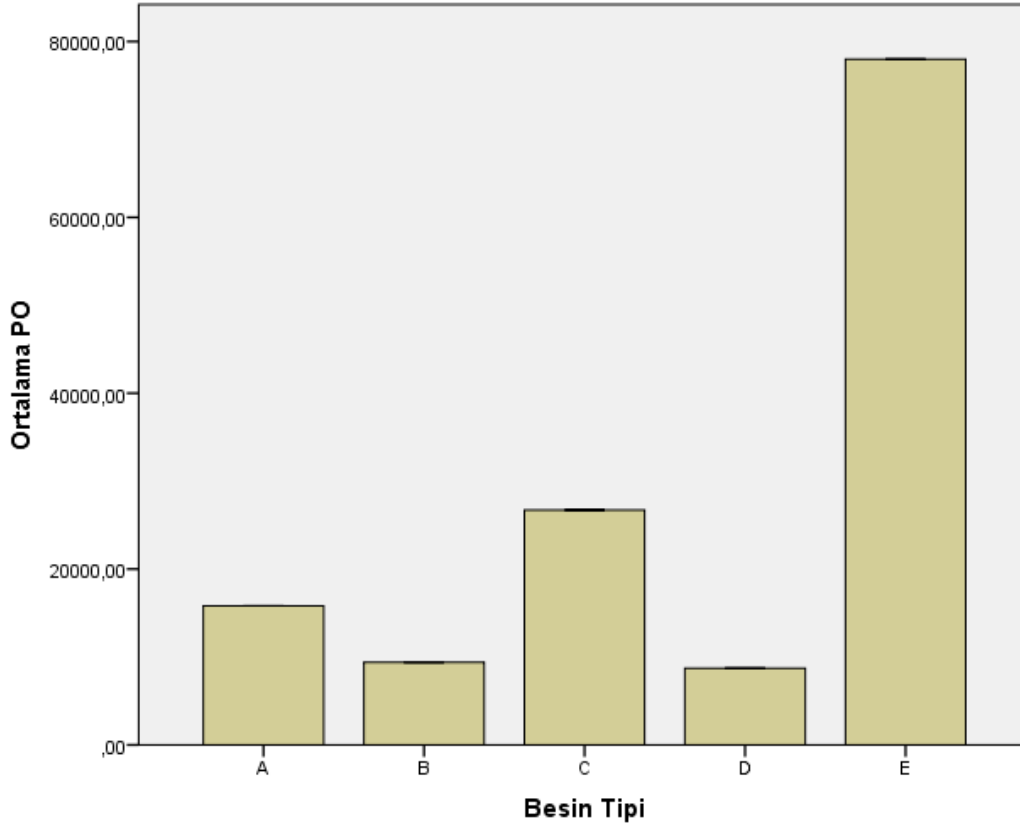
Şekil 10. Farklı karbonhidrat ve proteince dengesiz besinlerle beslenen larvalardaki PO

Karbonhidrat oranının en fazla olduğu ve karbonhidrat olarak arabinoz kullanılan G ve H beslenen larvaların fenol oksidaz oranının sükroz içeren besinlere kıyasla fazla olduğu gözlemlenmektedir (Şekil 10).

Normal dağılım gösteren diyetlerle beslenen larvaların PO aktivitelerinin birbirinden farklılık gösterip göstermediğini belirlemek için ANOVA testi yapılmıştır. Diyetlerin birbirinden önemli derecede farklı olduğu belirlenmiştir (ANOVA, $F=41142527,022$; $p<0,001$). Hangi grupların birbirinden farklı olduğunun tespit edilmesi için TUKEY testi yapılmıştır (Tablo 12).

Tablo 12. Gıda bakımından dengesiz ve farklı karbonhidrat içeren besinlerle beslenen larvaların PO miktarının (mg) SPSS TUKEY testi

BESİNLER	N	Önemlilik = 0.05													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
D	10	8720,100													
B	10		9394,000												
A	10			15821,700											
C	10				26715,000										
K	10					39161,500									
I	10						63055,200								
E	10							77990,200							
F	10								145865,100						
H	10									460204,100					
G	10										618150,100				
Anlamlılık		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

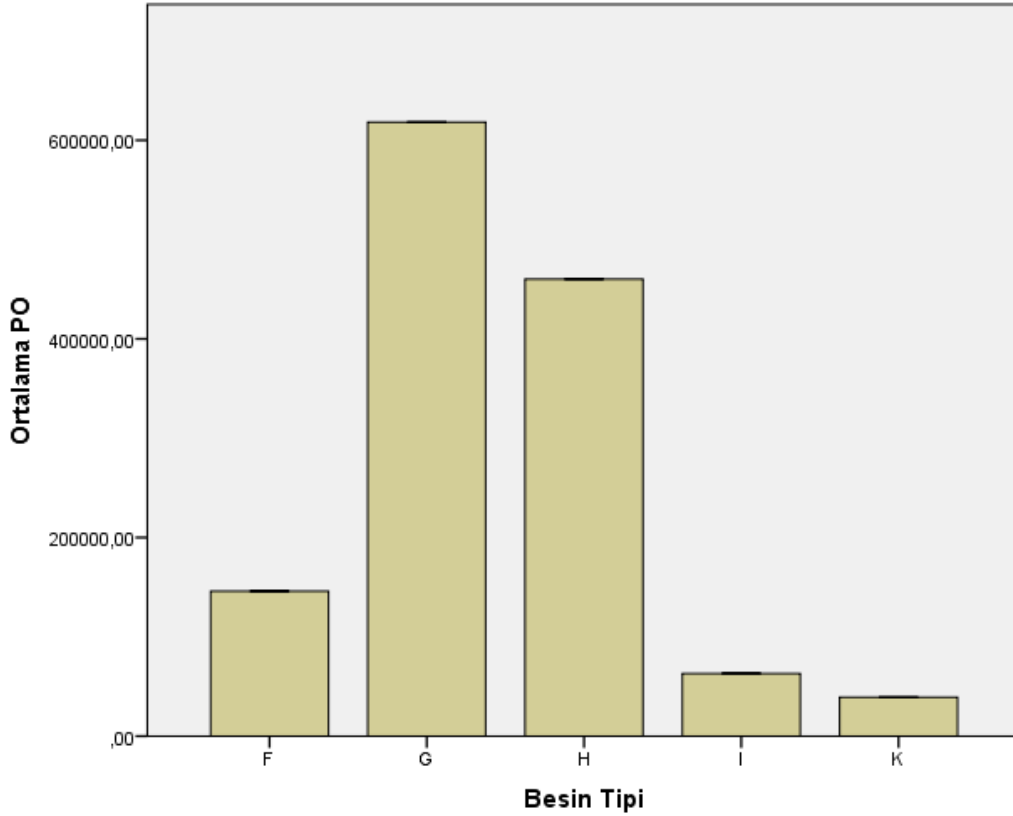


Şekil 11. Karbonhidrat çeşidi olarak sükroz ile beslenen larvaların PO aktivitesi

Şekil 11’de görüldüğü gibi karbonhidrat olarak sükroz kullanılan besinlerde karbonhidrat oranı sabit tutulduğunda protein oranı arttıkça PO aktivitesi artmaktadır. Protein oranı sabit tutulduğunda ise karbonhidrat oranı arttıkça PO aktivitesi artmaktadır.

Sükroz içeren diyetteki protein oranı ile PO arasında pozitif yönlü bir ilişki belirlenmiştir ($r=0,785$; $p<0,01$). Yapılan regresyon analizi sonucunda kübik şekilli bir ilişki belirlenmiştir $PO=22612,551+0,000P.O-7181,673P.O^2+1879,356^3$. Sükroz içeren diyetteki karbonhidrat protein oranı ile PO arasında negatif yönlü bir ilişki belirlenmiştir ($r=-0,285$; $p<0,01$). Yapılan regresyon analizi sonucunda kübik şekilli bir ilişki belirlenmiştir $PO = 69707,362+0,958K.P.O+37106,728K.P.O^2-3946,993^3$. Sükroz içeren diyetteki pupa kuru ağırlığı ile PO arasında negatif yönlü bir ilişki belirlenmiştir ($r=-0,333$; $p<0,01$). Yapılan regresyon analizi sonucunda kübik şekilli bir ilişki belirlenmiştir $P.K.A = 5,712+1,000PO+4,927E-9PO^2-6,599E-14^3$. Sükroz içeren diyetteki pupa lipid miktarı ile PO arasındaki negatif yönlü bir ilişki belirlenmiştir ($r=-$

0,402; $p < 0,01$). Yapılan regresyon analizi sonucunda birleşik (compound) şekilli bir ilişki belirlenmiştir $P.L.M = 2,761 + 1,000PO^2$. Sükroz içeren diyetteki pupa protein miktarı ile PO arasında negatif yönlü bir ilişki belirlenmiştir ($r = -0,305$; $p < 0,01$). Yapılan regresyon analizi sonucunda kübik şekilli bir ilişki belirlenmiştir $P.P.M = 1,668 + 4,900E-5PO + 0,000PO^2 - 8,369E-15PO^3$.



Şekil 12. Karbonhidrat çeşidi olarak arabinoz ile beslenen larvaların PO aktivitesi

Karbonhidrat olarak arabinoz kullanılan besinlerle beslenen larvalarda protein oranı sabit tutulup karbonhidrat oranı arttıkça PO aktivitesi artmaktadır. Karbonhidrat oranı sabit tutulduğunda ise protein oranı arttıkça PO aktivitesi azalmaktadır (Şekil 12).

Karbonhidrat olarak arabinoz kullanılan diyetlerdeki karbonhidrat oranı ile PO arasında pozitif yönlü bir ilişki belirlenmiştir ($r = 0,801$; $p < 0,01$). Yapılan regresyon analizi sonucunda kübik şekilli bir ilişki belirlenmiştir $PO = -300601,178 + 392925,697K.O + 0,000K.O^2 - 9630,586K.O^3$. Karbonhidrat olarak arabinoz kullanılan diyetlerdeki protein oranı ile PO arasında negatif yönlü bir ilişki belirlenmiştir ($r = -0,706$; $p < 0,01$). Yapılan regresyon analizi sonucunda S şekilli bir

ilişki belirlenmiştir $\ln PO = 10,099 + 2,660/P.O$. Karbonhidrat olarak arabinoz kullanılan diyetlerdeki karbonhidrat protein oranı ile PO arasında pozitif yönlü bir ilişki belirlenmiştir ($r = 0,843$; $p < 0,01$). Yapılan regresyon analizi sonucunda kübik şekilli bir ilişki belirlenmiştir. $PO = 43104,127 - 11133,955 K.P.O + 140551,017 K.P.O^2 - 24327,600 K.P.O^3$. Karbonhidrat olarak arabinoz kullanılan diyetlerdeki pupa kuru ağırlığı ile PO arasında negatif yönlü bir ilişki belirlenmiştir ($r = -0,489$; $p < 0,01$). Yapılan regresyon analizi sonucunda kübik şekilli bir ilişki belirlenmiştir $P.K.A = 7,721 - 1,355E-5PO - 7,450E-11PO^2 + 1,457E-16PO^3$. Karbonhidrat olarak arabinoz kullanılan diyetlerdeki pupa lipit miktarı ile PO arasında negatif yönlü bir ilişki belirlenmiştir ($r = -0,356$; $p < 0,01$). Yapılan regresyon analizi sonucunda kübik şekilli bir ilişki belirlenmiştir $P.L.M = 3,589 - 7,383E-6PO - 3,370E-11PO^2 + 7,075E-17PO^3$. Karbonhidrat olarak arabinoz kullanılan diyetlerdeki pupa protein miktarı ile PO arasında negatif yönlü bir ilişki belirlenmiştir ($r = -0,522$; $p < 0,01$). Yapılan regresyon analizi sonucunda kübik şekilli bir ilişki belirlenmiştir $P.P.M = 3,884 - 1,014E-5PO - 2,139E-11PO^2 + 5,392E-17PO^3$.

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Çalışmamızda; gıda bakımından dengesiz ve farklı karbonhidrat içeren 10 farklı besinin *E. kuehniella* larvalarının tüketim miktarı, gelişme parametreleri ve immun sistem fonksiyonlarına olan etkisi araştırılmıştır.

4.1. Besin Tüketimi ve Gelişme Performansı

F besini hariç olmakla birlikte arabinoz içeren tüm besinler sükroz içeren besinlerden daha az tüketilmiştir. Sükroz diğer karbonhidrat çeşitlerine göre de daha fazla tercih edilmektedir. Cornelius vd. (1996), *Ochetellus glaber*'in sükrozu maltoza tercih ettiğini; *Pheidole megacephala*'da ise besin tercihinde karbonhidratlar arasında bir fark olmadığını belirlemişlerdir. Blüthgen ve Fiedler (2004)'de sükrozun sırasıyla fruktoz, glikoz, maltoz, melezitoz, rafinoz ve ksiloza tercih edildiğini belirtmişlerdir. Juma vd. (2013), *Busseola fusca* için sükrozun glikoz, fruktoz ve maltoza göre tercih edilebilirliğinin daha fazla olduğunu ve sükroz ile fruktozun glikoz ve maltoza göre daha çok tüketildiğini belirtmişlerdir. Çünkü, çoğu tür için glikoz, fruktoz ve sükroz gıda bakımından yeterli ve kolay kullanılabilen şekerlerdir (Rockstein, 1978). Her ne kadar sükroz arabinoza kıyasla daha fazla tüketilen bir karbonhidrat olsa da besindeki sükroz konsantrasyonu arttıkça tüketim miktarı azalmaktadır. Çünkü, türlerin belirli bir gıda ihtiyacı ve tolere edebildikleri, gelişebildikleri belirli bir konsantrasyon aralığı mevcuttur. Çoğu tür için optimum konsantrasyon aralığı çok dardır (Rockstein, 1978). Türün kuru pupa ağırlığının ise besindeki sükroz oranının artışıyla birlikte arttığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde karbonhidrat: protein oranının artışıyla birlikte kuru pupa ağırlığı da artmıştır. Bu durum vücuda alınan karbonhidratın kullanılabilirliğinin göstergesidir. Ayrıca bu sonuç Harvey (1974) sonucunu da desteklemektedir. Harvey (1974), bazı şekerlerin besindeki oranlarının artmasıyla larva gelişme oranı ve ergin ağırlığı arasında doğru orantılı bir ilişki olduğunu belirtmiştir. Kuru pupa ağırlığının sükroz miktarının artışıyla artması fakat tüketimin azalması türün gıda dengeleme mekanizması da olabilir.

Böcekler besinlerdeki gıda dengesizliklerini ya tüketim miktarını artırarak ya da tüketimi azaltarak tolere edebilirler (Klemola vd., 2007). D (1K:3P) ve E (1K: 5P) besinlerinin tüketim miktarının fazla olması da bunu kanıtlamaktadır. Larvalar eksik karbonhidrat ihtiyacını karşılayabilmek besini daha fazla tüketmek eğiliminde olabilirler.

Arabinoz içeren diyetlerdeki karbonhidrat konsantrasyonu arttıkça larvaların tüketim miktarı da azalmaktadır. Proteine kıyasla beş kat daha fazla arabinoz içeren H diyetinde larvalar gelişimlerini tamamlayıp pupa safhasına ulaşamamıştır. Arabinozun un kurdu olan *Tenebrio molitor*'un ve mısır zararlısı olan *Diatraea grandiosella*'nın larval gelişimlerini inhibe ettiği ve *Callosobruchus chinensis*'te ise larval gelişim süresini ve mortaliteyi artırdığı sonucuna ulaşılmıştır (Rockstein, 1978). Toksik etkiye sahip karbonhidratlar böcek kutikulasında değişikliklere neden olarak kutikula'yı kurutmaktadır ya da spirakulumları bloke ederek boğulmalarına sebep olmaktadır (Puterka vd., 2003). Mehmetoğlu ve Başhan (1996), pentozlar grubuna giren bazı karbonhidratların toksik etki yaptığını ileri sürmüşlerdir. Femura vd. (2012) *Bemisia tabaci* bireylerinde %1-3 konsantrasyona sahip arabinozun insektisit olarak kullanılabilmesini ileri sürmüştür. Arabinoz ihtiva eden ve K:P konsantrasyonları eşit olan F diyetinde beslenen larvaların tüketim miktarının kontrol grubu olan A diyetinden fazla olması arabinozun belirli bir konsantrasyona kadar *E. kuehniella* larvaları tarafından kullanılabilmesini fakat konsantrasyonun artışıyla birlikte tolere edilemeyeceğinin göstergesi olabilir. Hu vd. (2010), toksik şekerlerin aynı zamanda beslenme caydırıcısı olarak etki gösterdiğini gözlemlemiştir. Çalışmamızda karbonhidrat: protein oranı arttıkça larvaların tüketim miktarının azaldığı tespit edilmiştir. K besinindeki (1K:5P) tüketim miktarı I (1K: 3P) besinindeki tüketim miktarından daha azdır. Arabinoz düşük konsantrasyonda larvalar için caydırıcı olmayabilir. Fakat besindeki konsantrasyonu arttıkça hem toksik hem de caydırıcı özellik gösterebilir. Arabinoz ihtiva eden besinlerde besindeki karbonhidrat miktarının artışıyla birlikte pupa lipit miktarının azalması da tüketilen besinin larvalar tarafından dönüştürülememesinden kaynaklanıyor olabilir.

Besindeki karbonhidrat: protein oranının artışıyla birlikte lipit ve protein miktarının azalması da bunu destekler niteliktedir. Aynı konsantrasyonda karbonhidrat ve protein içeren fakat karbonhidrat çeşitleri farklı olan I ve B besinlerinde pupa protein miktarının en fazla sükröz içeren diyetle olduğu belirlenmiştir. Bu durum arabinozun *E. kuehniella* bireyleri üzerinde düşük konsantrasyonda toksik etki göstermemesinden kaynaklanabilir.

Sükröz içeren besinlerde besindeki protein miktarının pupa lipit ve pupa protein miktarları üzerinde etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Bu sonuç Hahn (2005)'ın *Schistocerca americana* ile yapmış olduğu çalışmadaki sonuçları desteklemektedir. Hahn (2005), *S. americana* larvalarında, larva evresindeki gıda kullanımının büyüme ve lipit depolama üzerinde etkileri varken, protein ve karbohidrat depolamada etkisinin olmadığını ileri sürmüştür.

4.2. İmmünite ve Gıda İlişkisi

Herbivorların tükettiği besinlerin kalitesi bireylerin gelişimini, fekonditesini, hayatta kalmasını ve bağışıklık faaliyetlerini doğrudan etkiler (Klemola vd., 2007). Fenoloksidaz enzimi omurgasızların bağışıklık sisteminin anahtar bir bileşenidir. Çözünebilir proteinlerdir ve hemolenf veya hemositler içinde bulunurlar. Kütikulanın oluşumu, yumurtanın koyulaşması, yaraların iyileştirilmesi ve doğal bağışıklıkla ilişkili skleritizasyon, melanizasyon reaksiyonlarında rol oynar (Li vd., 1992; Cerenius ve Söderhall, 2004). Çalışmamızda E besini hariç sükröz içeren besinlerle beslenen larvaların PO aktivitesinin, arabinoz içeren besinlerle beslenen larvaların PO aktivitesinden düşük olduğu tespit edilmiştir. Hayvanlar ağır metal, açlık v.b. gibi strese neden olabilecek durumlarla karşılaştıklarında bağışıklık sistemleri tetiklenir (Klemola vd., 2007; Zuk ve Stoehr, 2002). Arabinoz, *E. kuehniella* larvaları için toksik özellik gösteren bir karbonhidrat olduğu için fizyolojik olarak bağışıklık sistemini aktive etmiş olabilir. Ayrıca arabinoz ihtiva eden besinlerde karbonhidrat oranıyla PO aktivitesi arasında pozitif bir ilişkinin bulunması da bunu destekler niteliktedir.

En fazla oranda arabinoz ihtiva eden H diyetinin PO aktivitesi ise daha düşük oranda arabinoz içeren G diyetinden daha düşük çıkmıştır. Yaşam öyküsü teorisine göre bütün hayvanlar üreme, yaşamı sürdürme ihtiyaçlarına karşı bağışıklığa harcadıkları maliyeti dengelemek durumundadırlar. Hayvanlar gelişebilmek, üremek, hayatta kalmak, olgunlaşmak ve en önemlisi nesillerini devam ettirmek için mevcut enerjilerini ve gıdalarını optimal düzeyde kullanmalıdırlar (Zuk ve Stoehr, 2002). İmmunitenin aktivasyonu diğer fizyolojik faaliyetleri etkileyebilir (Vogelweith vd., 2015). Toksik etki gösteren arabinoz miktarının en fazla olduğu H diyetinde PO aktivitesinin fazla olmamasının nedeni larvanın mevcut gıdalarını fizyolojik faaliyetlerine harcayarak immunité için harcadığı maliyeti azaltmak eğiliminden kaynaklanabilir. Ayrıca mevcut gıdalarını toksik olan maddeyi detoksifiye etmeye ve hayatta kalmaya harcamış olabilir.

Sükroz içeren diyetlerle beslenen larvalarda ise diyetteki protein oranı ile PO aktivitesi arasında pozitif bir ilişki mevcuttur. *Crithidia bombi* ile enfekte edilmiş *Bombus terrestris*'te proteinden yoksun beslenen arıların enfeksiyona bağışıklık tepkilerinin azaldığı gözlemlenmiştir (Brunner vd., 2014). Vogelweith vd. (2015), gıdaca yoksunluğun bağışıklık yanıtının azalmasına, patojen enfeksiyon direncinin düşmesine ve bazen patojenik enfeksiyona daha fazla toleransa yol açtığını belirtmiştir. Ayrıca gıdalarda protein ve karbonhidrat alınımının değişiklik göstermesi bağışıklık özelliklerini belirgin şekilde etkileyebildiğini ileri sürmüştür. Protein vücutta birçok fizyolojik reaksiyonda, enzimlerin sentezlenmesinde, büyümede, üremede kullanılmaktadır. Bu nedenle diyetteki protein miktarının artışı immunité için proteinlerin kullanılmasını sağlayabilir. Çünkü, immunité masraflıdır ve eğer diyetle yeteri kadar gıda mevcut değilse gıdalar optimum kullanılabilir. Bu da protein düşük olduğunda PO enziminin az üretilmesine neden olabilir.

Çalışmamızda hem sükroz hem de arabinoz ihtiva eden diyetlerde pupa kuru ağırlığı, pupa lipit ve pupa protein miktarı ile PO aktivitesi arasında negatif bir ilişki tespit edilmiştir. Bu sonuç Klemola vd. (2007)'nin sonbahar güvesiyle yapmış olduğu çalışmayla uygunluk içerisindedir. Klemola vd. (2007), sonbahar güvesinin pupa ağırlığıyla PO aktivitesi arasında negatif bir korelasyon tespit etmiştir.

Pupa kuru ağırlığı dolayısıyla pupa lipit ve pupa protein miktarı fekonditenin göstergesidir (Klemola vd., 2007). Yaşam öyküsü teorisine göre gıdalar optimal şekilde kullanılır. Hayvanların en önemli hedeflerinden biri nesillerinin devamını sağlamak olduğu için gıda kıtlığı durumunda bağışıklık sistemlerini belirli bir düzeyde tutarak vücutlarındaki gıdaları pupa kuru ağırlıklarını, lipit ve protein miktarlarını artırmak yönünde harcamış olabilirler.

Sonuç olarak; bulgularımız besin tiplerinin larvaların gelişim performanslarını ve bağışıklık fonksiyonlarını etkilediği tespit edilmiştir. Farklı gıdalarla beslenmenin bağışıklık sistemini etkilediğini göstermektedir. *E. kuehniella* larvaları tüketmiş olduğu besinlerdeki gıda içeriğine bağlı immün sistem faaliyetlerini düzenlemeye çalışmaktadır.

KAYNAKLAR

- Abisgold, J.D. and Simpson, S.J., 1987.** The physiology of compensation by locust for changes in dietary protein. *Journal of Experimental Biology*, 129, 329-346.
- Aksoy, H.A., Bahadıroğlu, C. ve Kayabaşı, R., 2015.** X-ışınının *Sesamia nonagrioides* Lefebvre (Lepidoptera: Noctuidae)'nın Pupalarda Toplam Protein, Karbonhidrat ve Lipit Miktarına Etkileri Üzerine Araştırmalar. *Adıyaman Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi*, 5(1), 14-203.
- Alaux, C., Ducloz, F., Crauser, D. and Conte, D., 2009.** Diet effects on honeybee immunocompetence. *Abeilles et Environnement, Laboratoire Biologie et Protection de L'abeille, Domaine Saint-Paul, 84914 Avignon, France.* DOI:10.1098/2009.0986.
- Allen, S.E., Grimshaw, H.M., Parkinson, J.A., Quarmby, C. and Roberts, J.D., 1986.** Blackwell scientific publications, oxford. *Chemical Analysis*. In: Champman, S.B. (Eds) *Methods in Plant Ecology*, 411-466.
- Altun, N., 2008.** *Malacosoma neustria* L. (Lepidoptera:Lasiocampidae)'nın Besin Seçimi Ve Gelişmesine Etki Eden Kimyasal Faktörlerin Geometrik Analizlerle Belirlenmesi. Doktora Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, Türkiye, 91s., 78.
- Altınışik, M., 2006.** Karbohidratların Yapısal ve İşlevsel Özellikleri I. Adnan Menderes Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Biyokimya Anabilim Dalı, Aydın, Türkiye, 34s.
- Barbehenn, V.R., Knister, J., Marsik, F., Miller, J.C. and Nham, W., 2015.** Nutrients are assimilated efficiently by *Lymantria dispar* caterpillars from the mature leaves of trees in the Salicaceae. *Physiological Entomology*, 40(1), 72-81. DOI: 10.1111/phen.12087.
- Behmer, T.S., 2009.** Insect herbivore nutrient regulation. *Annual reviews*, 54, 165-87.
- Bernays, E.A., 1998.** Evolution of feeding behaviour in insect herbivores. *Bioscience*, 48(1), 35-44.
- Bernays, E.A., 2003.** *Comprehensive insect physiology biochemistry and pharmacology. Regulation: Digestion, Nutrition, Excretion*. 4, 1-28. ISBN 008026501.
- Blüthgen, N. and Fiedler, K., 2004.** Preferences for sugars and amino acids and their conditionality in a diverse nectar-feeding ant community. *Journal of Animal Ecology*, 73(1), 155-166.
- Birgücü, A.K., Çelikpençe, Y. ve Karaca, İ., 2014.** Böcek yumurtası ve konukçu bitki arasındaki karşılıklı ilişkiler. *Dergipark Akademik*, 4(2), 107-119. DOI: 10.16969/teb.58001.

- Bulut, H. ve Kılınçer, N., 1987.** Yumurta parazitoiti *Trichogramma spp.* (Hym: Trichogrammatidae) un güvesi (*Ephestia kuehniella* Zell.) (Lepidoptera: Pyralidae) yumurta üretimi ve konukçu parazitoid ilişkileri. Türkiye 1. Entomoloji Kongresi Bildirileri, İzmir, 13-16.
- Brunner, S.F., Hempel, P.S. and Barribeau, S.M., 2014.** Protein-poor diet reduces host-specific immune gene expression in *Bombus terrestris*. Published by The Royal Society, 1-10. DOI: 10.1098/rspb.2014.0128.
- Canato, C.M. and Zucoloto, F.S., 1997.** Feeding behavior of *Ceratitis capitata* (Diptera, Tephritidae): Influence of carbo hyraingestion. Journal of Insect Physiology, 44(2), 149-155.
- Candy, D.J. and Kilby, B.A., 1975.** Insect biochemistry and function chapmanand Hall, London. 307.
- Cangussu, J.A. and Zucoloto, F.S., 1992.** Nutritional value and selection of different diets by edult *Ceratitis capitata* flies (Diptera: Tephritidae). Journal of Insect Physiology, 38(7), 485-491.
- Cerenius, L. and Soderhall, K., 2004.** The prophenoloxidase-activating system in invertebrates. Immunological Reviews, 198(1), 116-126.
- Chapman, R.F., 2003.** Contact chemoreception in feeding by phytophagous insects. The Annual Review of Entomology, 48, 455-84.
- Coogan, C.P.S., Raubenheimer, D., Steanhouse, B.G. and Nielsen, E.S., 2014.** Macronutrient optimization and seasonal diet mixing in a large omnivore, the grizzly bear: A geometric analysis. Journals Plos One 1-7.
- Cooper, M.D. and Alder, N.M., 2006.** The Evolution of Adaptive Immune Systems. Cell 124(4), 815-822.
- Cornelius, M.L., Grace, J.K. and Yates, J.R., 1996.** Acceptability of different sugars and oils to three tropical ant species (Hymen., Formicidae). Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz, 69(2), 41-43.
- Cotter S.C., Simpson S.J., Raubenheimer, D. and Wilson, K., 2010.** Macronutrient balance mediates trade-offs between immune function and life history traits. Functional Ecology, 25(1), 186-198.
- Çobanoğlu, S., 2002.** Biological control of arthropod pets in stored products. Proceedings of the 2 nd meeting of WG 4, Prague, Current Status of Stored Grain Management in Turkey, 30-31st May, 53-57.
- Dadd, R.H., 1983.** Essential fatty acids: insects and vertebrates compared in metabolik aspects of lipid nutrition in insects (Ed. By Mittler, T. E. and Dadd, R. H.). 107147. Westview Pres, Boulder, Colorado.

- Dadd, R.H., 1985.** Nutrition: Organisms. In: Kerkut GA, Gilbert LI (Eds) Comparative insect physiology, biochemistry and pharmacology. Pergamon, Oxford, 4, 177-217.
- Dursun, O., 2009.** DDVP' nin (Dichlorvos) Subletal Dozlarının *Galleria mellonella* (L.)'nin Protein, Lipit Ve Karbohidrat Düzeyine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Adana, Türkiye, 30 s., 12.
- Firidin, B., Yanar, O. ve Yılmaz, H., 2013.** Herbivor böceklerin besin dengeleme mekanizmaları. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 6(2), 103-105.
- Gelperin, A., 1966.** Control of crop emptying in the blowfly. Journal of Insect Physiology, 12, 331-345.
- Gilbert, L.I., 1967.** Lipid metabolism and function in insects. Advances Insect Physiology, 4, 69-211.
- González-Tokman, D.M. and Aguilar, C.A., 2011.** Male harassment and female energetics in the territorial damselfly *Hetaerina americana* (Fabricius) (Zygoptera: Calopterygidae). Odonatologica, 40, 1-15.
- Gullan, P.J. and Cranston, P.S., 2012.** The Insects: An Outline of Entomology. West Sussex, Fourth Edition, 565.
- Hahn, D.A., 2005.** Larval nutrition affects lipid storage and growth, but not protein or carbohydrate storage in newly eclosed adults of the grasshopper *Schistocerca americana*. Journal of Insect Physiology, 51, 1210–1219.
- Harborne, J.B., 1994.** Introduction to ecological biochemistry. Academic Press Bilgener, M. (Ç. Ed.), Ekolojik Biyokimyaya Giriş, 120 s., Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları, Samsun.
- Harvey, G.T., 1974.** Nutritional studies of eastern spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae) I Soluble sugars. The Canadian Entomologist, 106, 353–365.
- Hause, H.L., 1977.** Nutrition of natural enemies. In “Biological Control by Augmentation of Natural Enemies” (Ed. by Ridgway, R.L. and Vinson, S.B.). Plenum Pres, New York and London. 151-182.
- Helm, B.R., Slater, G., Rajamohan, A., Yocum, G.D., Greenlee, K.J. and Bowsher, J.H., 2017.** The geometric framework for nutrition reveals interactions between protein and carbohydrate during larval growth in honey bees. Biology Open, 1-29. bio.022582 doi: 10.1242.
- Hu, J.S., Gelman, D.B., Salvucci, M.E., Chen, Y.P. and Blackburn, M.B., 2010.** Insecticidal activity of some reducing sugars against the sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci*, Biotype B. Journal of Insect Science, 10(203), 1-22.

- Jensen, K., Mayntz, D., Wange, T., Simpson, S.J. and Overgaard, J., 2010.** Metabolic consequences of feeding and fasting on nutritionally different diets in the wolf spider *Pardosa prativaga*. *Journal of Insect Physiology*, 56, 1095–1100.
- Juma, G., Thiongo, M., Dutaur, L., Rharrabe, K., Marion-Poll, F., Le, Ru, B., Magoma, G., Silvain, J.F. and Calatayud, P.A., 2013.** Two sugar isomers influence host plant acceptance by a cereal caterpillar pest. *Bulletin of Entomological Research*, 103, 20-28. doi: 10.1017/S0007485312000387.
- Kılıcı, L., 2016.** Değirmen Güvesi *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae)'nin Besin Tercihi ve Pupa Kuru Ağırlığında Farklı Karbonhidratların Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize, Türkiye, 68 s., 12.
- Klemola, N., Klemola, T., Rantala, M.J. and Ruuhola, T., 2007.** Natural host-plant quality affects immune defence of an insect herbivore. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 123, 167-176
- Lee, K.P., 2007.** The interactive effects of protein quality and macronutrient imbalance on nutrient balancing in an insect herbivore. *The Journal of Experimental Biology*, 210, 3236-3244. DOI:10.1242/jeb.008060.
- Lee, K.P., 2015.** Dietary protein: carbohydrate balance is a critical modulator of lifespan and reproduction in *Drosophila melanogaster*: A test using a chemically defined diet. *Journal of Insect Physiology*, 75, 12-19.
- Lee, K.P., Cory, J.S., Wilson, K., Raubenheimer, D. and Simpson, S.J., 2006.** Flexible diet choice offsets protein costs of pathogen resistance in a caterpillar. *Proceedings of the Royal Society of London Series B*, 273, 823-829.
- Lee, K.P., Simpson, J.S. and Wilson, K., 2008.** Dietary protein-quality influences melanization and immune function in an insect. *Functional Ecology*, 22, 1052-1061.
- Li, J.J.W., Tracy, B. and Christensen, M., 1992.** Phenoloxidase activity in hemolymph compartments of *Aedes aegypti* during melanotic encapsulation reactions against microfilariae. *Developmental and Comparative Immunology*, 16, 41-48.
- Levinson, H. and Levinson, A., 1994.** 'Origin of grain storage and insect species consuming desiccated food', *Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz*, 67, 47–59.
- Limonta, L., Locatelli, D.P. and Stampini, M., 2008.** Effect of particle size of soft wheat flour on the development of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Stored Products Research*, 44, 269-272.

- Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L. and Randall, R.J., 1951.** Protein measurement with the folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*, 193, 265-75.
- Mason, A.P., Smilanich, M.A. and Singer, S.M., 2014.** Reduced consumption of protein-rich foods follows immune challenge in a polyphagous caterpillar. *The Company of Biologists*, 2250, 2250-2260. doi:10.1242.
- Mattson, W.J., 1980.** Herbivory in relation to plant nitrogen content. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 11, 119-161.
- Mehmetoğlu, R. ve Başhan, M., 1996.** *Melanogryllus desertus* Pall. (Orthoptera: Gryllidae)'nin karbohidrat ihtiyaçları. TÜBİTAK. *The Turkish Journal of Biology*, 23, 91-100.
- Moreau, J., Monceau, K. and Thiéry, D., 2015.** Larval food influences temporal oviposition and egg quality traits in females of *Lobesia botrana*. 89(2), 439-448. DOI 10.1007/s10340-015-0695-6.
- Mucklow, P.T. and Ebert, D., 2003.** Physiology of immunity in the water flea *Daphnia magna*: environmental and genetic aspects of phenoloxidase activity. *Physiological and Biochemical Zoology*, 76(6), 836–842.
- Nappi, J.A. and Christensen, B.M., 2005.** Melanogenesis and associated cytotoxic reactions: Applications to insect innate immunity. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*. 35(5), 443-459.
- O'Brien, N.M. and Aherne, S.A., 2002.** Dietary flavonols: chemistry, food content, and metabolism. *Nutrition*, 18(1), 75–81. DOI: 10.1016/S0899-9007(01)00695-5.
- Oonincx, D.G.A.B., Broekhoven, S.V., Huis, A.V., Joop, J.A. and Loon, V., 2015.** Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. *Journals Plos One*, 10(12), 1-20. DOI:10.1371/journal.pone.0144601.
- Pehlivan, E., 1978.** Kültür Bitkilerinin zararlı Böceklerle Karşı Dayanıklılığının Prensipleri. *Türkiye Bitki Koruma Dergisi*, 2(1), 43-54.
- Puterka, G.J., Gleen, M.D. and Sekutowski, G.D., 2003.** Pesticide delivery system. *United States Patent*, 9, 2-7.
- Povey, S., Cotter, S.C., Simpson, S.J., Lee, K.P. and Wilson, K., 2009.** Can the protein costs of bacterial resistance be offset by altered feeding behaviour? *Journal of Animal Ecology*, 78(2), 437-446.
- Price, P.A., Parthemore, J.G., Deftos, L.J., 1980.** New biochemical marker for bone metabolism. Measurement by radioimmunoassay of bone GLA protein in the plasma of normal subjects and patients with bone disease. *The Journal of Clinical Investigation*, 66(5), 878-883.

- Rantala, J.M., Kortet, R., Kotiaho, S.J., Vainikka, A. and Suhonen, J., 2003.** Condition dependence of pheromones and immune function in the grain beetle *Tenebrio molitor*. *Functional Ecology*, 17(4), 534-540.
- Rho, S.M. and Lee, P.K., 2016.** Balanced intake of protein and carbohydrate maximizes lifetime reproductive success in the mealworm beetle, *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Insect Physiology*, 91-92, 93-99.
- Rockstein, M., 1978.** *Biochemistry of Insects*. Academic Press (1), 1-55, New York.
- Ryan, M.F., 2002.** *Insect Chemoreception: Fundamental and Applied*. Kluwer Academic Publishers, NY, USA, 1, 1-8. (eBook) ISBN: 0-306-47581-2, (Print) ISBN: 1-4020-0270-x.
- Scriber, M., 1984.** Host-plant suitability. In: Bell WJ, Carde RT (eds) *Chemical ecology of insects*. Sinauer, Sunderland, Mass, 159-202.
- Sevgili, H., 2016.** İki çalı çekirgesi üzerinde doğal bağışıklık parametrelerinden fenoloksidaz aktivitesi ile litik aktivitenin ve hemolimfteki protein konsantrasyonunun yöntemsel olarak belirlenmesi, *Akademik Ziraat Dergisi* 5(1), 51-62.
- Simpson, S.J. and Raubenheimer, D., 2012.** The nature of nutrition: a unifying framework from animal adaptation to human obesity. Princeton: Princeton University Press, 229.
- Siva-Jothy, M.T. and Thompson, J.W., 2002.** Short-term nutrient deprivation affects adult immune function in the mealworm beetle, *Tenebrio molitor* L. *Physiological Entomology* 27(3), 206- 212.
- Southwood, R.E., 1978.** *Ecological methods, with particular reference to the study of insect populations*. London: The English Language Book Society and Chapman and Hall, 524.
- Srygley, R.B., Lorch, P.D., Simpson, S.J. and Sword, G.A., 2009.** Immediate protein dietary effects on movement and the generalised immunocompetence of migrating mormon crickets *Anabrus simplex* (Orthoptera: Tettigoniidae). *Ecological Entomology*, 34(5), 663-668. DOI: 10.1111/j.1365-2311.2009.01117.x.
- Sterner, R.W. and Esler, J.J., 2002.** *Ecological Stoichiometry: The Biology of Elements from Molecules to the Biosphere*. Princeton, NJ, USA. Princeton University Press, 439. ISBN 0691074917, 9780691074917.
- Thompson, S.N., 1979.** Effect of dietary glucose on in vivo fatty acid metabolism and in vitro synthetase activity in the insect parasite, *Exeristes roborator* (Fabricius). *Insect Biochemistry*, 9(6), 645-651.

- Tomic-Carruthers, N., 2007.** Development of meridic diet for *Hylobius transversovittatus* (Coleoptera: Curculionidae) and role of carbohydrates in feeding, growth and survival of larvae. Journal of Economic Entomology, 100(4), 1062-1070. DOI: 10.1093/jee/100.4.1062.
- URL-1, 2018.** http://www.ziraat.ege.edu.tr/enver/Sunular-depo-zar/2_Lepidoptera.pdf (29/05/2018).
- URL-2, 2018.** www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgu.num=5465465 (29/05/2018).
- URL-3, 2018.** <https://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5515746> (29/05/2018).
- URL-4, 2018.** <http://www.biyolojideferi.com/index.php/monosakkaritler>(29/05/2018).
- URL-5, 2018.** http://www.veterinary.ankara.edu.tr/fidanci/Ders_Notlari/Ders_Notlari/Karbonhidratlar.html(29/05/2018).
- Usta, R., 2016.** *Agelastica alni* (Coleoptera: Chrysomelidae) larvalarının immün sisteminde ve gelişiminde meydana gelen besin etkenli değişiklikler. Yüksek Lisans Tezi. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize, Türkiye, 68 s., 3-15.
- Vanderzant, E.S. and Richardson, C.D., 1964.** Nutrition requirements of the adult boll weevil: lipid requirements. Journal Insect Physiology, 10(2), 267-272.
- Vogelweith, F., Thiery, D., Moret, Y. and Memoreau, J., 2013.** Immunocompetence increases with larval body size in a phytophagous moth. Physiological Entomology, 38, 219–225. DOI: 10.1111/phen.12025.
- Vogelweith, F., Thiery, D., Moret, Y. and Memoreau, J., 2015.** Food-mediated modulation of immunity in a phytophagous insect: An effect of nutrition rather than parasitic contamination. Journal of Insect Physiology, 77, 55-61.
- Wakayama, E.J., Dillwith, J.E. and Blomquist, G.J., 1980.** In vitro biosynthesis of prostaglandins in the reproductive tissues of the male house fly, *Musca domestica* (L.). Zeitschrift fuer Angewandte Entomologie, 1010.
- Wasserman, S.A., Reece, B.J., Minorsky, P.V., Urry, L.A., Jackson, R.B. and Cain, M.L.U., 2013.** Campbell Biology, Palme yayınları, 9. Baskı, ISBN No: 9786053551478, 1263 s., Gündüz, M. and Türkan, İ. (Ç. Ed.), 62-80.
- Werren, J.H., 1987.** Labile sex ratios in wasps and bees. Bioscience, 9(7), 498- 506. DOI: 10.2307/1310422.
- Yamamoto, R.T., 1969.** Mass rearing of Tobacco Hornworm. II. larval rearing and pupation. Journal of Economic Entomology, 62(6), 1427-1431. DOI: 10.1093/jee/62.6.1427

Yanar, O., 2007. Meşe güvesi *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera:Lymantriidae) ve Amerikan beyaz kelebeği *Hyphantria cunea* (Drury) (Lepidoptera:Arctiidae)'de besin seçimi ve gelişimine etki eden kimyasal faktörlerin geometrik analizlerle belirlenmesi. Doktora Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, Türkiye, 84 s., 24-31.

Yang, S., Haviola, S. and Ruuhola, T., 2007. Temporal and spatial variation in mountain birch foliar enzyme activities during the larval period of *Epirrita autumnata*. Springer link, 17(2), 71-80.

Zanotto, F.P., Raubenheimer, D. and Simpson, S.J., 1994. Selective egestion of lysine by locusts fed nutritionally unbalanced foods. Journal Insect Physiology, 40(3), 259-265. DOI: 10.1016/0022-1910(94)90049-3.

Zuk, M. and Stoehr, A.M., 2002. Immune defense and host lifehistory. The American Naturalist, 160, 9-22.

ÖZGEÇMİŞ

Ebru YAZICI, 09.09.1991 tarihinde İstanbul'da doğdu. İlköğretimini Mehmet Ali Yılmaz ilköğretim okulu'nda (İstanbul), Ortaöğretimini ise Beylerbeyi Hacı Sabancı Lisesi'nde (İstanbul) tamamladı. 2009-2013 yıllarında Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümünü tamamladı. 2014 yılından itibaren Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı'nda başladığı yüksek lisans öğrenimine halen devam etmektedir.

