

**T.C.  
RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KIZILAĞAÇ YAPRAK BÖCEĞİ, *Agelastica alni* L.  
(COLEOPTERA:CHRSMELIDAE)'NİN BESİN TERCİHİNDE  
GIDA-ALELOKİMYASAL İLİŞKİSİ**

**DİLEK YILDIZ**

**Tez Danışmanı:**

**Yrd. Doç. Dr. NURVER ALTUN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**


**RİZE 2013**

T.C.

RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KIZILAĞAÇ YAPRAK BÖCEĞİ, *Agelastica Alni* L.  
(COLEOPTERA: CHRSMELIDAE)'nin BESİN TERCİHİNDE  
GIDA-ALELOKİMYASAL İLİŞKİSİ

Bu çalışma, 10/10/2013 tarihinde yapılan sınav ile BİYOLOJİ Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

	Ünvanı, Adı, Soyadı	İmzası
Tez Danışmanı	: Yrd. Doç. Dr. Nurver ALTUN	
Jüri Üyesi	: Doç. Dr. Nurhayat ÖZDEMİR	
Jüri Üyesi	: Yrd. Doç. Dr. Özlem FAİZ	

ONAY

26/12/2013



Doç. Dr. Fatih YILMAZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ÖNSÖZ

Bu çalışma Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Programında gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan ve tezimin her aşamasında her türlü desteğini yanımda hissettiğim değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Nurver ALTUN'a teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmaları esnasında her türlü desteği sağlayarak her zaman yanımda olan Ahmet BIYIK ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli arkadaşlarım Burcu YANIK, Ebru KANTARCI, Muhammed DEMİRCİ ve Miraç DURMUŞ'a sonsuz teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında olduğu gibi bu çalışma döneminde de her türlü sevgisini, sabrını, maddi ve manevi tüm desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli aileme hayatımı anlamlı kıldıkları için sonsuz teşekkür ederim.

## ÖZET

### KIZILAĞAÇ YAPRAK BÖCEĞİ, *Agelastica alni* L. (COLEOPTERA:CHRSMELIDAE)'nin BESİN TERCİHİNDE GIDA-ALELOKİMYASAL İLİŞKİSİ

Bu çalışmada, geometrik analiz yöntemi kullanılarak polifaj bir tür olan *Agelastica alni* (L) larvalarının besin seçimi, gıda dengeleme mekanizması ve sekonder maddelerin larvaların gelişimleri üzerine etkisi araştırılmıştır.

Tercihsiz beslenme deneylerinde 13 farklı besin kullanılmıştır. Tercihsiz beslenme deneylerinde son evredeki larvalar kullanılmıştır. Larvalara proteini fazla olan [B (2P:K)], karbohidratı fazla olan [C (P:2K)] ve eşit miktarda protein ve karbohidrat içeren besinlere farklı oranlarda sekonder madde ilave edilerek hazırlanan besinler [(A, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M)] verilmiştir. Proteini ve karbohidratı eşit olan A besinine % 1, % 3 ve % 5 oranında gallik asit, % 0,125, % 0,25 ve % 0,5 oranında kinin ve % 1 gallik asit + % 0,5 kinin, % 1 gallik asit + % 0,125 kinin, % 5 gallik asit + % 0,125 kinin ve % 5 gallik asit + % 0,5 kinin eklenerek sekonder maddeli besinler hazırlanmıştır.

Aşırı miktarda protein veya karbohidrat içeren besinlerle beslenen larvaların pup protein miktarlarının ve pup ağırlıklarının azaldığı belirlenmiştir. Elde edilen veriler, sekonder maddelerin larvaların toplam besin tüketimini etkilediğini göstermiştir. Sekonder maddeli besinlerde gallik asit miktarı arttıkça larvaların besin tüketimleri artarken, pup kuru ağırlığı, pup lipit miktarı ve pup protein miktarlarında düşüş görülmüştür. Kinin ihtiva eden sekonder maddeli besinlerde kinin konsantrasyonu arttıkça; larvaların besin tüketimleri, pup kuru ağırlığı, pup lipit miktarı ve pup protein miktarı düşüş göstermiştir.

**ANAHTAR KELİMELER:** *Agelastica alni*, Besin seçimi, Geometrik analiz, Sekonder madde

## ABSTRACT

### THE EFFECT OF NUTRIENT-ALLELOCHEMICALS INTERACTION ON FOOD PREFERENCE OF ALDER LEAF BEETLE, *Agelastica alni* L. (COLEOPTERA:CHRYSOMELIDAE)

In this study, the food choice, the nutritional regulatory mechanism and the effects of secondary metabolites on the growth of the generalist caterpillars, *Agelastica alni* (L), were investigated using Geometric Framework.

A no choice feeding experiment has been applied with a total of 13 food; 1 of which was the control food, 2 of which protein-biased and carbohydrate biased foods, 6 of which were prepared by adding different concentrations of tannic acid (1, 3, 5 %) and quinine (0,125, 0,25, 0,5 %) to the control food, 3 food with 2 combinations prepared by adding different concentrations of gallic acid and quinine. Newly moulted final instar larvae were used in no-choice experiment.

According to results, the pupal weight and pupal protein rate decreased with intake of foods containing excess protein or carbohydrate level. Secondary compounds could affect the total food consumption of larvae. While food consumption of larvae increased with gallic acid concentration on the food containing gallic acid; the pupal weight, pupal lipid rate and pupal protein content were decreased. Food consumption of larvae, pupal weight, pupal lipid rate and pupal protein content were decreased with quinine concentration on the food containing quinine.

**KEY WORDS:** *Agelastica alni*, Food selection, Geometric analysis, secondary compound.

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	I
ÖZET.....	II
ABSTRACT.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
TABLolar DİZİNİ.....	VII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.1.1. <i>Agelestica alni</i> L. (Coleoptera: Chrysomelidae)'nin Karakteristik ve Ekolojik Özellikleri.....	1
1.1.2. Besin kalitesi.....	4
1.1.2.1. Bitkilerde Azotun Önemi.....	5
1.1.2.2. Sekonder Maddeler.....	6
1.1.3. Besin Arama Davranışı (foraging) Teorileri.....	10
1.1.3.1. Geometrik Analiz.....	11
1.1.3.2. Hedefler, Boyutlar, Geçerlilikler.....	12
1.1.3.3. Tercihsiz Testlerde Alım Hedefine Ulaşma.....	13
1.1.3.4. Karar Verme Kuralı Örnekleri.....	15
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	22
2.1. Materyaller.....	22
2.1.1. Türün Sistematikteki Yeri.....	22
2.1.2. Coğrafi Dağılışı.....	22
2.2. Metot.....	23
2.2.1. Çalışma Alanı.....	23
2.2.2. Larvaların Toplanması ve Laboratuarda Yetiştirilmesi.....	23
2.2.3. Yapay Besin İçerikleri.....	24
2.2.4. Beslenme Deneyleri.....	26
2.2.5. Kloroform ile Lipit Analizi.....	26
2.2.6. Protein Analizi.....	26
2.2.7. İstatistik Analizler.....	27
3. BULGULAR.....	28

<b>4. TARTIŞMA ve SONUÇ</b> .....	47
<b>5. ÖNERİLER</b> .....	53
<b>6. KAYNAKLAR</b> .....	54
<b>7. ÖZGEÇMİŞ</b> .....	61

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. <i>A.alni</i> yumurta evresi.....	2
Şekil 2. <i>A. alni</i> larva evresi.....	2
Şekil 3. <i>A. alni</i> larvalarının kızılağaç yapraklarıyla beslenmesi.....	2
Şekil 4. <i>A. alni</i> larvalarının kızılağaç yapraklarıyla beslenmesi.....	2
Şekil 5. <i>A. alni</i> pupa evresi.....	3
Şekil 6. <i>A. alni</i> ergin evresi.....	3
Şekil 7. Gallik asidin açık formülü.....	8
Şekil 8. <i>Cinchona officinalis</i> .....	10
Şekil 9. (a, b). Tercihsiz testlerde beslenme, (c) Tercihli testlerde beslenme.....	14
Şekil 10. Karar Verme Kuralı Örnekleri.....	16
Şekil 11. (A, C) İlişkisizlik Kuralı. (B) Uzlaşma Kuralı.....	18
Şekil 12. En yakın mesafe kuralı.....	19
Şekil 13. En yakın mesafe kuralı.....	20
Şekil 14. Rat'larda eşit mesafe kuralı.....	21
Şekil 15. <i>B.schistocerca</i> 'da eşit mesafe kuralı.....	21
Şekil 16. Sıçanlarda uzlaşma kuralına bir örnek.....	21
Şekil 17. Çalışma alanı.....	23
Şekil 18. <i>A. alni</i> larvalarının protein ve karbohidrat alım hedefi.....	28
Şekil 19. Gıdaca dengeli ve dengesiz besinlerde larvaların besin tüketim miktarları, pup kuru ağırlıkları ve pup lipit miktarlarının değişimi.....	33
Şekil 20. Farklı sekonder madde ihtiva eden besinlerle beslenen larvaların besin tüketim miktarlarının değişimi.....	36
Şekil 21. Farklı sekonder madde ihtiva eden besinlerle beslenen larvaların pup kuru ağırlıklarının değişimi.....	37
Şekil 22. Farklı sekonder madde ihtiva eden besinlerle beslenen larvalarda besin tüketimine bağlı olarak pup lipit miktarlarının değişimi.....	37
Şekil 23. Farklı sekonder madde ihtiva eden besinlerle beslenen larvalarda besin tüketimine bağlı olarak pup protein miktarlarının değişimi.....	38
Şekil 24. Kontrol besinine farklı konsantrasyonlarda sekonder madde eklendiğinde gözlenen tüketim miktarı, pup kuru ağırlığı ve pup lipit miktarı değişimleri.....	38



## TABLolar DİZİNİ

<b>Tablo 1.</b> Yamamoto yapay besininin içindeki madde miktarları (1 kg için).....	24
<b>Tablo 2.</b> Sentetik besinlerin içeriğindeki maddeler ve miktarları.....	25
<b>Tablo 3.</b> <i>A. alni</i> larvalarının tercihsiz beslenmelerinde kontrol besinine göre gıdaca dengesiz besinlerde; tüketilen besin, pup kuru ağırlığı, pup lipid miktarı, pup protein miktarı, tüketilen protein ve tüketilen karbohidrat miktarları.....	29
<b>Tablo 4.</b> <i>A. alni</i> larvalarının tercihsiz beslenmelerinde kontrol besinine göre gallik asit ihtiva eden besinlerde; tüketilen besin, pup kuru ağırlığı, pup lipid miktarı, pup protein miktarı, tüketilen protein ve tüketilen karbohidrat miktarları.....	30
<b>Tablo 5.</b> <i>A. alni</i> larvalarının tercihsiz beslenmelerinde kontrol besinine göre kinin ihtiva eden besinlerde; tüketilen besin, pup kuru ağırlığı, pup lipid miktarı, pup protein miktarı, tüketilen protein ve tüketilen karbohidrat miktarları.....	31
<b>Tablo 6.</b> <i>A. alni</i> larvalarının tercihsiz beslenmelerinde kontrol besinine göre gallik asit ve kininin birlikte ihtiva ettiği besinlerde; tüketilen besin, pup kuru ağırlığı, pup lipid miktarı, pup protein miktarı, tüketilen protein ve tüketilen karbohidrat miktarları.....	32
<b>Tablo 7.</b> <i>A. alni</i> larvalarının tercihsiz beslenme deneylerinde tüketilen kinin ve gallik asidin pup ağırlığı, pup lipit miktarı ve pup protein miktarı arasındaki ilişki...	39
<b>Tablo 8.</b> <i>A. alni</i> larvalarının tercihsiz beslenme deneylerinde besin gruplarında tüketilen protein miktarına göre pup ağırlığı, pup lipit miktarı ve pup protein miktarı arasındaki ilişki.....	41
<b>Tablo 9.</b> <i>A. alni</i> larvalarının tercihsiz beslenme deneylerinde besin gruplarında tüketilen karbohidrat miktarına göre pup ağırlığı, pup lipit miktarı ve pup protein miktarı arasındaki ilişki.....	43
<b>Tablo 10.</b> <i>A. alni</i> larvalarının tercihsiz beslenme deneylerinde besin gruplarında, besin tüketimine göre pup ağırlığı, pup lipit ve pup protein miktarı arasındaki ilişki.....	45

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Yeryüzündeki biyolojik çeşitliliğin büyük kısmını böcekler oluşturmaktadır. Bu denli geniş yayılış alanına sahip olan böcekler ekvatorlardan kutuplara, çöllerden ormanlık alanlara, soğuk su alanlarından kaplıcalara kadar pek çok yerde yaşamaktadırlar. Ekolojik olarak herbivor böceklerin önemi oldukça fazladır. Böcekler, güneş enerjisini kullanarak besinlerini sentezleyen bitkileri yiyerek besin zincirinin ilk halkasını oluştururlar (Ryan, 2002). Gelişmek ve üremek için bitkileri tüketerek ihtiyaçları olan gıdaları elde ederler. Bitkilerin tam başarısını (fitness) doğrudan ya da dolaylı olarak azaltırlar. Herbivor böceklerin besin ve beslenme davranışı oldukça çeşitlidir. Yeşil bitki dokularıyla, nektarlarla, polenlerle, gelişmekte olan tohumlar gibi özelleşmiş bitki kısımlarıyla beslenirler. Herbivor böcekler, bitki seçimlerine göre 3 grupta toplanırlar (Bernays, 1998). Monofaj böcekler, bir tek bitki türüyle beslenirler. Oligofaj böcekler, aynı familyaya ait birden çok bitki türüyle beslenen canlılardır. Polifaj böcekler ise çeşitli familyalara ait birden fazla bitki türüyle beslenen böceklerdir (Ryan, 2002). Bu tip ekolojik öneme sahip türlerden biri de *Agelastica alni* (L) türüdür.

#### 1.1.1. *Agelastica alni* L. (Coleoptera: Chrysomelidae)'nin Karakteristik ve Ekolojik Özellikleri

Genellikle kızılalağaç (*Alnus sp.*) ve söğüt (*Salix sp.*) türlerinde popülasyon patlaması düzeyinde ortaya çıkan (Tischler, 1977) oligofaj bir yaprak böceği olan *A. alni* hemen hemen her yıl düzenli olarak kızılalağaçlarda önemli düzeyde yaprak kayıplarına neden olmaktadır (Tischler, 1977). Bazı yıllarda da kızılalağaçların *A. alni* tarafından yapraksızlaştırıldığı görülmektedir. Kışı kuytu, korunaklı yerlerde ve toprakta geçiren erginler, ilkbaharda havalar ısınınca fındık tepe yaprakları üzerinde görünürler. Mayısın sonuna kızılalağaçların gölgede kalan dip yapraklarını tercih ederler. 15-20 gün beslendikten sonra çiftleşen dişiler yumurtlamaya başlarlar. Yumurtlama süresi 1,5 ay kadardır. Bu sürede bir dişi ortalama olarak 600 kadar yumurta bırakır. Yumurtalar yaprak alt yüzeyinde gruplar halindedir (Şekil 1). Kuluçka süresi ortalama 7 gündür. Yaprak alt yüzeyinde toplu olarak beslenen larvalar 3 kez deri değiştirir 25-30 günde olgunlaşırlar. *Agelastica alni* larvaları siyah renkte az tüylü ve 12 mm kadardır (Şekil 2). Olgunlaşan larvalar toprağa iner ve hazırladığı yüksük içerisinde pupa olurlar. Bunlardan temmuz ve ağustos ayında erginler çıkar. Kızılalağaç yaprak böceği, parlak

mor görünüşlü, mavi renkte 7 mm. boyundadır (Şekil 4). Bir kısım erginler ikinci döl verirler. İkinci döl larvaları eylülde toprağa girip ergin olursa da burada kışı geçirirler. Diğer erginler ise muhtelif korunaklı yerlerde kışlarlar (Vassiliev, 1912; Makhnovskii, 1955).



Şekil 1. *A.alni* yumurta evresi



Şekil 2. *A. alni* larva evresi  
(Yıldızlı 1 Köyü/Trabzon-Dilek YILDIZ)



Şekil 3. *A. alni* larvalarının kızılgağaç yapraklarıyla beslenmesi  
(Yıldızlı 1 Köyü/Trabzon-Dilek YILDIZ)



Şekil 4. *A. alni* larvalarının kızılgağaç yapraklarıyla beslenmesi  
(Yıldızlı 1 Köyü/Trabzon-Dilek YILDIZ)



Şekil 5. *A. alni* pupa evresi



Şekil 6. *A. alni* ergin evresi

*A. alni* larvaları rahatsız edildiklerinde birinci ve sekizinci abdominal segmentler arasında dorso lateral olarak yer alan ekzokrin bezlerinden bir sıvı salgılar. Bu salgı birçok polifaj ve predatörden sakınmaya yarayan kimyasal savunma sistemini teşkil eder (Baur ve Rank, 1996).

Yılda bir döl veren *A. alni* türünün hem ergin bireyleri hem de larvaları konak bitki yapraklarıyla beslenir. Erginler kızılâğaç yapraklarında 3-5 mm çapında delikler açarlar. Larvalar ise yaprağın ince damarlarına dokunmaksızın alt yüzeyinden kemirerek onu bir dantel haline getirirler.

*A. alni*, kavak söğüt ve huş ormanlarının büyüklüğünü azaltarak dağ erozyonları başta olmak üzere önemli ortam değişikliklerine sebep olur. Zararlıının verdiği erozyon zararına orman kemerleri engel olur. Ayrıca şehirlerde tarlalara vermiş olduğu zararın yanısıra şehir estetiğine de önemli ölçüde zarar verir (Makhnovskii 1955; Vassiliev, 1912). *A. alni* salgın yaptığı dönemlerde ikincil konak olarak fındık bitkisini de tercih etmektedir. Bu özelliğinden dolayı, salgın dönemlerinde yörede kültürü yapılan fındık bitkisinin zarar görmesi, zararlıının ekonomik önemini arttırmaktadır.

*A. alni*, herhangi bir bölgesel bitki koruma organizasyonu tarafından ilan edilen bir zararlı değildir. Daha önce birçok SSCB güney ülkelerinde zararlı olarak kabul edilmiştir. Özellikle Avrupa ve Akdeniz Bitki Koruma Organizasyonu (EPPO) için Avrupa kısmının doğu ve güney alanlarındaki birçok orman ve meyve bitkilerini korumak oldukça önemlidir. (EPPO) tarafından potansiyel EPPO üyesi olarak kabul edilen ülkeler; Kırgızistan; Kazakistan, Kırgızistan, Özbekistan, Tacikistan,

Türkmenistan, Çin, İran ve Afganistan'dır (Vassiliev, 1912; Pavlovskii ve Shtakelberg, 1955; Medvedev, 1983; Maslov, 1988). Ülkemizde ise genellikle Karadeniz sahil şeridinde yayılmış göstermektedir (Firidin, 2008).

*A. alni*'nin bölgemizde özellikle kızılâğaç bitkisini tercih etmesinin, bu bitkinin kimyasal özelliklerinin, zararlının besinsel ihtiyaçlarını karşılamada doğrudan ya da ekolojik ilişkilerini ilgilendiren dolaylı etkilerinin olabileceği düşüncesini doğurmaktadır. *A. alni* ile yapılan çalışmalar genellikle biyolojik mücadele (Sezen vd., 2004), konak tercihinin belirlenmesinde sekonder maddelerin, yaprak yaşının önemini (Ikonen vd., 2001; Ikonen, 2002) ve gübrelenmiş farklı bitkilerde *A. alni*'nin gelişimini (Firidin, 2008) araştırmaya yöneliktir. Bu çalışmada, *A. alni* larvalarının besin tercihinde sekonder madde karışımlarının ve gıda içeriğinin sinerjistik etkisi geometrik analiz yöntemiyle araştırılmıştır. *A. alni*'nin besin tercihinde sekonder maddelerin ve besinin gıda içeriğinin yapay besinlerle belirlenmesine yönelik herhangi bir çalışma mevcut değildir. Bu nedenle yapılacak olan çalışma özgün bir nitelik taşımaktadır.

### **1.1.2. Besin Kalitesi**

Organizmalar, yaşamları boyunca büyümek ve üremek için enerjiye ihtiyaç duyarlar. Tüm canlıların hedefi, büyümek ve üremek için ihtiyaçları olan gıdaların elde edilmesidir. Grup halinde yaşayan böcekler; bitki, hayvan ya da küçük canlılar dahil olmak üzere besin kaynaklarına geniş bir yelpazede yayılırken, bireysel olarak yaşayanlar büyüme ve üreme için gerekli enerjiyi daha sınırlı kaynaklardan sağlarlar. Böcekler tarafından kullanılan besin kaynaklarının kullanılabilirliği yoğunluk ve böcekler tarafından algılanabilme gibi çevre koşullarına bağlı olarak farklılık gösterir (Scriber, 1984). Bir besinin kalitesi, canlının besini alıp sindirmek için harcadığı enerji ve bunun karşılığında aldığı enerji ve besin değeridir. Enerji ve organik moleküllerin besin değeri, elementer kompozisyonu ve atomlar arasındaki bağ enerjisinin bir ürünüdür. Ancak organik bileşenlerin hepsi eşit oranda sindirilebilir değildir. Bazı besin kaynakları çok az besin değeri taşırken bazıları ise ortak enzimler tarafından dahi sindirilemez. Birçok organik molekül organizmaların büyük çoğunluğu için toksiktir, kullanılamaz. Vasküler bitki dokuları büyük ölçüde belirli organizmalar tarafından sindirilebilen lignin ve selülozdan oluşmaktadır. Özellikle de azot ölü bitkilerle beslenen hayvanları sınırlamaktadır. Bazı organik moleküller sindirim enzimleri

tarafından toksik bileşenlere ayrılırlar. Bu nedenle gıda temini tüm canlılar için bir mücadeledir (Scriber, 1984).

Böcekler; bitki, hayvan ve ölü organik madde gibi çok çeşitli kaynaklarla beslenirler. Amino asitler, kolesterol, B vitamini ve P, K, Ca, Na, vb. gibi inorganik maddeleri, tüm böcekler için gerekli olan gıda maddelerini oluşturur (Chapman, 2003; Sterner and Elser, 2002).

Bazı besin kaynakları içeriğindeki toksik maddelere göre farklılık gösterir. Yüksek lignin içeriği kuvvetli bir çene yapısı olmayan herbivorlar tarafından besinlerin kullanılmasını sınırlandırmıştır. Toksin içeren gıda kaynaklarından ve caydırıcı besinlerden yararlanmak, hayvanlar için zaman ve enerji harcanmasına neden olmaktadır. Bazı türler ise gelişimlerini tamamlamak için gerekli olan azot ve fosfor gibi gıdaları birkaç yıl gibi uzun bir sürede kazanırlar (Scriber, 1984).

#### **1.1.2.1. Bitkilerde Azotun Önemi**

Çeşitli bitki özelliklerinden biri olan azot içeriği, herbivorlar için hayati öneme sahiptir. Azot ve azotlu bileşikler; zar yapısı, genetik kodlama gibi birçok metabolik faaliyette görev yaptığı için organizmaların gelişiminde önemli rol oynayan bir elementtir (Mattson, 1980). Bir herbivorun üreme ve gelişme başarısı, bitkileri sindirebilme ve bitkilerden azotu veya azotlu gıdaları elde etme başarısına bağlıdır (Scriber, 1984). Azot, herbivorların populasyon dinamiğini sınırlayan bir elementtir. Bitkilerin azot içeriği arttıkça herbivorların populasyon dinamiği de artmaktadır. Bitkilerdeki azot içeriğinin böceklerin populasyon yoğunluğunu etkilediğine dair en güçlü kanıtlar yaprak emici böceklerle yapılan çalışmalardan elde edilmiştir. Besinlerdeki yüksek azot içeriği afitlerde büyümenin artmasını ve hızlı gelişmeyi teşvik eder (Scriber, 1984). Bitkilerin düşük azot içeriği herbivorların üreme kapasitesini etkiler. Yılda bir döl veren (univoltin) türlerde, herhangi bir yılda konak bitkilerin besin içeriğindeki değişme, konak bitkiyle beslenen böceklerin bir sonraki yıldaki populasyon yoğunluğunu etkileyebilir (Scriber, 1984).

Azot miktarına ek olarak azotun kullanılabilirliği de oldukça önemlidir. Su miktarı ve sekonder metabolitler azotun kullanılabilirliğini etkileyen faktörlerdendir (Mattson, 1980).

### 1.1.2.2. Sekonder Maddeler

Herbivorlar sürekli değişen bir dünyada yaşarlar. Bitkinin kimyasal yapısını meydana getiren gıda ve toksin içeriği yıl içerisinde sürekli olarak değiştiiğinden herbivorlar, gıda ihtiyaçlarını karşılamada oldukça zorlanırlar.

Tüm yeşil bitkiler gelişimlerinin bir aşamasında sekonder madde üretirler (Hartman, 1996). Proteinler, karbohidratlar, nükleik asitler ve lipitler gibi temel kimyasal maddelere ek olarak savunma amaçlı üretilen sekonder maddeler de bitki-hayvan ilişkilerinde önemli rol oynarlar (Ryan, 2002). Sekonder maddelerin primer maddelerden farkı; hücre bölünmesi, nükleik asit duplekasyonu, protein sentezi, zarların ve organellerin oluşturulması, enerji metabolizması, hücre taşınması ve sinir aktivitesi gibi hücre primer metabolizmasında genellikle görev almamalarıdır. Biyosentetik orjinleri bakımından primer metabolizmaya bağlı olmasına rağmen sekonder maddeler, hem aynı tür içindeki hem de farklı türler arasındaki iletişimde sinyal olarak görev yapar. Bu sinyaller bazen çevreye doğrudan doğruya verilirken; bazen de bireylerin doku ve organlarında biriktirilir. Bu sekonder sinyalleri ancak saldırgan bir organizma, o doku veya organı besin olarak tüketirse veya işgal ederse algılayabilir. Bitki organ ve dokularında bulunan gıdaların miktarları böceklerin gelişmelerini, hayatlarını sürdürmelerini ve üreme başarılarını etkiler.

Bitkilerin gelişme ve büyümelerine doğrudan hiçbir etkisi olmadığı zannedilen sekonder maddelerin bitkiler alemindeki görevleri uzun süre aydınlatılamamıştır (Croteau vd., 2000). Bitki fizyologlarının ve kimyacılarının çoğu, sekonder bitki maddelerini bitki hayatına hiçbir etkisi bulunmayan, primer metabolizmanın atık ürünleri olarak kabul etmişlerdir. Bu fikir bitki ve böcekler arasındaki karmaşık ilişkileri inceleyen biyologlar tarafından çürütülmüştür. Fraenkel (1959), böcek beslenme davranışında sekonder bitki maddelerinin doğrudan görev yaptığını ileri süren ilk araştırmacı olmuştur. Fakat bu görüş, Ehrlich ve Raven'in 1965 yılında yazdığı bir makalede kelebekler ve bitkilerin ortak evrimleşmesinde sekonder maddelerin muhtemelen anahtar rol oynadığını işaret edene kadar yaygın olarak kabul edilmemiştir. Ehrlich ve Raven'in (1965) çalışmalarında, sekonder maddelerin hayvan ve bitkilerin biyokimyasal ortak evrimleşmesinin temel taşları olduğu ileri sürülmüştür.

Ehrlich ve Raven'in çalışmasından sonra alkaloidler, terpenoidler, flavonoidler gibi sekonder maddelerin görevleri, bitkilerle herbivor böceklerin ortak evrimleşmesi

ışığı altında yoğun olarak araştırılmıştır. Schoonhoven (1968, 1972), Fraenkel (1969), Dethier (1972), Meeuse (1973) ve Feeny (1975) bu konuyu detaylı olarak ele alıp aydınlatmışlardır. Fakat, sekonder maddelerin ekolojik fonksiyonları olduğu görüşü çeşitli araştırmacılar tarafından reddedilmiştir (Mothes, 1973). Sekonder maddeler bitki savunma sistemlerinde görev aldığı ve bitki-herbivor ortak evrimleşmesinde anahtar rolü oynadığı teorisi, bitki-herbivor ilişkilerine dair birçok konuyu aydınlığa kavuşturmaktadır:

1- Herbivor böceklerin yok edici potansiyeline rağmen özellikle çiçekli bitkilerin her çeşit karasal ekosistemlerde yayılmasını ve baskın duruma geçmesini izah eder (Feeny, 1975).

2- Herbivor böceklerin çoğu besin tercihi bakımından bitkiler arasında ayrım yapar. Böceklerin çoğu aynı familya veya cinse ait akraba bitki türleriyle beslenir.

3- Belirli bir böceğin konak bitkileri benzer sekonder maddelere sahiptir.

4- Angiospermelerin hepsi en az bir çeşit sekonder maddeye yüksek oranda sahip olma eğilimindedir. Bitkiler, bu maddeleri herbivor böceklerin saldırısını kontrol edebilecek miktarda biriktirirler (Harborne, 1994).

Bitki-hayvan ilişkilerinde rol oynayan sekonder maddeler; (i) Tanen, kinon ihtiva eden flavonoidler, basit fenoller gibi fenolik maddeler, (ii) alkaloidler, aminler, non-protein amino asitler, siyanojenik glikozitler, glikosinolatlar gibi azotlu bileşikler, (iii) terpenoidler, saponinler, limonoidler, kukurbitasinler, kardenolidler, karotenoidler ve (iiii) poliasetilenlerdir (Ryan, 2002).

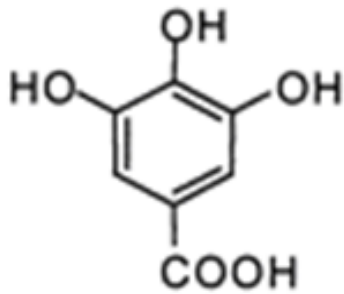
Bir bitki türünün herbivora karşı en önemli savunma aracı kimyasal silahlarıdır. Bitkilerde bulunan kimyasal maddeler yaprakların besin değerini düşürerek veya yenilebilirliğini azaltarak, yani dokuda bir toksin, nahoş tat veya caydırıcı bir kokuya sebep olarak herbivor böceklerin besin tercihlerini etkilerler. Sekonder maddelerin çoğu böcekler için zehirlidir. Bu durum yalnız alkaloidler değil, terpenoidler ve oksijenli heterosiklik maddelerle de başılır (Ehrlich ve Raven, 1965, Harborne, 1994).

Yapısal olarak farklı sekonder maddelerin meydana gelmesi, bir bitki türü ve onunla beslenen herbivor böcek türleri arasında devam eden karşılıklı mücadelede, gelişen yeni bileşikleri üreten bireylerin seçilerek populasyonlara hakim duruma geçmesiyle olabilir (Macel vd., 2005). Bu birlikte evrimleşme modeli, sekonder maddelerin herbivor böceklere etkilerinin farklı olmasının onların yapısal farklılığından



kaynaklandığını işaret etmektedir (Berenbaum ve Feeny, 1981; Miller ve Feeny, 1983). Sekonder bileşikler böcekler karşı ya cezbedici ya da caydırıcıdır. Bazı sekonder maddeler de sindirim olaylarını etkileyerek böceklerin reddedeceği bir bitkiyi öğrenmesine imkan verir (Bernays ve Lee, 1988), yani özelleşmemiş beslenme cezbedicisi veya beslenme uyararı olarak hizmet eder (Bernays, 1998). Aynı zamanda, sekonder maddeler, böceğin besleneceği ya da yumurta bırakacağı uygun konak bitkiyi tanımayı öğrenmede işaret olarak hizmet eder. Sekonder madde sınıflarından birisi olan tanenler, polifenol yapısında sekonder maddeler olup yüksek yapılı bitkilerin pek çoğunda bulunan ve suda çözünebilen bileşiklerdir. Ellagitanenler, gallotanenler, kompleks tanenler ve kondens tanenler olmak üzere dört temel gruba ayrılırlar. Molekül ağırlıkları 500-20000 Dalton arasında değişmekte olup çok sayıda hidroksil grubu ve fonksiyonel grup içermektedirler. Ayrıca, protein ve diğer makro moleküllerle çapraz bağlar oluşturabilirler. Gallotanenlerin parçalanmasıyla gallik asit denilen fenolik bir madde ortaya çıkar. Gallik asit, moleküler ağırlığı küçük bir fenoliktir. Bu fenolik madde bitkilerde gallik asit olarak meydana gelir. Fakat bu madde genellikle bitkiler tarafından üretilen gallik asidin basit esterleri olan gallotanenlerinin parçalanmasının başlıca ürünüdür (Hagerman ve Butler, 1991; Hagerman vd., 1992). Gallik asidin toksik etkileri; tavşanlarda, sıçanlarda, koyunlarda ve *Trichosurus vulpecula*'larda kanıtlanmıştır (Booth vd., 1959; Dollahite vd., 1962; Murdiati vd., 1992; Oswald, 1993).

Gallik asit *Eucalyptus* yapraklarında yaygın olarak bulunur (Hillis, 1966 a, b, 1967) ve çölde *Trichosurus vulpecula* tarafından doğal olarak tüketilir. Gallik asit şikimik asit yoluyla korizmik asitten türetilir. Kapalı kimyasal formülü  $C_7H_6O_5$ 'dir. Gallik asidin açık kimyasal formülü Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Gallik asidin açık formülü

Gallik asidin antioksidant, antibakteriyal, antiinflamatuvar, antitumörjenik ve kimyasal koruyucu özellikleri olduğu bilinmektedir (Kang, vd., 2008; Kim, vd., 2006; Birosová, vd., 2005; Giftson, vd., 2009).

Tanenler; proteinler, mineraller, nişasta ve sindirim enzimleriyle kompleks oluşturarak gıdaların besleyici değerinde azalmaya neden olmaktadır. Tanenlerin proteinler ve diğer bileşiklerin yanı sıra sindirim enzimleriyle de kompleks oluşturduğu ve buna bağlı olarak sindirimde bir azalma meydana getirmesinin kinetiği Bilgener (1988) tarafından pepsin, pankreatik proteaz, bakterial proteaz, alfa amilaz ve hemiselüloz enzimleri ile çalışılarak ortaya konmuştur. Sindirim enzimlerinin tanenler tarafından inhibe edilmesinin besindeki tanenlerin kimyasal yapısına, ortamın pH derecesine ve ortamda bulunan selüloz gibi diğer besin polimerlerine bağlı olduğu ortaya konmuştur.

Bitkilerde böcek beslenmesi üzerinde caydırıcı etkide bulunan bir diğer grup ise alkaloidlerdir. Alkaloidler bir bitki tarafından doğal olarak üretilen amin yapısında kimyasal bileşiklerdir. Ayrıca hayvanlar ve mantarlar tarafından üretilen aminlere de alkaloidler denir. Doğal olarak birçok bitki türünde ve yalnızca birkaç hayvanda bulunan, yapısındaki karbon hidrojen ve azot atomlarının varlığıyla nitelenen organik maddeler sınıfıdır.

Alkaloidler genellikle şu özelliklere sahiptir;

1. Bitkisel kaynaklıdır. Çok azı hayvan kaynaklıdır.
2. Zayıf baz özelliğindedir.
3. Azot ihtiva eder.
4. Çok küçük miktarları bile insan ve hayvanlar üzerinde güçlü fizyolojik etkiye sebep olur.

Genel olarak bağımlılık yapıcı özellikleri ile bilinirler. Molekül yapısı oldukça karmaşık olan alkaloidlerde, genellikle amin yapısı içinde en az bir azot atomu bulunur. Azota karbon ve hidrojenden oluşan hidrokarbon grupları bağlanmıştır ve amin yapısı çoğu kez azot yada hidrokarbon grupları üzerindeki halkalı bir yapının içinde bulunur. Bugün bin civarında alkaloid çeşidi bilinmektedir. Alkaloid ihtiva eden bitki denilince % 0.01 oranından fazla alkaloid içeren bitki anlaşılmalıdır. Daha çok bitkilerin patlıcangiller (Solanaceae), gelincikgiller (Papaveraceae), kökboyarıgiller (Leguminosae), familyalarında bulunurken, gülgiller (Rosaceae), buğdaygiller

(Graminaceae), nanegiller (Labitae), topluecekgiller (Compositae), familyalarındaki cinslerde bulunur. İhtiva ettikleri kimyasal halkalara gore; kinolin, izokinolin, piridin alkaloidleri olarak da adlandırılır.

Alkaloidlerin beslenmeyi engelleyici etkileri azot atomlarının sayısı, zincirler veya moleküler ağırlıkla ilişkili değildir. Bunların etkisi uyarıtı yoluna etki ederek olmaktadır. Kinin de bu alkaloidlerden biridir. Çok acı bir tada sahip olan kinin, kokusuz, kinolin grubu bir alkoloiddir. Zehirli olup eterde, alkolde, kloroformda, karbon dislfürde, alkali ve asitlerde öznr. Günümüzde sıtma (malaria) hastalığının tedavisinde *Cinchona officinalis* (kına kına ağacı) bitkisinin kabuğundan elde edilerek kullanılan kinin oldukça önemlidir.



Şekil 8. *Cinchona officinalis*

### 1.1.3. Besin Arama Davranışı (Foraging) Teorileri

Herbivor böceklerin neler yiyebileceklerine ve besinlerini nasıl elde edebileceklerine etki eden birçok karmaşık davranış biçimleri mevcuttur (Bernays, 1998). Bu davranış biçimlerine topluca besin arama davranışları (*foraging*) denir.

Herbivorların besin seçmesinde iki genel yaklaşımleri sürülmüştür:

A) Herbivorlar, besin ihtiyaçlarını uygun besinlerden karşılayıp zehirli veya caydırıcı sekonder maddelerden kaçınırlar (Freeland ve Janzen, 1974).

B) *Optimal besin arama ve elde etme teorisine* göre, hayvanların birim zamanda elde ettikleri enerjiyi azami değerlere eriştirecek şekilde beslendikleri ileri sürülmektedir (Belovsky, 1984).

Son 20 yılda ileri sürülen bazı modellerde ise, birim zamanda azami besin alınmasında bazı sınırlayıcıların bulunduğu belirtilmektedir. Bu modellerden biri *self seleksiyon modelidir*. Self seleksiyon modeline göre, hayvanların çoğu bir enerji

kaynağından azami düzeyde beslenme yerine, uygun bir gıdasal dengeyi sağlayacak şekilde besin seçmeye ve elde etmeye adapte olmuşlardır. Bu modele göre, bir hayvan ihtiyaç duyduğu gıda maddelerini dengeli olarak elde edecek şekilde beslenir (Waldbauer ve Friedman, 1991). Self-seleksiyonun iki temel kriterine göre: 1) Hayvanlar, besinlerini rastgele seçmeyip bilinçli bir seçim uygular. 2) Hayvanlar, temel besinlerini belli oranlarda almaya çalışırlar. Böceklerin temel besinleri, proteinler, karbohidratlar ve yağlar olmak üzere üç ana grupta toplanabilir. Ayrıca su ve minerallerin alınması ve tutulması da önemlidir (Scriber, 1984). Besin alımını dengeleme problemi; yaşanan habitat, mevcut seçilecek besinler, besin alımını ayarlama ve sürekli değişen metabolik ihtiyaçlara göre çeşitli kimyasal maddelerin kullanımını içeren karmaşık bir olaydır. Bir hayvanın büyüme, gelişim veya üreme evrelerine bağlı olarak besinsel ihtiyaçlarında veya kompozisyonunda değişiklikler; a) benzer besinleri az veya çok yeterli miktarda yeme b) barsak iç yüzeylerinden veya vücut yüzeylerinden emme ve c) metabolik ihtiyaçlar, gelişme ve üreme için kullanma gibi üç yolla başarılı veya alternatif besin kaynakları seçilir (Simpson ve Abisgold, 1985). Son yirmi yılda elde edilen deneysel kanıtlar, böceklerin optimal başarılarını destekleyecek şekilde bir besin karışımını seçtiklerini göstermiştir (Waldbauer ve Friedman, 1991, Simpson ve Simpson, 1990, Simpson vd., 1995). Bu bulgulardan yola çıkılarak böcekler ve diğer hayvanların gıda ayarlamasını değerlendirmek için “*Geometrik Analiz*” adı verilen bir kavram ve deney çerçevesi geliştirilmiştir.

### **1.1.3.1. Geometrik Analiz**

“*Geometrik Analiz*”; besin bileşenlerinin bazıları kısıtlanarak diğer besin bileşenlerinin aşırı yenmesine karşı, kısıtlanan besin bileşenlerinin yeterli derecede alınmaması durumuyla hayvanlar karşılaştınca; çeşitli gıdaların alımındaki dengeleme rollerini kullanmalarını ve büyümeyi ayarlama durumlarını içine alan gıda ayarlama tepkilerindeki *temel değişken* olarak tanımlanır. “*Geometrik Analiz*” çalışmalarının hedefi, gıda ayarlama sistemlerinin nasıl düzenlendiğinin esasını oluşturan genel prensipleri araştırmaktır.

Çeşitli ve sürekli değişen metabolik ihtiyaçlara karşı farklı kimyasal bileşenlerin yerlerinin belirlenmesi, seçilmesi, yenilmesi ve kullanımının dengelenmesi temel bir gıda kontrol problemidir (Simpson ve Raubenheimer, 1999). Başlıca sorun, sindirilmiş besinlerdeki gıdalar arasındaki ilişkilerin azaltılması ya da engellenmesidir. Örneğin,

hayvanların protein gibi gıdaların alımını kontrol edip etmediğini belirlerken, ilgili gıdanın besindeki konsantrasyonunun, besindeki diğer gıdaların oranındaki değişiklik dikkate alınmadan değiştirip değiştirmediğini anlamak zordur (Simpson ve Raubenheimer, 1999). Besin seçimini ve beslenmeyi etkileyen belirli gıdalar, böyle yaklaşımların geçerliliğinin sorgulanmasına sebep olabilirler. Esasen kullanılan gıdaların ne kadar enerji verdiklerinden çok ne kadar etkili oldukları önemlidir. Tek boyutlu yaklaşımlar; gıdasal ve ekolojik gelişmelere değerli katkılar sağlarken, gıda sınıfları arasında meydana gelen ilişkileri tam olarak açıklayamamaktadır (Simpson ve Raubenheimer, 1999). Besinlerin farklı gıda boyutlarını ortaya çıkarmak için Parks, Moon ve Spencer tarafından karışım teorisi kullanılarak çeşitli denemeler yapılmıştır (Toyomitsu vd., 1993; Friggens vd., 1993). Karışım teorisi, besinlerin belirli bir gıda karışımından meydana getirilmesini sağlar. Fakat bu teori, ne hayvanların genel fizyolojik durumunu, ne de içerikteki çeşitli gıdaların alınan miktarlarını birleştirecek kapsamda değildir. Bu nedenle alternatif bir geometrik analiz modeli geliştirilmiştir. Bu model, çeşitli böceklerin gıda kontrolü çalışmalarında uygulanmıştır. Bu modele geometrik yaklaşım adı verilmiş olup; besin çeşidini, gıda maddelerini, hayvanın gıda ihtiyacını, gıda zararlarını, belirli besinlerin alımını, vücuttaki bileşimini ve hayvanın performansından kaynaklanan hayvanın gıda durumundaki değişikliklerini içeren gıda açısından önemli faktörleri tek bir model içerisinde birleştirmeye imkan verir (Simpson ve Raubenheimer, 1999). Sindirim ve sindirim sonrası aşamalar, birlikte gıda kontrolünü, evrimsel ve gelişme tarihindeki ekolojik durumların içeriğindeki bazı mekanizmaların yorumlanmasını ve yerleştirilmesine imkan verir (Simpson ve Raubenheimer, 1999). Yani geometrik analiz, gıdanın işlevsel, düzenleniş, ontogenetik ve karşılaştırmalı yönlerini açıklar.

### **1.1.3.2. Hedefler, Boyutlar, Geçerlilikler**

Hayvanlar hayatlarını sürdürmek, gelişmek, üremek ve metabolik aktivitelerini başarmak için çeşitli gıdalara ve enerjiye ihtiyaç duyarlar (Simpson ve Raubenheimer, 1993; Simpson ve Raubenheimer, 1999). Bu özellik hayvanlar ve gıda ortamı arasındaki karmaşık ilişkilerin doğmasını sağlar. Her zaman dokuların belirli oranda ve karışımda gıda ihtiyaçları vardır.

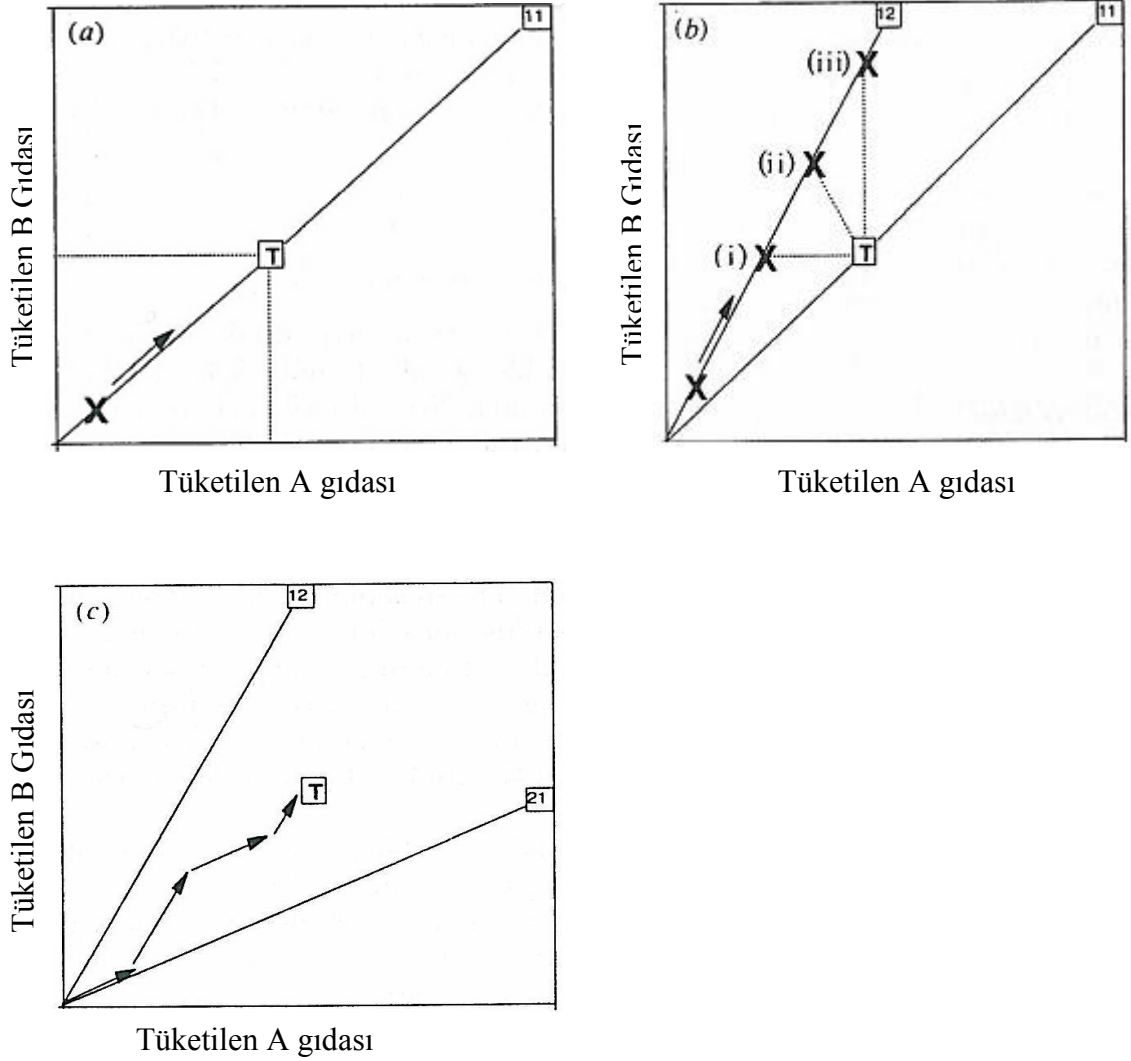
Herhangi bir miktar ve karışımda alındığında, hayvanların tam başarısını (fitness) azami seviyeye çıkaran gıda miktarına *gıda hedefi* denilmektedir. Hedefler  $n$  sayıda

ihtiyaç duyulan farklı gıdaların bulunduğu “ $n$  boyutlu” gıda uzayında yer alırlar. Gıda hedefi, gün içerisinde değişik zamanlarda, gelişim durumu gibi nedenlerden dolayı sürekli değiştiğinden hayvanların elde edebilecekleri gıda kaynakları da değişebilir. Hayvanlar da değişen gıda ihtiyaçlarını karşılamak için sürekli olarak  $n$  boyutlu gıda uzayında hareket ederler (Raubenheimer ve Simpson, 1993).

Dokuların ihtiyaç duydukları gıdaların karşılanması; beslenme ve beslenme sonrası olan aşamalar olmak üzere iki aşamadan ibarettir (Simpson vd., 1995). *Alım hedefi*, alındıktan sonra optimal verimlilikte etki edebilecek gıda miktarı ve karışım olarak tanımlanır. Böylece gıda hedefine ulaşılır. *Gelişme hedefi* ise yeni dokuların oluşturulabilmesi için (somatik, üreme, depo) ihtiyaç duyulan optimal miktarda ve karışımda gıdanın gıda uzayındaki yeridir. Gelişme hedefi, katabolizma için ihtiyaç duyulan gıda miktarı ile gıda hedefinden ayrılır (Raubenheimer ve Simpson, 1993).

### **1.1.3.3. Tercihsiz Testlerde Alım Hedefine Ulaşma**

Bir hayvan, alım hedefine ulaşmak için tükettiği besin miktarını artırarak veya azaltarak ve sunulan besin çeşitleri arasında seçim yaparak beslenmesini düzenleyebilir (Simpson ve Raubenheimer, 1993). Verilen bir besin, kimyasal bileşenleri belirli bir oranda içerir. Gıdasal olarak dengeli tek çeşit besinle sınırlandırılan bir hayvanın beslenmesinde, herhangi bir gıdanın alım miktarı diğer gıdaların alım miktarıyla doğru orantılı olarak artar. Hayvan çok boyutlu gıda uzayında bir hatta sınırlanmış olarak görülebilir. Besin hayvanın o an ki ihtiyaçlarına göre düzenlenmişse ve alım hedefi o hattaysa hayvan alım hedefine ulaşabilir (Simpson ve Raubenheimer, 1993).



**Şekil 9.** (a, b). Tercihsiz testlerde beslenme, (c) Tercihli testlerde beslenme

Şekil 9a; fonksiyonel olarak ilişkili sadece 2 gıdayı içeren basit bir sistemi anlatmaktadır. Bu iki gıda besinde 1:1 oranında bulunmaktadır. Burada hayvan her iki gıda için de ihtiyaçlarını karşılayana kadar optimal beslenme davranışı gösterir.

Fakat, besin gıda bakımından dengesizse yani 1:2 oranında A ve B besinlerini içeriyorsa; (Şekil 9b); hayvan 1:2 hattında sınırlanır ve 1:1 hattında bulunan alım hedefine ulaşamaz. Herhangi alternatif bir besin yoksa hayvan 3 seçeneğe sahiptir:

(i)- B gıdası için alım hedefine ulaşıncaya kadar beslenir. Sonra beslenmeyi keser. Bu durumda A gıdasından A'nın alım hedefine göre daha az alınabilir.

(ii)- A gıdasına göre aşırı B gıdasına göre az olacak şekilde; bu ekstrem değerler arasında bir orta noktaya kadar beslenir.

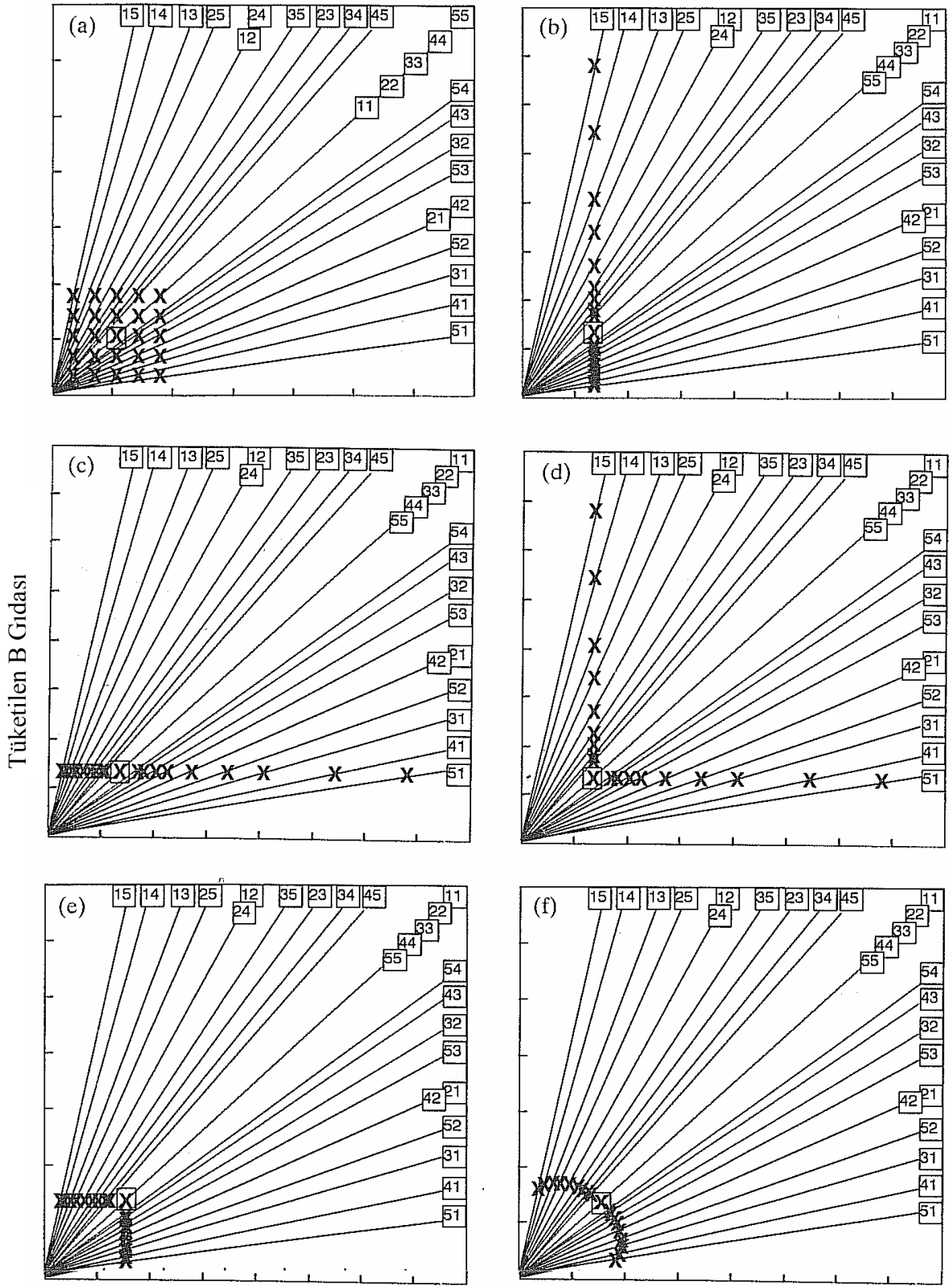
(iii)- A gıdası için alım hedefine ulaşıncaya kadar beslenir. Bu durumda B gıdasından aşırı bir şekilde almış olur.

Besinler iki ya da daha fazla gıda için dengesiz olduğu durumlarda bu anahtar noktada; ilgili gıdaların alımının düzenlenmesi mekanizmaları arasında çelişkiler vardır (Raubenheimer, 1992). i, ii ve iii'deki davranışlar “karar verme kuralına” dayanır (Pyke, 1978).

#### **1.1.3.4. Karar Verme Kuralı Örnekleri**

Şekil 9b iki gıda bakımından teorik olarak dengesiz bir besinle beslenme durumunu göstermektedir. Bir gıdanın aşırı, diğer gıdanın az miktarda alındığı durumlarda, bunlar arasında bir çatışma ortaya çıkarak alım hedefine ulaşılamayabilir. Alım hedefinin tercih hatlarıyla bağlanan düzlemin dışında bulunduğu tercih durumları içinde aynı durum uygulanabilir (Simpson ve Raubenheimer, 1993). Bu durumda, hatların her birinde en iyi uzlaşma noktası yer alır. Bu noktanın durumu hayvanların gıdasal olarak dengesiz besinlerle baş etmesini sağlamak için evrimleşmiş mekanizmaları yansıtır. Birlikte ele alınırsa farklı hatların oluşturduğu bir gruptaki en iyi uzlaşma noktaları belirgin bir şekil gıda düzlemini oluşturur. Alım hedefine göre bu şeklin biçimi ve yeri mekanizmanın ifade ettiği “işlevsel kuralı” ortaya koyar. Hayvanlara 5 farklı oranda A ve B gıdaları içeren 25 besinden biri verildiğinde Şekil 10'daki hatlar ortaya çıkmıştır. Bu hatlar şu şekilde yorumlanabilir:





Tüketilen A Gıdası  
**Şekil 10.** Karar Verme Kuralı Örnekleri

Kural 1: (Şekil 10a), A ve B gıdalarından ne kadar ihtiva ettiğine bakmaksızın besinlerden aynı hacimde yer. Bu durumda hayvanlar hiçbir gıdanın alımını düzenlenemez ve alım hedefi en yakın dönemdekinden farklıdır. Çünkü, tüm hayvanlar besinlerden aynı miktarda yerler ve besinlerin içerdikleri A ve B gıdalarının oranları farklıdır. B gıdasına karşılık alınan A gıdası miktarı işaretlendiğinde kare şekli ortaya çıkacaktır.

Kural 2: (Şekil 10b), B gıdasından ne kadar tüketildiği önemsizmeden A gıdası için alım hedefine ulaşıncaya kadar besin tüketilir. Sadece A gıdası düzenlenir ve B gıdasından alım hedefine nispeten aşırı miktarda bir alım olur.

Kural 3: (Şekil 10c), A gıdasından ne kadar tüketildiğine bakılmaksızın B gıdası için alım hedefine ulaşıncaya kadar besini tüketir. 2. kuralın tersidir.

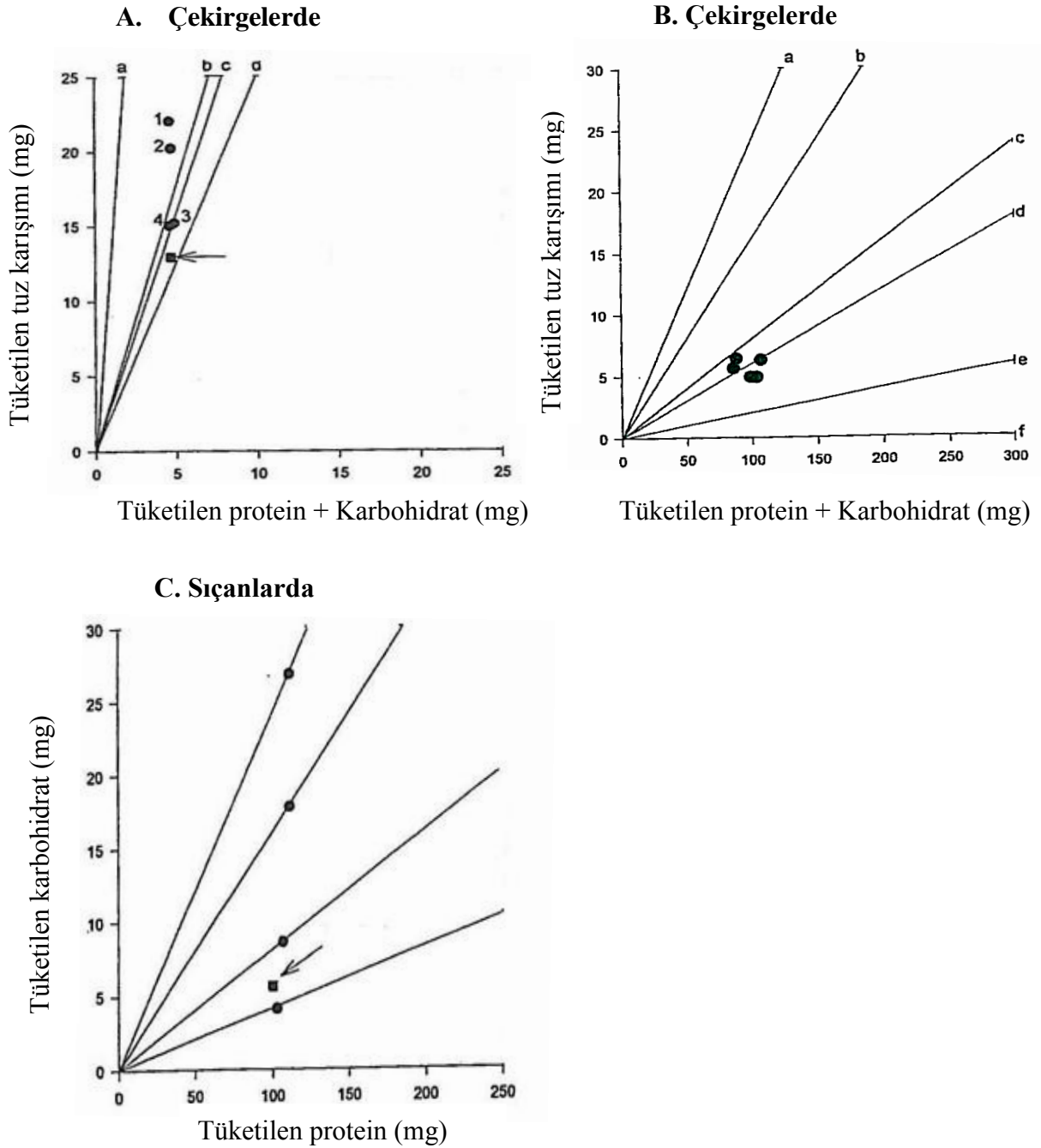
Kural 4: (Şekil 10d), hem A hem de B gıdası için alım hedefine ulaşıncaya kadar besin tüketilir. Bu arada gıdalardan biri için alım hedefine ulaşılrken diğer gıdadan fazla miktarda alınabilir. Canlı, bu durumda hem A hem de B gıdasını alım hedeflerine göre düzenlemiştir. Hem A hem de B gıdası ilgili hedef seviyelerine kadar kontrol altında tutulur ve alım hedefinin üstünde bir seviyede her iki gıdadan daha fazla alınmasını gerektiren bir zorunluluk yoktur.

Kural 5: (Şekil 10e), ya A ya da B gıdası için alım hedefine ulaşıncaya kadar beslenme vardır. Beslenme gıdalardan birisi için alım hedefine ulaşılnca kesilir. Hem A hem de B gıdası bu durumda kontrol altındadır. Fakat her iki gıdayı da alım hedefinin üzerinde yemeyi gerektiren güçlü fizyolojik zorunluluklar olabilir.

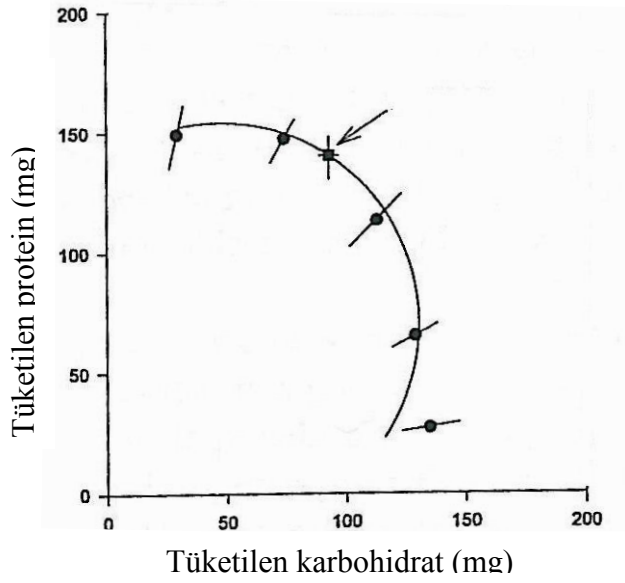
Kural 6: (Şekil 10f), hat üzerinde alım hedefine geometrik olarak en yakın noktaya ulaşıncaya kadar yerler. Bu durumda her iki gıda da güçlü bir şekilde düzenlenir. Her iki gıdadan da yakın oranlarda alınması da sağlanır. Bunun sonucunda konveks bir şekil oluşur (Raubenheimer ve Simpson, 1993).

Bugüne kadar böceklerde ve omurgalılarda çeşitli uzlaşma kuralları tanımlanmıştır. İki boyutlu örnekler Şekil 11'den Şekil 15'e kadar grafiklerle gösterilmiştir. Şekil 11'de "ilişkisizlik kuralı" na ilişkin örnekler gösterilmektedir. Şekil 11.A'da; çekirgeler optimal seviyenin altında tuz içeren besinle beslendiklerinde protein ve karbohidrat alımını düzenler ve pasif olarak tuz alımı değişir. Gıdaca tamamlayıcı besinler arasında değişim yaptıklarında hem tuz hem de makro gıdaların alımını düzenlerler (Şekil 11B).

Diğer örnek sıçanlarla yapılan bir çalışmadır. Sıçanlara verilen besin çiftlerinde P:K oranı alım hedefinden daha azdır. Sıçanlar karbohidrata karşılık protein alımlarını düzenlemiştir (Sekil 11C), (Simpson ve Raubenheimer, 1999).

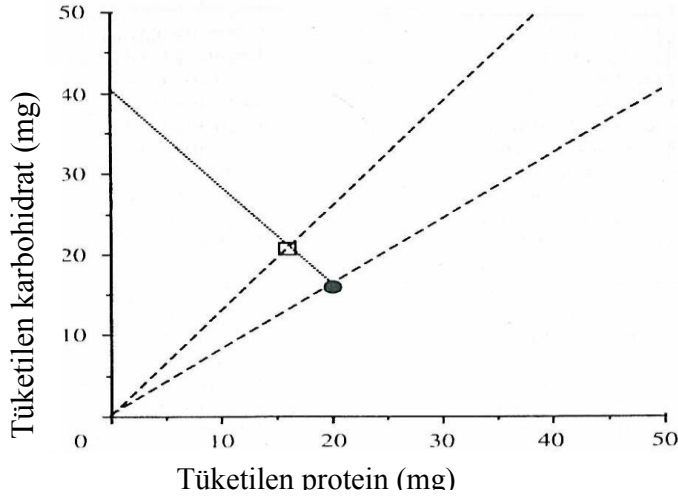


Şekil 11. (A, C) İlişkisizlik Kuralı. (B) Uzlaşma Kuralı



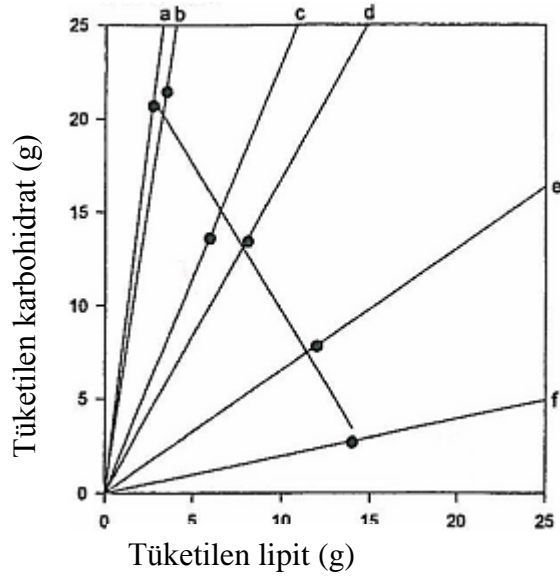
**Şekil 12.** En yakın mesafe kuralı

2. uzlaşma kuralı Şekil 12’de gösterilmiştir. “*En yakın mesafe kuralı*”; hayvan besin hattında alım hedefine geometrik olarak en yakın noktaya erişecek şekilde tercihlerini yapar (Simpson ve Raubenheimer, 1999). 5. larva evresindeki *Locusta migratoria* bireylerinde protein ve karbohidrat alımında en yakın mesafe optimizasyonu görülmektedir (Şekil 12). Hayvan bir gıdayı daha fazla diğerini daha az yiyerek alım hedefine en yakın noktaya ulaşmaya çalışır (Simpson ve Raubenheimer, 1999). Yine en yakın mesafe kuramı *Helicoverpa zea* (Waldbauer vd., 1984) ve *Tribolium confusum* (Waldbauer ve Bhattacharya, 1973) türleriyle yapılan çalışmalarda da gösterilmiştir. Waldbauer ve Bhattacharya (1973), *Tribolium confusum* larvalarıyla yaptıkları çalışmada, bu böceklerin ya buğday kepeği (wheat germ) ve endospermiyle ya da bu besinlerin karışımıyla beslendiklerini bulmuşlardır. Larvalar hem kepekte hem de seçilen karışımda aynı oranda gelişmişlerdir. Verilen besinler arasında tercih yapan böcekler, alım hedefine ulaşırlarsa yalnız kepekle beslenen böcekler hedefe en yakın noktaya erişecek şekilde beslenirler (Şekil 13).

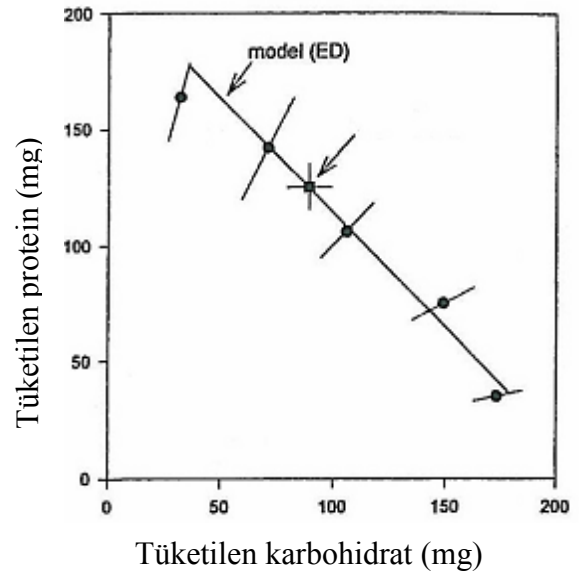


**Şekil 13.** En yakın mesafe kuralı

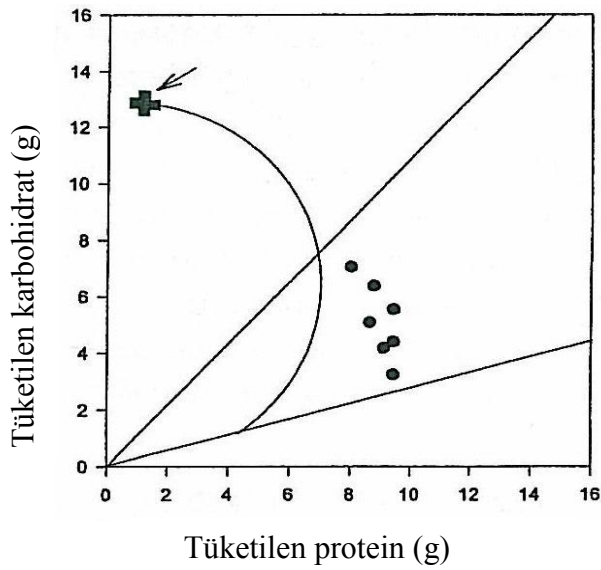
3. kural, “eşit mesafe” kuralı olarak adlandırılır. Hayvanlar kendi hatlarında iki gıdanın toplam alımının alım hedefiyle aynı olduğu noktaya yönelirler. Bu gibi sonuçlar için tamamen farklı iki açıklama ileri sürülmüştür: 1. İki gıda karşılıklı olarak değişebilir. Sıçanlara protein, karbohidrat ve lipit içeriği değişen çeşitli besinlerden biri verilmiştir. Şekil 14’te bu durumda karbohidrata karşı lipit alımları gösterilmiştir (Friggens vd., 1993) ve alım noktaları 2’ye yakın bir eğimle düşüş gösterir. Friggens vd., (1993) iki makro gıdanın enerji ihtiyaçlarının karşılanmasında kullanıldığı fikrini ileri sürmüşlerdir (yağ karbohidrata karşı iki kat daha fazla enerji verir). Tersine; Şekil 15’te gösterilen örnekte ise farklı bir açıklamaya ihtiyaç vardır. *Schistocerca gregaria*’nın, protein ve karbohidrat alımı için eşit mesafe kuralı ile açıklanmaktadır. Bu iki makro gıdanın alımının bu tür tarafından ayrı ayrı düzenlendiği bilinmektedir. Ayrıca protein ve karbohidrat gelişen çekirgelerde birbirine dönüştürülemezdir. Yakın akraba olan Afrika göçmen çekirge türleri ise en yakın mesafe kuralını sergilemektedirler (Şekil 12). Buna karşılık *S. gregaria* türü protein ve karbohidrat alımını kombine bir sınıra kadar azami seviyeye çıkarmaktadır. Bu türlerin uzlaşma kurallarındaki farklılık, onların yaşadıkları habitatların ekolojik özelliklerine dayanarak açıklanabilir. Çöl çekirgeleri zor koşulların hüküm sürdüğü habitatlarda yaşarlar ve çok değişik bitki türleriyle beslenmek zorundadırlar; besinleri habitatlarda düzgün dağılış göstermez ve farklı niteliktedir. Buna karşılık Afrika göçmen çekirgeleri nispeten daha elverişli habitatlarda yaşar ve monofaj olarak beslenirler. Polifaj türler monofaj türlere göre aşırı alınan gıdalardan daha etkili bir şekilde faydalanabilir (Simpson ve Raubenheimer, 1999).



Şekil 14. Rat'larda eşit mesafe kuralı



Şekil 15. *B.schistocerca*'da eşit mesafe kuralı



Şekil 10. Sıçanlarda uzlaşma kuralına dair örnek

Şekil 11C'de optimal orandan daha az P:K içeren besinler verilen sıçanların protein alımını düzenlediği fakat karbohidrat alımını düzenleyemediğini göstermektedir. Farklı bir deneyden elde edilen şekil 16'daki örnekte ise tam tersi doğrultuda yani alım hedefinden daha fazla protein içeren besinler sunulduğunda, farklı bir stratejinin uygulandığı ileri sürülmüştür. Muhtemelen karbohidrat alımını sınırlamak için daha fazla protein alan sıçanlar, amino asitleri deamine ederek alınan fazla proteini enerji elde etmek için solunumda substrat olarak kullanırlar (Simpson ve Raubenheimer, 1999).

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Materyaller

Çalışmamızda *A. alni* larvalarının besin tercihi ve gelişiminde makro gıdalardan protein ve karbohidrat ile sekonder maddelerden kinin ve gallik asidin etkisi geometrik analiz yöntemi ile incelenmiştir.

#### 2.1.1. Türün Sistematikteki yeri

Regnum : Animalia  
Phylum : Arthropoda  
Classis : Insecta  
Ordo : Coleoptera  
Familia : Chrysomelidae  
Genus : Agelastica  
Species : *A. alni*

#### 2.1.2. Coğrafi Dağılışı

*A. alni* larvaları; Kırgızistan, Kazakistan, Kırgızistan, Özbekistan, Tacikistan, Türkmenistan, Çin, İran ve Afganistan'da, Türkiye'de ise Doğu Karadeniz bölgesinde geniş dağılışı gösterirler.

## 2.2. METOD

### 2.2.1. Çalışma alanı

Bu çalışmada kullanılan örnekler Trabzon'un Araklı ilçesine bağlı Yıldızlı 1 köyünden alınmıştır.



Şekil 17. Çalışma alanı

### 2.2.2. Larvaların Toplanması ve Laboratuvarda Yetiştirilmesi

*A. alni* (L.)' larvaları, Doğu Karadeniz bölgesinde bulunan Araklı/Trabzon Yıldızlı 1 köyünden, 2012 yılı Mayıs ayının ilk haftasında konak bitki üzerinde beslenirken toplanmıştır.

Larvalar, yeterince geniş ve ışık geçirebilen ortak bir toplama kabına alınarak Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Biyoloji Bölümü Zooloji Araştırma Laboratuvarına getirilmiştir. Birinci gelişim evresinde olan larvalar, çalışmanın amacına uygun olarak çalışılacak olan her besin tipi için 10'lu setler halinde, her yetiştirme kabına 1 larva düşecek şekilde yerleştirilmiştir.



### 2.2.3. Yapay Besin İçerikleri

Bu çalışmada, çeşitli konsantrasyonlardaki protein ve karbohidratın, sekonder maddelerden kinin ve gallik asidin ve sekonder madde karışımlarının *A. alni* larvalarının büyüme ve gelişmesi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle de farklı içeriklerde yapay besinler hazırlanmıştır. Larvaları beslemek amacıyla Yamamoto (1969) tarafından geliştirilen yapay besin kontrol besini olarak kullanılmış ve A harfi ile sembolize edilmiştir.

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

Besin maddesi	Miktar
Buğday kepeği (ruşeym)	80 g
Kazein (sigma (c-6554))	36 g
Sakkaroz	32 g
Torula mayası ( <i>Sigma</i> (y-4625))	16 g
Vitamin karışımı (Vanderzant vitamin mixture <i>Sigma</i> (V-1007))	10 g
Tuz karışımı (Wesson salt mixture <i>Sigma</i> (W-1374))	8 g
Kolesterol ( <i>Sigma</i> (C-2044))	0.2 g
Sorbik asit ( <i>Sigma</i> (S-1626))	2 g
Metil paraben ( <i>Sigma</i> (H-3647))	1 g
Keten yağı ( <i>Sigma</i> (L-3026))	1 ml
Agar	20 g
Su	800 ml

Yamamoto (1969) tarafından geliştirilen yapay besin içeriğinde bulunan maddeler buğday ruşeymi, protein olarak kazein, karbohidrat olarak sakkaroz, torula mayası, vitamin karışımı, tuz karışımı, kolesterol, sorbik asit, metil paraben, keten yağı, agar ve sudur (Tablo 1). Yamamoto besin içeriğine gallik asit ve kinin ilave edilerek farklı besinler hazırlanmıştır. Bu maddelerle yapay besin hazırlanırken kullanılan maddelerin

toplam kuru ağırlığının % 1, % 3 ve % 5 oranlarında gallik asit ilave edilerek üç çeşit yapay besin hazırlanmış ve sırasıyla bu besinler D, E, F harfleriyle sembolize edilmiştir. Yamamoto besin içeriğinin toplam kuru ağırlığının % 0,125, % 0,25 ve % 0,5 konsantrasyonlarında kinin ilave edilerek hazırlanan besinler sırasıyla G, H, I olarak adlandırılmıştır. Sekonder madde karışımlarının etkisini belirlemek için besin içeriğine gallik asit ve kinin ilavesiyle % 1 gallik asit + % 0,5 kinin; %1 gallik asit + % 0,125 kinin; % 5 gallik asit + % 0,5 kinin; % 5 gallik asit + % 0,125 kinin ve % 5 gallik asit + % 0,5 kinin ihtiva eden besinler hazırlanmış ve sırasıyla J, K, L, M olarak sembolize edilmiştir.

Ayrıca kontrol besinindeki protein (P) miktarı karbohidrat miktarının iki katına çıkarılarak B yapay besini ve karbohidrat (K) miktarı protein miktarının iki katına çıkarılarak C yapay besini hazırlanmıştır.

**Tablo 2.** Sentetik besinlerin içeriğindeki maddeler ve miktarları

BESİN TİPİ	BESİN İÇERİĞİ
A (KONTROL BESİNİ)	P:K
B	2P:K
C	2K:P
D	% 1 gallik asit
E	% 3 gallik asit
F	% 5 gallik asit
G	% 0,125 kinin
H	% 0,25 kinin
I	% 0,5 kinin
J	% 1 gallik asit + % 0,5 kinin
K	% 1 gallik asit + % 0,125 kinin
L	% 5 gallik asit + % 0,125 kinin
M	% 5 gallik asit + % 0,5 kinin

#### **2.2.4. Beslenme Deneyleri**

*A. alni* larvaları son larva evresine geldiklerinde her bir besin çeşidi için 10 tane larva olacak şekilde plastik kaplara alınmış ve beslenme deneylerine başlanmıştır. Gün aşırı yeni besinler verilerek 0,001 g hassasiyetli terazide tartılmış, önceki günden kalan besinler etüvde kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları tartılmıştır. Ayrıca larvalar gün aşırı tartılarak ağırlık değişimleri not edilmiş ve bu işlemlere larvalar pup oluncaya kadar devam edilmiştir.

#### **2.2.5. Kloroform ile Lipit Analizi**

Beslenme çalışmaları sonucu elde edilen *A. alni* pupalarının depo lipitlerinin miktarı pupaların kloroform ile ekstraksiyonuyla belirlenmiştir (Simpson ve Raubenheimer, 2001). Pupalar, kurutulmak üzere 50 °C'ye ayarlanmış etüve konmuş ve sabit ağırlığa erişinceye kadar etüv içinde tutularak kurutulmuştur. Pupaların kuru ağırlıkları 0,001 g hassasiyetli terazide tartılarak not edilmiştir. Pupalar kapaklı tüpler içerisine yerleştirilerek üzerlerini geçecek şekilde kloroform ilave edilmiş, tüplerin kapakları kapatılmıştır. Otomatik çalkalayıcı üzerine yerleştirilerek 24 saatte bu işlem yenilenmiştir ve işlem 3 kez tekrarlanmıştır. Böylece, pupa örneklerinden depo lipit içeriği uzaklaştırılmıştır. Pupalar tekrar etüv içerisine konarak yeniden kurutulmuştur. Kurutulan pupaların lipidsiz ağırlıkları not edilmiştir. Kloroform ekstraksiyonundan sonra pupaların azot analizleri yapılmıştır.

#### **2.2.6. Protein Analizi**

Lipidleri alınmış *A. alni* pupalarının azot tayini Dumas yönteminin temel alındığı Thermo Scientific FLASH 2000 Series - NCS Analyzers cihazıyla ve P analizi standart yöntemlerle yapılmıştır (Allen vd., 1986).

Yaklaşık 2,5 mg ağırlığında tartılan öğütülmüş kuru örnekler ince kalay kapsül içine konur ve kapsül kapatılır. Kapsüller daha sonra cihazın autosampler kısmına yerleştirilir. 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 % protein miktarları bulunmuştur (Monk, 1987).

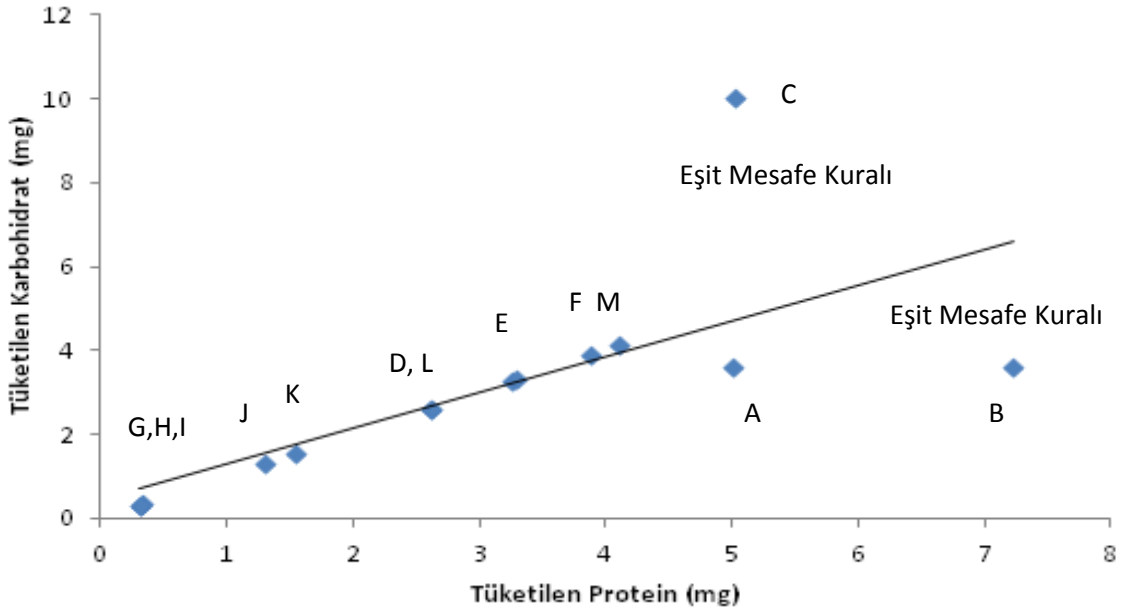
### **2.2.7. İstatistik Analizler**

*A. alni* larvalarının tercihsiz beslenme deneylerinde farklı besin gruplarında beslenen larvaların toplam besin tüketimleri, pupa ağırlıkları, pupa protein ve lipit miktarlarının farklı olup olmadığı ANOVA testi ile belirlenmiş ve türlerin besin tercihinde A besini kontrol grubu olarak kullanılmıştır. Çoklu karşılaştırmalarda ise Dunnett testi kullanılmıştır. Bu testler için SPSS 17.0 versiyonu kullanılmıştır.

*A. alni* larvalarının tercihsiz beslenme deneylerinde besin gruplarına göre tüketilen proteine, tüketilen karbohidrata ve tüketilen kinin, gallik aside göre pup ağırlığı, pup protein ve pup lipit miktarı arasındaki ilişkileri ortaya çıkarmak için regresyon analizi kullanılmıştır.

### 3. BULGULAR

*A.alni*'nin larvalarının, 13 farklı besin grubunda (her besin grubu için 10 larva) tükettikleri protein ve karbohidrat miktarları incelendiğinde bir eğim üzerinde hareket eden beslenme davranışı ortaya koydukları görülmektedir (Şekil 18). Larvaların alım hedefi belirlenirken protein ve karbohidrat gıdalarınca dengeli bir besin olan A besinindeki tüketim miktarları esas alınmıştır. Bu sonuçlara göre *A. alni* larvalarının alım hedefi 5,01 mg : 3,61 mg (P:K) olarak belirlenmiştir.



Şekil 18. *A. alni* larvalarının protein ve karbohidrat alım hedefi

Çalışılan 11 besinde, larvaların protein ve karbohidrat alım miktarları incelendiğinde alım hedefiyle aynı doğrultuda tüketim gerçekleştirdikleri, sadece gıda bakımından dengesiz B (2P:K) ve C (P:2K) besinlerinde beslenen larvaların doğrultudan saptıkları görülmektedir. Fakat, gıdaca dengesiz besinler olan B ve C besinlerinde beslenen larvaların alım miktarlarının da doğru üzerinde alım hedefine en yakın mesafede yer aldığı belirlenmiştir (Şekil 18).

On üç farklı besin grubuyla yapılan tercihsiz beslenme deneyinde besin gruplarına göre *A. alni* larvalarının toplam besin tüketimleri, pup ağırlıkları, pup protein ve lipit miktarlarından elde edilen ANOVA ve çoklu karşılaştırma testi sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

Yukarıda da belirtildiği gibi *A. alni* larvalarının alım hedefi A besinine göre hesaplandığından kontrol grubu olarak, A besininde beslenen larvaların sonuçları temel alınmıştır. Varyans analizinde çoklu karşılaştırmalar için Dunnett testi tercih edilmiştir.

Son larva döneminde tüketilen besin miktarlarının tüm besin gruplarında (B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M) kontrol grubuna göre önemli derecede farklılık gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 3). Gıda bakımından dengesiz besinler olan B ve C besinleriyle beslenen larvaların tüketim miktarlarının kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir (Tablo 3).

**Tablo 3.** *A. alni* larvalarının tercihsiz beslenmelerinde kontrol besinine göre gıdaca dengesiz besinlerde; tüketilen besin, pup kuru ağırlığı, pup lipid miktarı, pup protein miktarı, tüketilen protein ve tüketilen karbohidrat miktarları

ORTALAMA ± STANDART HATA							
BESİN TİPİ	N	BESİN TÜKETİMİ (mg)	PUP KURU AĞIRLIĞI (mg)	PUP LİPİD MİKTARI (mg)	PUP PROTEİN MİKTARI (mg)	TÜKETİLEN PROTEİN (mg)	TÜKETİLEN KARBOHİDRAT (mg)
A	10	21,54 ±0,01	5,94 ± 0,19	1,55 ±0,05	3,57±1,15	3,26	3,26
B	10	27,45 ± 0,12	4,51 ± 0,08	0,55± 0,05	3,31±1,10	7,22	3,61
C	10	38,14 ±0,11	4,96 ± 0,16	1,42 ± 0,05	2,48±0,31	5,01	10,03
s.d*		29	29	29	29	29	29
ANOVA	F	7920,696	24,646	109,946	6,525	9879,264	38893,234
	P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	Dunnett Testi	B < 0,001 C < 0,001	B < 0,001 C < 0,001	B < 0,001 C < 0,001	B < 0,05 C < 0,05	B < 0,001 C < 0,001	B < 0,001 C < 0,001

Gallik asit ihtiva eden besinlerde beslenen larvaların tüketim miktarları incelendiğinde; % 1 konsantrasyonunda gallik asit ihtiva eden D besininde beslenen larvaların kontrol grubuna göre tüketim miktarının azaldığı fakat E (% 3 gallik asit) ve F (% 5 gallik asit) besinlerinde beslenen larvaların tüketim miktarlarının kontrol grubuna göre arttığı dikkati çekmiştir (Tablo 4).

**Tablo 4.** *A. alni* larvalarının tercihsiz beslenmelerinde kontrol besinine göre gallik asit ihtiva eden besinlerde; tüketilen besin, pup kuru ağırlığı, pup lipid miktarı, pup protein miktarı, tüketilen protein ve tüketilen karbohidrat miktarları

ORTALAMA ± STANDART HATA							
BESİN TİPİ	N	BESİN TÜKETİMİ (mg)	PUP KURU AĞIRLIĞI (mg)	PUP LİPİD MİKTARI (mg)	PUP PROTEİN MİKTARI (mg)	TÜKETİLEN PROTEİN (mg)	TÜKETİLEN KARBOHİDRAT (mg)
A	10	21,54 ±0,01	5,94 ± 0,19	1,55 ±0,05	3,57±1,15	3,26	3,26
D	10	17,42 ±0,12	4,74 ± 0,13	1,17 ± 0,08	2,88±0,31	2,61	2,61
E	10	22,43 ± 0,06	4,15 ± 0,11	1,27 ± 0,12	2,07±0,49	3,30	3,30
F	10	28,57 ±0,12	3,96 ±0,13	0,95 ± 0,05	2,13±0,43	4,11	4,11
s.d*		39	39	39	39	39	39
F		2612,751	38,866	9,733	10,893	2157,925	2157,925
P		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
ANOVA Dunnett Testi	D	< 0,001	D < 0,001	D < 0,001	D < 0,001	D < 0,001	D < 0,001
	E	< 0,001	E < 0,001	E < 0,001	E < 0,001	E < 0,001	E < 0,001
	F	< 0,001	F < 0,001	F < 0,001	F < 0,001	F < 0,001	F < 0,001

Kinin ihtiva eden tüm besinlerde beslenen larvaların tüketim miktarının besindeki kinin konsantrasyonu arttıkça önemli derecede azaldığı belirlenmiştir (Tablo 5).

**Tablo 5.** *A. alni* larvalarının tercihsiz beslenmelerinde kontrol besinine göre kinin ihtiva eden besinlerde; tüketilen besin, pup kuru ağırlığı, pup lipid miktarı, pup protein miktarı, tüketilen protein ve tüketilen karbohidrat miktarları

ORTALAMA ± STANDART HATA							
BESİN TİPİ	N	BESİN TÜKETİMİ (mg)	PUP KURU AĞIRLIĞI (mg)	PUP LİPİD MİKTARI (mg)	PUP PROTEİN MİKTARI (mg)	TÜKETİLEN PROTEİN (mg)	TÜKETİLEN KARBOHİDRAT (mg)
A	10	21,54 ± 0,01	5,94 ± 0,19	1,55 ± 0,05	3,57 ± 1,15	3,26	3,26
G	10	2,22 ± 0,02	5,11 ± 0,08	2,02 ± 0,12	2,15 ± 0,37	0,34	0,34
H	10	2,15 ± 0,03	1,65 ± 0,08	0,51 ± 0,04	0,73 ± 0,16	0,32	0,32
I	10	2,08 ± 0,02	1,94 ± 0,07	0,33 ± 0,03	0,95 ± 0,15	0,31	0,31
s.d*		39	39	39	39	39	39
F		258789,753	368,067	148,222	48,775	262465,204	262465,204
P		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
ANOVA Dunnett Testi		G < 0,001	G < 0,001	G < 0,001	G < 0,001	G < 0,001	G < 0,001
		H < 0,001	H < 0,001	H < 0,001	H < 0,001	H < 0,001	H < 0,001
		I < 0,001	I < 0,001	I < 0,001	I < 0,001	I < 0,001	I < 0,001

% 1 oranında gallik asit ve % 0,5 oranında kinin ihtiva eden J besininde beslenen larvaların tüketim miktarları incelendiğinde; tüketim miktarının kontrol besinine göre önemli oranda azaldığı, sadece % 0,5 konsantrasyonunda kinin ihtiva eden besinle beslenen larvaların tüketim miktarına nazaran artış gösterdiği fakat sadece % 1 konsantrasyonunda gallik asit ihtiva eden besinle beslenen larvaların tüketim miktarına göre azalmanın olduğu belirlenmiştir (Tablo 4) (Tablo 5) (Tablo 6). % 1 konsantrasyonda gallik asite % 0,125 konsantrasyonda kinin ilave edilmesiyle oluşturulan K besiniyle beslenen larvaların besin tüketimlerinde; kontrol grubu olan A, sadece % 1 oranına gallik asit ihtiva eden D, % 1 gallik asit ve % 0,125 oranında kinin ihtiva eden J besinlerine oranla düşüş görülürken, % 0,125 kinin ihtiva eden I besinine oranla önemli derecede artış gözlenmiştir (Tablo 6). % 5 konsantrasyonda gallik asite % 0,125 konsantrasyonda kinin ilave edilerek hazırlanan L besiniyle beslenen larvaların besin tüketimleri; kontrol grubu olan A, sadece % 5 oranında gallik asit içeren F ve % 5



konsantrasyonunda gallik asit içermesine karşın kinin konsantrasyonu daha fazla (% 0,5) olan M besinlerinde beslenen larvaların tüketim miktarına oranla düşüş gösterirken; aynı konsantrasyonda kinin (% 0,125) ihtiva etmesine karşın gallik asit konsantrasyonu (% 1) farklı olan K, sadece % 0,125 oranında kinin ihtiva eden G besinlerinde beslenen larvaların tüketim oranlarına kıyasla artış görülmüştür (Tablo 6).

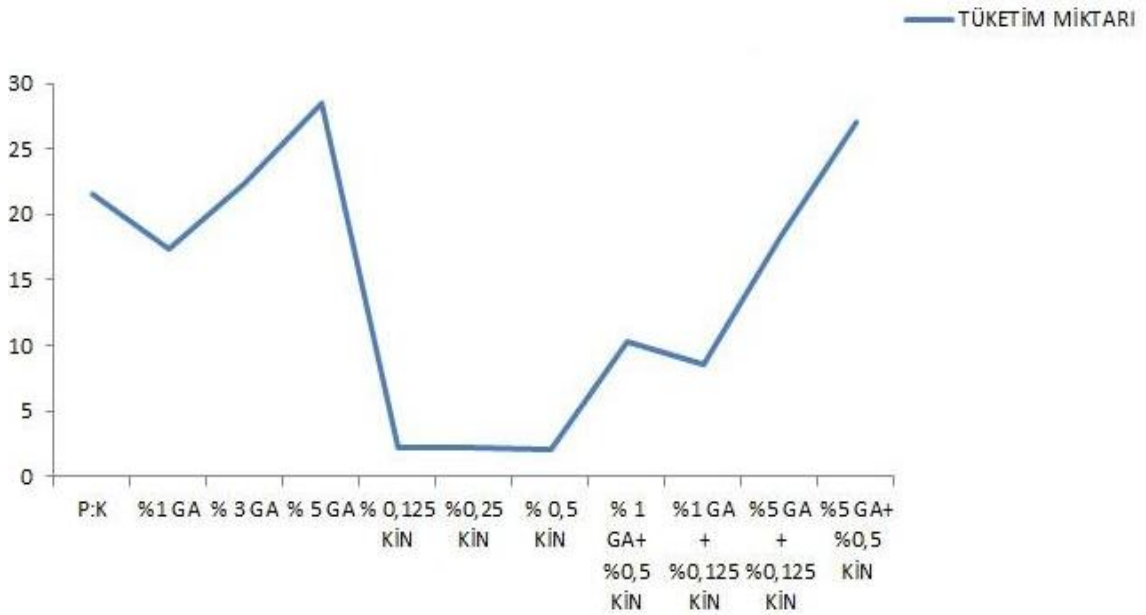
**Tablo 6.** *A. alni* larvalarının tercihsiz beslenmelerinde kontrol besinine göre gallik asit ve kininin birlikte ihtiva ettiği besinlerde; tüketilen besin, pup kuru ağırlığı, pup lipid miktarı, pup protein miktarı, tüketilen protein ve tüketilen karbohidrat miktarları

ORTALAMA ± STANDART HATA							
BESİN TİPİ	N	BESİN TÜKETİMİ (mg)	PUP KURU AĞIRLIĞI (mg)	PUP LİPİD MİKTARI (mg)	PUP PROTEİN MİKTARI (mg)	TÜKETİLEN PROTEİN (mg)	TÜKETİLEN KARBOHİDRAT (mg)
A	10	21,54 ± 0,01	5,94 ± 0,19	1,55 ± 0,05	3,57 ± 1,15	3,26	3,26
J	10	10,36 ± 0,03	1,88 ± 0,09	0,41 ± 0,04	0,69 ± 0,14	1,55	1,55
K	10	8,53 ± 0,06	5,24 ± 0,15	2,00 ± 0,12	2,28 ± 0,51	1,31	1,31
L	10	18,21 ± 0,05	3,13 ± 0,17	1,76 ± 0,78	0,99 ± 0,39	2,62	2,62
M	10	27,09 ± 0,07	1,97 ± 0,05	0,18 ± 0,03	1,08 ± 0,17	3,88	3,88
s.d*		49	49	49	49	49	49
F		43991,864	196,366	148,170	45,364	42221,231	42221,231
P		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
ANOVA	Dunnett Testi	J < 0,001	J < 0,001	J < 0,001	J < 0,001	J < 0,001	J < 0,001
		K < 0,001	K < 0,001	K < 0,001	K < 0,001	K < 0,001	K < 0,001
		L < 0,001	L < 0,001	L < 0,001	L < 0,001	L < 0,001	L < 0,001
		M < 0,001	M < 0,001	M < 0,001	M < 0,001	M < 0,001	M < 0,001

% 5 gallik asit ve % 0,5 konsantrasyonda kinin ihtiva eden M besiniyle beslenen larvaların besin tüketimlerinde A, D, E, G, H, I, J, K, L, M besinlerinde beslenen larvaların besin tüketimine oranla artarken, % 5 konsantrasyonda gallik asit içeren F

besininde beslenen larvaların besin tüketimine oranla bir azalmanın olduğu belirlenmiştir (Tablo 4).

Sonuç olarak kontrol besinine % 1 oranında gallik asit ilave edildiğinde besin tüketiminin azaldığı, bu oran % 3'e çıkarıldığında ise kontrol besinine oranla istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmadığı görülmüştür (Şekil 19). Gallik asit oranı % 5'e çıkarıldığında ise tüketimin diğer gruplara oranla önemli miktarda arttığı görülmüştür. Besine kinin ilavesiyle tüketim miktarının önemli oranda azaldığı belirlenmiştir. İlave edilen kinin konsantrasyonu arttıkça tüketim miktarı daha da azalmıştır (Şekil 19). Kinin konsantrasyonu % 0,125 oranındayken gallik asit miktarı % 1'den % 5'e çıkarıldığında tüketim miktarlarında önemli ölçüde artış olduğu gözlenmiştir. Gallik asit konsantrasyonu % 5'ken kinin konsantrasyonu % 0,5'e çıkarılarak hazırlanan beslenme grubunda ise tüketim miktarında diğer besin gruplarına oranla artış olduğu gözlenmiştir (Şekil 19).



**Şekil 19.** Farklı sekonder madde ihtiva eden besinlerle beslenen larvaların besin tüketim miktarlarının değişimi

Gıda bakımından dengesiz besinler olan B ve C besinleriyle beslenen larvaların protein ve karbohidrat alımlarında kontrol grubuna oranla artış tespit edilmiştir. İki kat protein içeren C besiniyle beslenen larvaların pup kuru ağırlığı ve pup lipid miktarının kontrol grubuna göre azaldığı fakat 2 kat karbohidrat içeren B besinine göre arttığı belirlenmiştir (Tablo 3) (Şekil 21).

Tek çeşit sekonder madde ihtiva eden besinlerle beslenen larvaların protein ve karbohidrat alımları incelendiğinde tüm besinlerde kontrol grubuna göre önemli derecede azalmanın meydana geldiği, sadece F besininde önemli derecede bir artış olduğu belirlenmiştir (Tablo 4).

Sekonder madde karışımlarını içeren besinlerle beslenen larvaların protein ve karbohidrat alımlarının, kontrol grubunda beslenen larvaların protein ve karbohidrat alımlarına göre M besininde artış gösterdiği; J, K ve L besinlerinde ise azaldığı tespit edilmiştir (Tablo 6). Sekonder maddelerden sadece kinini içeren besinlerde beslenen larvaların protein ve karbohidrat alımlarına göre bir artış olduğu (Tablo 5), fakat sadece gallik asiti ihtiva eden besinlerde beslenen larvaların protein ve karbohidrat alımlarına göre azalmanın meydana geldiği belirlenmiştir (Tablo 4).

Gıdaca dengesiz besinlerde beslenen larvaların pup kuru ağırlıklarının kontrol grubunda beslenen larvaların pup kuru ağırlıklarına göre önemli bir farklılık göstermediği; protein miktarı daha fazla olan B besininde beslenen larvaların pup lipid miktarının ise kontrol grubuna göre önemli derecede azaldığı belirlenmiştir (Tablo 3) (Şekil 21). Besinlerdeki gallik asit konsantrasyonu arttıkça; bu besinlerle beslenen larvaların puplarının kuru ağırlıklarının kontrol besininde beslenen larvaların puplarına göre azaldığı; pup lipid miktarlarının ise D ve F besinlerinde kontrol grubuna göre azaldığı, E besininde ise önemli bir değişimin gözlenmediği belirlenmiştir (Tablo 4) (Şekil 21).

Kontrol besinine % 0,25 ve % 0,5 konsantrasyonlarında kinin ilavesinin H ve I besinlerinde beslenen larvaların pup ağırlığını ve pup lipid miktarını önemli derecede azalttığı, % 0,125 konsantrasyonda kinin ilavesinin ise pup ağırlığını ve pup lipid miktarını önemli derecede değiştirmedeği belirlenmiştir (Tablo 5) (Şekil 21).

Kontrol besinine farklı konsantrasyonlarda gallik asit ve kinin ilave edilerek hazırlanan besinlerde pup lipid miktarlarının B besininde C besinine oranla önemli derecede düşüş gösterdiği görülmüştür. Gallik asit konsantrasyonu % 1 olarak hazırlanan D besininde pup lipid miktarı kontrol besinine oranla düşüş gösterirken bu düşüş gallik asit konsantrasyonu % 5 olan E besininde daha azdır. F (% 5 gallik asit) besiniyle beslenen larvaların pup lipid miktarları ise kontrol grubuna oranla önemli derecede düşüş göstermiştir (Tablo 4) (Şekil 21).

Kontrol besinine % 0,125 konsantrasyonda kinin ilave edilerek hazırlanan G

besiniyle beslenen larvalarda pup lipit miktarı kontrol besinine oranla artış gösterirken H (% 0,25 kinin) ve I (% 0,5 kinin) besinleriyle beslenen larvalarda kinin miktarı arttıkça önemli derecede azalma göstermiştir (Tablo 5) (Şekil 21).

Gallik asit ve kininin birlikte verildiği J, K, L ve M besinleriyle beslenen larvaların pup lipit miktarlarına bakıldığında ise K ve L besinleriyle beslenen larvalarda pup lipit miktarı kontrol besinine oranla artış gösterirken, J ve M besinleriyle beslenen larvaların pup lipit miktarları önemli derecede düşüş göstermiştir ( Tablo 6) (Şekil 21).

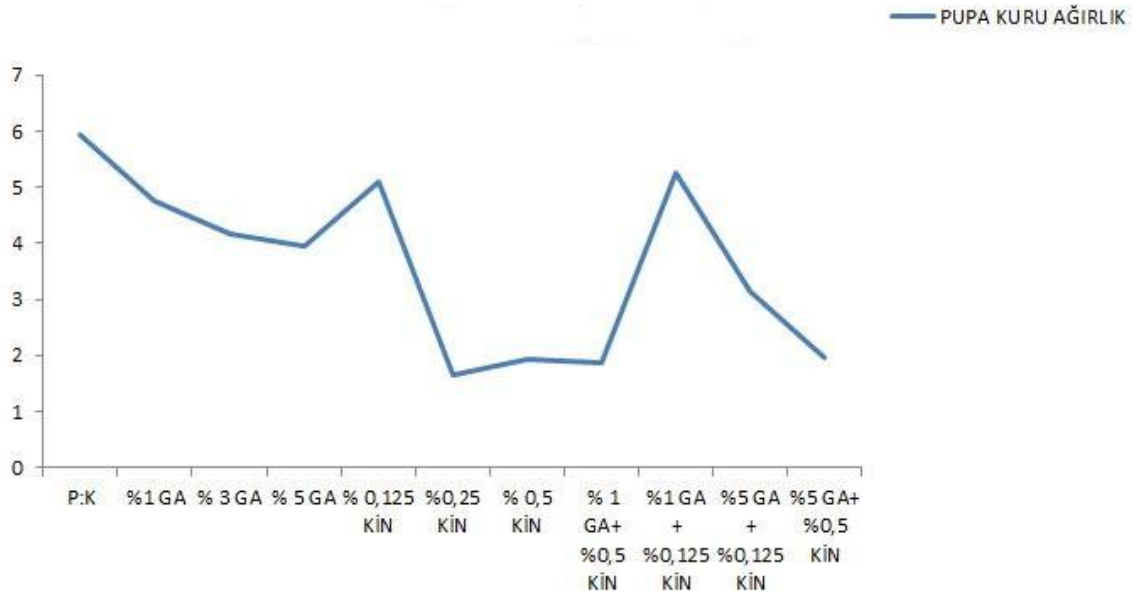
% 1 gallik asit ve % 0,5 kinin ihtiva eden J besiniyle beslenen larvaların pup kuru ağırlığında kontrol besinine, D, E, F, I besinlerine oranla düşüş görülürken H besinine oranla artış gözlenmiştir (Tablo 4) (Tablo 5) (Tablo 6) (Şekil 20).

% 1 konsantrasyonda gallik asite ilave olarak % 0,125 konsantrasyonda kinin ilave edilmesiyle oluşturulan K besiniyle beslenen larvaların pup kuru ağırlığında A besinine göre düşüş gözlenirken B, C, D, E, F, G, H, I ve J besinlerine göre artış gözlenmiştir (Şekil 20). Pup lipid miktarında ise A, B, C, D, E, F, H, I ve J besinlerine oranla artış görülürken G besinine oranla düşüş belirlenmiştir (Tablo 6) (Şekil 21).

% 5 gallik asit ve % 0,125 kinin içeren L besiniyle beslenen larvaların, pup kuru ağırlığına bakıldığında A, B, C, D, E, F, G, K besinlerine oranla düşüş gözlenirken; H, I, J besinlerine oranla artış görülmüştür (Şekil 20). Pup lipid miktarlarında ise A, G, K besinlerine göre azalma gözlenirken B, C, D, E, F, H, I, J besinlerine oranla artış görülmüştür (Tablo 6) (Şekil 21).

% 5 gallik asit içeren besine % 0,5 konsantrasyonda kinin ilave edilerek hazırlanan M besiniyle beslenen larvaların pup kuru ağırlıklarının A, B, C, D, E, F, G, K, L besinlerine oranla azaldığı fakat H, I, J besinlerine oranla arttığı belirlenmiştir (Tablo 3) (Şekil 20). Pup lipid miktarının ise diğer tüm besin gruplarına (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K ) oranla düşüş gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 6) (Şekil 21).

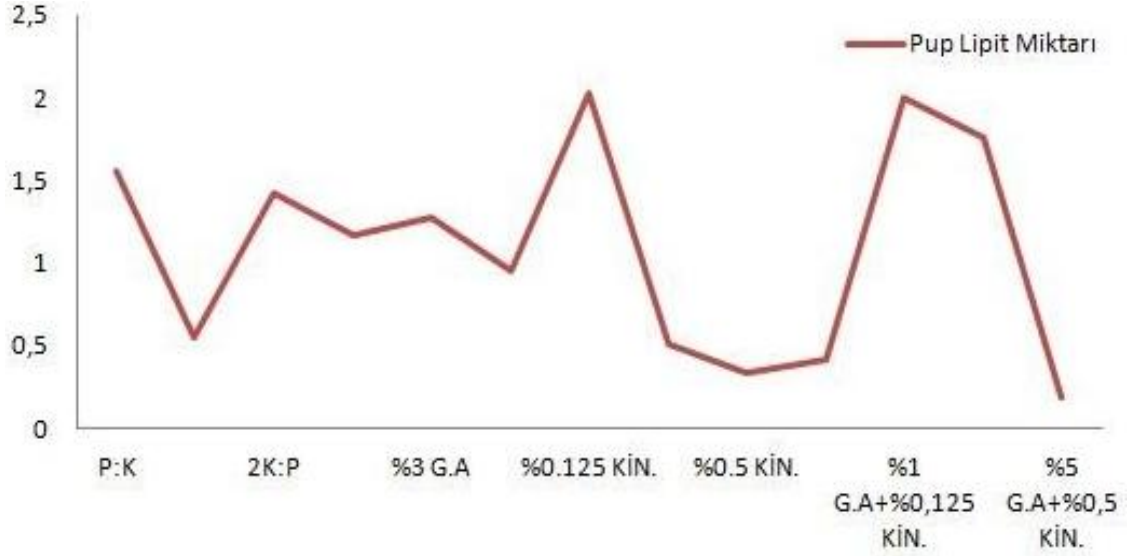
Kontrol grubuna göre E, F, H, I, J, L, M besin gruplarıyla beslenen larvaların pup kuru ağırlıklarının önemli derecede farklılık gösterdiği belirlenmiştir. B, C, D besiniyle beslenen larvaların pup kuru ağırlıklarının ise kontrol grubundan önemli derecede farklılık gösterdiği görülmüştür. G ve K besin gruplarıyla beslenen larvaların pup kuru ağırlıklarındaki farklılık ise önemsizdir (Tablo 5) (Tablo 6) (Şekil 20).



**Şekil 20.** Farklı sekonder madde ihtiva eden besinlerle beslenen larvaların pup kuru ağırlıklarının değişimi

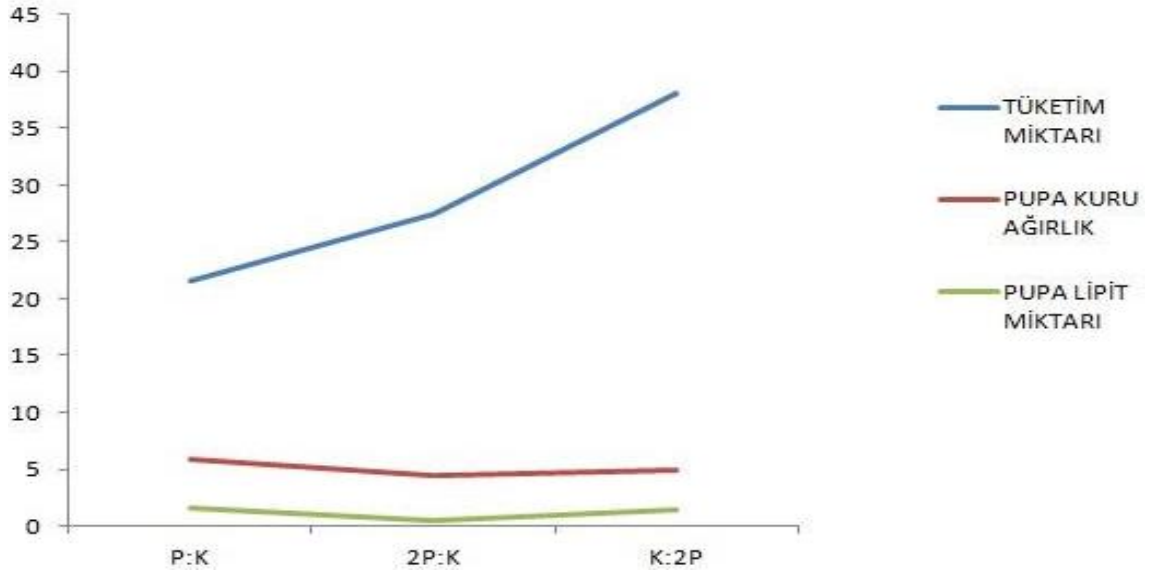
Özet olarak kontrol besinine eklenen gallik asit konsantrasyonu arttıkça pup kuru ağırlığının azaldığı belirlenmiştir (Şekil 20). % 0,125 konsantrasyonunda kinin ilave edilerek hazırlanan besinle beslenen larvaların pup kuru ağırlıkları, gallik asit içeren besin gruplarına oranla artmıştır. Kinin konsantrasyonu % 0,25'e çıkarıldığında pup kuru ağırlığında azalma görülürken; kinin miktarı % 0,5'e çıkarıldığında pup kuru ağırlığında artış oluşmuştur (Şekil 20). % 0,5 kinine ek olarak % 1 oranda gallik asit ilave edilerek oluşturulan beslenme grubunun pup kuru ağırlığında azalma görülmüştür. Kinin miktarı % 0,125'e düşürülerek hazırlanan beslenme grubunun pup kuru ağırlığında ise diğer gruplara oranla önemli derecede artış gözlenmiştir. Kinin konsantrasyonu % 0,125 seviyesinde tutulup gallik asit konsantrasyonu % 5'e çıkarılarak hazırlanan beslenme grubunda pup kuru ağırlığı oldukça düşmüştür (Şekil 20). Gallik asit konsantrasyonu % 5 seviyesinde iken kinin miktarı % 0,5'e çıkarılarak hazırlanan beslenme grubunda ise pup kuru ağırlığında diğer gruplara oranla önemli ölçüde azalma olduğu görülmüştür (Şekil 20).

Bütün besin gruplarında beslenen larvaların pup lipit miktarlarının kontrol grubuna oranla önemli derecede değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 21).



**Şekil 21.** Farklı sekonder madde ihtiva eden besinlerle beslenen larvalarda besin tüketimine bağlı olarak pup lipit miktarlarının değişimi

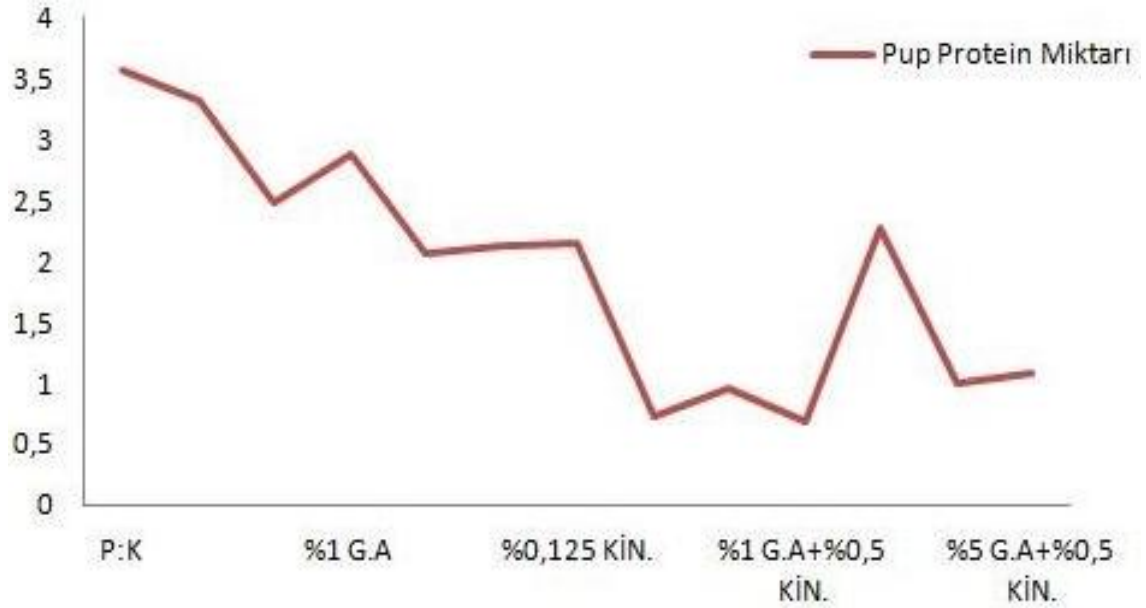
Şekil 22’de gıdaca dengeli ve dengesiz besinlerde larvaların besin tüketim miktarları, pup kuru ağırlıkları ve pup lipit miktarlarının değişimi bir grafik üzerinde gösterilmiştir.



**Şekil 22.** Gıdaca dengeli ve dengesiz besinlerde larvaların besin tüketim miktarları, pup kuru ağırlıkları ve pup lipit miktarlarının değişimi

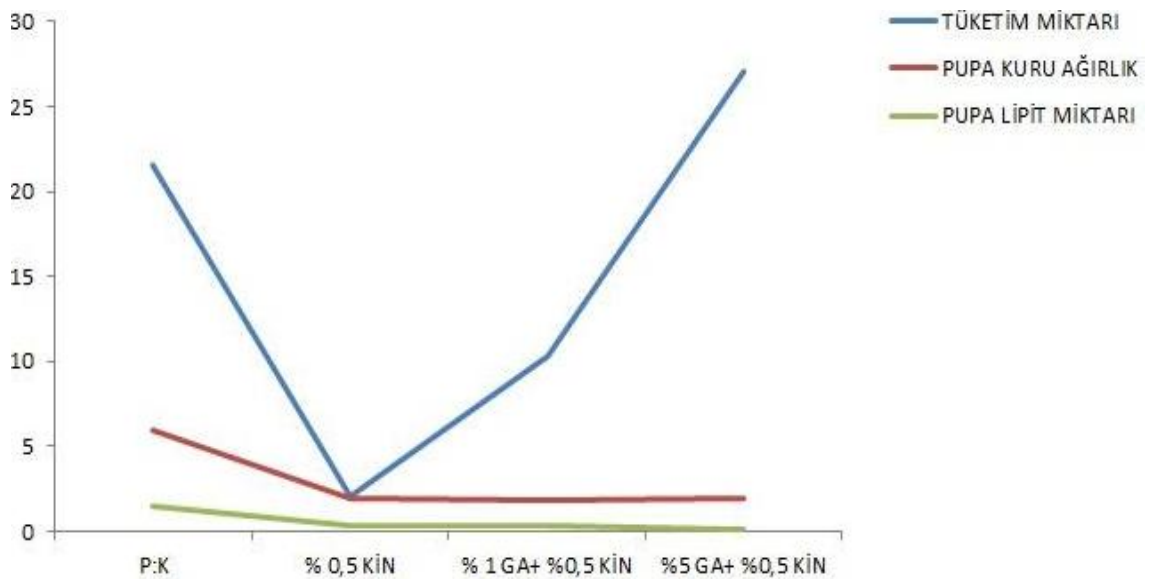
Gıdaca dengesiz besinlerle [B (2K:P) ve C (2P:K)] beslenen larvalarda tüketim miktarının gıdaca dengeli besinlerle [(A (P:K))] beslenen larvaların tüketim miktarına göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Gıdaca dengesiz besinleriyle beslenen larvaların pup kuru ağırlığı ve lipit miktarının; B besiniyle beslenen larvalarda kontrol grubuna

göre azalış gösterdiği fakat 2 kat karbohidrat içeren C besininde ise B besinine göre artış gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 3) (Şekil 22).



**Şekil 23.** Farklı sekonder madde ihtiva eden besinlerle beslenen larvalarda besin tüketimine bağlı olarak pup protein miktarlarının değişimi

Gallik asit ve kininin birlikte sunulduğu besinlerde gallik asit konsantrasyonu arttıkça tüketim miktarının arttığı görülmüştür. Fakat bu tüketim miktarı kontrol besinine oranla düşüktür. Aynı zamanda pup kuru ağırlığı ve pup lipid miktarı da kontrol besinine oranla azalmıştır (Tablo 6) (Şekil 24).



**Şekil 24.** Kontrol besinine farklı konsantrasyonlarda sekonder madde eklendiğinde gözlenen tüketim miktarı, pupa kuru ağırlığı ve pupa lipid miktarı değişimleri

% 0,5 konsantrasyonunda kinin içeren besine % 1 oranında gallik asit ilave edildiğinde; pup kuru ağırlığının ve pup lipit miktarının önemli sayılmayacak derecede arttığı görülmüştür (Tablo 6) (Şekil 24). Kinin miktarı % 0,5 seviyesinde tutulup gallik asit miktarı % 5'e çıkarılarak hazırlanan beslenme grubunda ise pup kuru ağırlığı artmış fakat pup lipit miktarında azalma görülmüştür ( Tablo 6) (Şekil 24).

**Tablo 7.** *A. alni* larvalarının tercihsiz beslenme deneylerinde tüketilen kinin ve gallik asidin pup ağırlığı, pup lipit miktarı ve pup protein miktarı arasındaki ilişki

Bağımsız Değişken (x)	Bağımlı Değişkenler (y)	N	Korelasyon		Regresyon		
			r	P	İlişki Tipi	İlişki Denklemleri	
Tüketilen Gallik Asit	<sup>1</sup> PA	70	0,49	<0,05	Kübik İlişki	$Y = b_0 + (b_1 * t) + (b_2 * t^{**2}) + (b_3 * t^{**3})$	$PA=2,300+(17,596*T.G.A)+(-30,807*(T.G.A)^2+13,314*(T.G.A)^3$
	<sup>2</sup> PLM	70	0,48	<0,05	Kübik İlişki	$Y = b_0 + (b_1 * t) + (b_2 * t^{**2}) + (b_3 * t^{**3})$	$PLM=1,345+(-1,669*T.G.A)+(4,142*(T.G.A)^2+(2,371*(T.G.A)^3)$
	<sup>3</sup> PPM	70	---	>0,05	Kübik İlişki	$Y = b_0 + (b_1 * t) + (b_2 * t^{**2}) + (b_3 * t^{**3})$	$Y = b_0 + (b_1 * t) + (b_2 * t^{**2}) + (b_3 * t^{**3})$
Tüketilen Kinin	PA	70	0,050	<0,001	Ters İlişki	$Y = b_0 + (b_1 / t)$	$PA=2,234+0,007/Tüketilen Kinin$
	PLM	70	0,654	<0,001	Bileşik İlişki	$Y = b_0 * (b_1^{**t})$	$PLM=1,120*(-14,599*Tüketilen Kinin)$
	PPM	70	0,540	<0,001	Ters İlişki	$Y = b_0 + (b_1 / t)$	$PPM=0,898+(0,003/Tüketilen Kinin)$

1. Pup ağırlığı    2. Pup lipit miktarı    3. Pup protein miktarı

*A. alni* larvalarının kinin ve gallik asit ilave edilen besin gruplarıyla yapılan tercihsiz beslenme deneylerinde, alınan kinin ve gallik asit miktarlarının larvaların pup ağırlığı, pup lipit ve pup protein miktarı üzerine bir etkisinin olup olmadığının belirlenmesi için regresyon analizi yapılmıştır ve sonuçlar Tablo 7'de gösterilmiştir. Buna göre alınan kinin ve gallik asit ile pup ağırlığı, pup protein ve lipit miktarı ve besin tüketimi arasında çeşitli ilişkiler olduğu görülmüştür. Alınan gallik asit miktarı ile pup ağırlığı arasında pozitif kübik bir ilişki görülürken pup lipit miktarı arasında negatif kübik bir ilişki olduğu görülmüştür (Tablo 7). Tüketilen gallik asit miktarı ile pup ağırlığı ve pup lipit miktarı arasındaki bir ilişki mevcutken pup protein miktarı arasında bir ilişki tespit edilememiştir (Tablo 7). Tüketilen kinin ile pup ağırlığı ve pup protein



miktarı arasında ters bir ilişki görülürken, pup lipit miktarı arasında bileşik bir ilişki görülmüştür (Tablo 7). Tüketilen kinine bağlı olarak pup ağırlığı, pup lipit miktarı ve pup protein miktarları arasında önemli derecede farklılık oluştuğu görülmüştür (Tablo 7).

**Tablo 8.** *A. alni* larvalarının tercihsiz beslenme deneylerinde besin gruplarında tüketilen protein miktarına göre pup ağırlığı, pup lipit miktarı ve pup protein miktarı arasındaki ilişki

Besin Tipleri	Bağımsız Değişken	Bağımlı Değişkenler	N	Korelasyon		Regresyon		
				r	P	İlişki Tipi	İlişki Denklemleri	
A	Tüketilen Protein	<sup>1</sup> PA	10	---	>0,05	---	---	---
		<sup>2</sup> PLM	10	0,69	<0,05	Logaritmik	$Y = b_0 + (b_1 * \ln(t))$	$PA=104,6+(89,81*1n(T.P))$
		<sup>3</sup> PPM	10	---	>0,05	---	---	---
B	Tüketilen Protein	PA	10	---	>0,05	---	---	---
		PLM	10	0,69	<0,05	Ters	$Y = b_0 + (b_1 / t)$	$PLM=91,39+((293,24)/(T.P))$
		PPM	10	---	>0,05	---	---	---
C	Tüketilen Protein	PA	10	---	>0,05	---	---	---
		PLM	10	---	>0,05	---	---	---
		PPM	10	---	>0,05	---	---	---
D	Tüketilen Protein	PA	10	---	>0,05	---	---	---
		PLM	10	---	>0,05	---	---	---
		PPM	10	---	>0,05	---	---	---
E	Tüketilen Protein	PA	10	---	>0,05	---	---	---
		PLM	10	---	>0,05	---	---	---
		PPM	10	0,65	<0,05	Ters	$Y = b_0 + (b_1 / t)$	$PPM=21,96+(79,62*T.P)$
F	Tüketilen Protein	PA	10	---	>0,05	---	---	---
		PLM	10	---	>0,05	---	---	---
		PPM	10	0,65	<0,05	Kübik	$Y = b_0 + (b_1 * t) + (b_2 * t^{**2}) + (b_3 * t^{**3})$	$PPM=7,86+(0,00*T.P)+(0,00*(T.P^2))+(-0,082*(T.P^3))$
G	Tüketilen Protein	PA	10	---	>0,05	---	---	---
		PLM	10	---	>0,05	---	---	---
		PPM	10	---	>0,05	---	---	---
H	Tüketilen Protein	PA	10	---	>0,05	---	---	---
		PLM	10	---	>0,05	---	---	---
		PPM	10	---	>0,05	---	---	---
I	Tüketilen Protein	PA	10	0,68	<0,05	Kübik	$Y = b_0 + (b_1 * t) + (b_2 * t^{**2}) + (b_3 * t^{**3})$	$PA=17,27+(0,00*T.P)+639,22*(T.P^2)+((1413,983)*(T.P^3))$
		PLM	10	---	>0,05	---	---	---
		PPM	10	0,75	<0,05	Growth	$\ln(Y) = b_0 + (b_1 * t)$	$\ln(PPM)=-4,88+((-15,64)*T.P)$
J	Tüketilen Protein	PA	10	---	>0,05	---	---	---
		PLM	10	0,68	<0,05	Kübik	$Y = b_0 + (b_1 * t) + (b_2 * t^{**2}) + (b_3 * t^{**3})$	$PLM=3,21+(0,00*T.P)+((0,00*(T.P^2))+((0,978*(T.P^3))$
		PPM	10	---	>0,05	---	---	---
K	Tüketilen Protein	PA	10	---	>0,05	---	---	---
		PLM	10	---	>0,05	---	---	---
		PPM	10	---	>0,05	---	---	---
L	Tüketilen Protein	PA	10	---	>0,05	---	---	---
		PLM	10	---	>0,05	---	---	---
		PPM	10	---	>0,05	---	---	---
M	Tüketilen Protein	PA	10	---	>0,05	---	---	---
		PLM	10	---	>0,05	---	---	---
		PPM	10	---	>0,05	---	---	---

1.Pup ağırlığı

2. Pup lipit miktarı

3. Pup protein miktarı

*A. alni* larvalarının beslendiği besin tiplerine göre tükettikleri protein miktarıyla pup ağırlıkları, pup protein ve pup lipit miktarları arasında bir ilişkinin olup olmadığını belirlemek için regresyon analizi yapılmıştır ve analiz sonuçları Tablo 8’de verilmiştir. A besiniyle beslenen larvalarda tüketilen protein miktarıyla pup lipit miktarı arasında pozitif yönde logaritmik bir ilişki mevcutken, pup ağırlığı ve pup protein miktarları arasındaki ilişki önemsizdir. B, C ve D besinlerinde pup ağırlığı, pup protein ve pup lipit miktarları arasındaki ilişki önemsizken B besininde tüketilen protein ile pup lipit miktarı arasında % 69 oranında ters bir ilişki görülmektedir (Tablo 8). E besiniyle beslenen larvalarda protein tüketimine bağlı olarak pup ağırlığı ve pup lipit miktarı arasında önemli bir ilişki belirlenmemiştir. Pup protein miktarıyla protein tüketimi arasında pozitif yönde ters bir ilişki mevcuttur (Tablo 8). F besininde protein tüketimi ile pup protein miktarı arasında kübik bir ilişkinin var olduğu tespit edilmiştir (Tablo 8). G ve H besinleriyle beslenen larvalarda protein tüketimine bağlı olarak pup ağırlığı, pup lipit miktarı ve pup protein miktarı arasında önemli bir ilişki belirlenmemiştir (Tablo 8).

I besininde pup ağırlığı ve pup lipit miktarında protein tüketimine bağlı olarak önemli bir ilişki gözlenmezken kübik bir ilişkinin olduğu görülmüştür (Tablo 8). J besininde pup ağırlığı ve pup protein miktarlarının protein tüketimine bağlı olarak değişmediği gözlenirken, pup lipit miktarı ile tüketilen protein miktarı arasında kübik bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir. K, L ve M besinlerinde ise protein tüketimi ile pup ağırlığı, pup lipit miktarı ve pup protein miktarı arasındaki ilişkinin önemli olmadığı belirlenmiştir (Tablo 8).

**Tablo 8.** *A. alni* larvalarının tercihsiz beslenme deneylerinde besin gruplarında tüketilen karbohidrat miktarına göre pup ağırlığı, pup lipit miktarı ve pup protein miktarı arasındaki ilişki

Besin Tipleri	Bağımsız Değişken	Bağımlı Değişkenler	N	Korelasyon		Regresyon		
				r	P	İlişki Tipi	İlişki Denklemi	
A	Tüketilen Karbohidrat	<sup>1</sup> PA	10	---	>0,05	---	---	---
		<sup>2</sup> PLM	10	0,69	<0,05	Logaritmik	$Y = b_0 + (b_1 * \ln(t))$	$PLM=104,63+(89,80 * \ln(T.K))$
		<sup>3</sup> PPM	10	---	>0,05	---	---	---
B	Tüketilen Karbohidrat	PA	10	---	>0,05	---	---	---
		PLM	10	---	>0,05	---	---	---
		PPM	10	---	>0,05	---	---	---
C	Tüketilen Karbohidrat	PA	10	---	>0,05	---	---	---
		PLM	10	---	>0,05	Logaritmik	$Y = b_0 + (b_1 * \ln(t))$	$PLM=(104,63+(89,80 * \ln(T.K)))$
		PPM	10	---	>0,05	---	---	---
D	Tüketilen Karbohidrat	PA	10	---	>0,05	---	---	---
		PLM	10	---	>0,05	---	---	---
		PPM	10	---	>0,05	---	---	---
E	Tüketilen Karbohidrat	PA	10	---	>0,05	---	---	---
		PLM	10	---	>0,05	---	---	---
		PPM	10	0,64	<0,05	Ters	$Y = b_0 + (b_1/t)$	$PPM=21,95+(79,61/T.K)$
F	Tüketilen Karbohidrat	PA	10	---	>0,05	---	---	---
		PLM	10	---	>0,05	---	---	---
		PPM	10	0,64	<0,05	Kübik	$Y=b_0+(b_1*t+(b_2*t^{**2})+(b_3*t^{**3}))$	$PPM=7,85+(0,00*T.K)+(0,00*(T.K^2))+((-0,082)*(T.K^3))$
G	Tüketilen Karbohidrat	PA	10	---	>0,05	---	---	---
		PLM	10	---	>0,05	---	---	---
		PPM	10	---	>0,05	---	---	---
H	Tüketilen Karbohidrat	PA	10	---	>0,05	---	---	---
		PLM	10	---	>0,05	---	---	---
		PPM	10	---	>0,05	---	---	---
I	Tüketilen Karbohidrat	PA	10	0,68	<0,05	Kübik	$Y=b_0+(b_1*t+(b_2 * t^{**2}) + (b_3 * t^{**3}))$	$PA=17,27+(0,00*T.K)+(639,22*(TK^2))+((-1413,98)*(T.K^3))$
		PLM	10	---	>0,05	---	---	---
		PPM	10	0,75	<0,05	Bileşik	$Y=b_0*(b_1^{**t})$	$PPM=131,25*(-15,64*T.K)$
J	Tüketilen Karbohidrat	PA	10	---	>0,05	---	---	---
		PLM	10	0,67	<0,05	Kübik	$Y=b_0+(b_1*t)+(b_2*t^{**2})+(b_3*t^{**3})$	$PLM=3,21+(0,00*T.K)+(0,00*(T.K^2))+((0,978)*(T.K^3))$
		PPM	10	---	>0,05	---	---	---
K	Tüketilen Karbohidrat	PA	10	---	>0,05	---	---	---
		PLM	10	---	>0,05	---	---	---
		PPM	10	---	>0,05	---	---	---
L	Tüketilen Karbohidrat	PA	10	---	>0,05	---	---	---
		PLM	10	---	>0,05	---	---	---
		PPM	10	---	>0,05	---	---	---
M	Tüketilen Karbohidrat	PA	10	---	>0,05	---	---	---
		PLM	10	---	>0,05	---	---	---
		PPM	10	---	>0,05	---	---	---

1. Pup ağırlığı 2. Pup lipit miktarı 3. Pup protein miktarı

A. *alni* larvalarında tercihsiz beslenme deneylerinde besin tiplerine göre tüketilen karbohidrat miktarının pup ağırlığını, pup lipit ve pup protein miktarını etkileyip etkilemediğini belirleyebilmek için regresyon analizi yapılmıştır. Regresyon analizi sonuçları Tablo 9’da verilmiştir.

A besininde pup ağırlığı ve pup protein miktarının tüketilen karbohidrata bağlı olarak önemli derecede farklılık göstermediği gözlenirken, pup lipit miktarının % 69 oranında pozitif logaritmik bir ilişki oluşturduğu görülmüştür (Tablo 9). B, C ve D besinlerinin karbohidrat tüketimlerine bağlı olarak pup ağırlığı, pup lipit ve pup protein miktarlarında önemli bir farklılık oluşturmazken; C besininde tüketilen karbohidrat ile pup lipit miktarı arasında % 69 oranında logaritmik bir ilişki olduğu görülmüştür (Tablo 9). E besininde tüketilen karbohidrata bağlı olarak pup ağırlığı ve pup lipit miktarının önemli derecede farklılık göstermediği görülürken pup protein miktarıyla tüketilen karbohidrat arasında % 64 seviyesinde ters pozitif bir etki olduğu ve oluşan farkın önemli olduğu görülmüştür (Tablo 9). F besininde karbohidrata bağlı olarak pup ağırlığı ve pup lipit miktarı önemli derecede farklılık göstermezken, pup protein miktarıyla tüketilen karbohidrat arasında % 64 oranında kübik bir ilişki olduğu ve oluşan farkın önemli olduğu görülmüştür (Tablo 9). G ve H besinlerinde karbohidrat tüketimine bağlı olarak pup ağırlığı, pup lipit miktarı ve pup protein miktarı arasındaki farkın önemsiz olduğu görülmüştür. I besininde karbohidrat tüketimine bağlı olarak pup ağırlığında % 68 oranında kübik, pup protein miktarında ise % 75 oranında negatif bileşik bir ilişki olduğu görülmüştür (Tablo 9). Pup lipit miktarında ise önemli bir fark görülmemiştir. J besininde tüketilen karbohidrat miktarına bağlı olarak pup ağırlığı ve pup protein miktarı önemli derecede farklılık göstermezken pup lipit miktarında % 67 oranında kübik bir ilişki olduğu görülmüştür (Tablo 9). K, L ve M besinlerinin ise karbohidrat tüketimlerine bağlı olarak pup ağırlığı, pup lipit miktarı ve pup protein miktarında oluşturduğu farkın önemsiz olduğu görülmüştür (Tablo 9).

**Tablo 9.** *A. alni* larvalarının tercihsiz beslenme deneylerinde besin gruplarında, besin tüketimine göre pup ağırlığı, pup lipit ve pup protein miktarı arasındaki ilişki

Besin Tipleri	Bağımsız Değişken	Bağımlı Değişkenler	N	Korelasyon		Regresyon		
				r	P	İlişki Tipi	İlişki Denklemi	
A	Tüketilen Besin	<sup>1</sup> PA	10	---	>0,05	---	---	---
		<sup>2</sup> PPM	10	---	>0,05	---	---	---
		<sup>3</sup> PLM	10	0,69	<0,05	Logaritmik	$Y = b_0 + (b_1 * \ln(t))$	$PLM=274,16+(89,80*\ln(TB))$
B	Tüketilen Besin	PA	10	---	>0,05	---	---	---
		PPM	10	---	>0,05	---	---	---
		PLM	10	---	>0,05	---	---	---
C	Tüketilen Besin	PA	10	---	>0,05	---	---	---
		PPM	10	---	>0,05	---	---	---
		PLM	10	---	>0,05	---	---	---
D	Tüketilen Besin	PA	10	---	>0,05	---	---	---
		PPM	10	---	>0,05	---	---	---
		PLM	10	---	>0,05	---	---	---
E	Tüketilen Besin	PA	10	---	>0,05	---	---	---
		PPM	10	0,64	<0,05	Ters	$Y = b_0 + (b_1 / t)$	$PPM=-21,95+(541,72/TB)$
		PLM	10	---	>0,05	---	---	---
F	Tüketilen Besin	PA	10	---	>0,05	---	---	---
		PPM	10	0,64	<0,05	Kübik	$Y = b_0 + (b_1 * t) + (b_2 * t^{**2}) + (b_3 * t^{**3})$	$PPM=7,85+(0,00*TB)+(0,00*(TB^2))+(b_3*(TB^3))$
		PLM	10	---	>0,05	---	---	---
G	Tüketilen Besin	PA	10	---	>0,05	---	---	---
		PPM	10	---	>0,05	---	---	---
		PLM	10	---	>0,05	---	---	---
H	Tüketilen Besin	PA	10	---	>0,05	---	---	---
		PPM	10	---	>0,05	---	---	---
		PLM	10	---	>0,05	---	---	---
I	Tüketilen Besin	PA	10	0,68	<0,05	II.dereceden	-58,97	---
		PPM	10	0,75	<0,05	Üstel	131,25	---
		PLM	10	---	>0,05	---	---	---
J	Tüketilen Besin	PA	10	---	>0,05	---	---	---
		PPM	10	---	>0,05	---	---	---
		PLM	10	0,67	<0,05	Kübik	$Y = b_0 + (b_1 * t) + (b_2 * t^{**2}) + (b_3 * t^{**3})$	$PLM=-3,21+(0,00*TB)+(0,00*TB^2)+b_3*(TB^3)$
K	Tüketilen Besin	PA	10	---	>0,05	---	---	---
		PPM	10	---	>0,05	---	---	---
		PLM	10	---	>0,05	---	---	---
L	Tüketilen Besin	PA	10	---	>0,05	---	---	---
		PPM	10	---	>0,05	---	---	---
		PLM	10	---	>0,05	---	---	---
M	Tüketilen Besin	PA	10	---	>0,05	---	---	---
		PPM	10	---	>0,05	---	---	---
		PLM	10	---	>0,05	---	---	---

1. Pup ağırlığı 2. Pup protein miktarı 3. Pup lipit miktarı

Tercihsiz beslenme deneylerinde *A. alni* larvalarında besin tüketiminin pup ağırlığı, pup protein ve pup lipit miktarını nasıl etkilediği regresyon analizi ile belirlenmiştir (Tablo 10). Tüketilen karbohidrat ve protein miktarlarında olduğu gibi besin tüketimi de A, B ve C besin gruplarında pup ağırlığı, pup protein miktarı ve pup lipit miktarlarını etkilememektedir (Tablo 10). D besininde pup ağırlığı, pup protein miktarı ve pup lipit miktarında kontrol grubuna oranla önemli bir fark oluşmamıştır. E besiniyle beslenen larvalarda pup protein miktarı % 64 oranında ters bir ilişki gösterirken, pup ağırlığı ve pup lipit miktarlarında önemli bir fark gözlenmemiştir (Tablo 10). F besininde, pup ağırlığı ve pup lipit miktarında önemli bir fark görülmezken, pup protein miktarının kontrol grubuna göre % 64 oranında kübik bir ilişki oluşturarak besin tüketiminden etkilendiği görülmüştür (Tablo 10). G ve H besinleriyle beslenen larvalarda kontrol grubuna oranla önemli derecede fark görülmezken I besiniyle beslenen larvaların besin tüketimine bağlı olarak pup ağırlığında % 68 oranında 2. Dereceden bir ilişki olduğu görülürken, pup protein miktarında % 75 oranında üstel bir ilişki olduğu görülmüştür. Pup lipit miktarındaki oluşan fark ise önemsizdir (Tablo 10). J besiniyle beslenen larvalarda pup ağırlığı ve pup protein miktarlarında önemli derecede farklılık görülmezken, pup lipit miktarında % 67 oranında kübik bir ilişki olduğu görülmüştür (Tablo 10). K, L ve M besinlerinde ise pup ağırlığı, pup protein miktarı ve pup lipit miktarının besin tüketimine bağlı olarak önemli derecede farklılık göstermediği görülmüştür (Tablo 10).

#### 4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bulgularımız, sindirim, sindirim sonrası düzenlemeler ve gelişimin larvaların tüketmiş oldukları gıdalara ve gıda-sekonder madde ilişkilerine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. *A. alni* larvaları tüketmiş oldukları besinin gıda içeriğine bağlı olarak gıda alımlarını düzenlemeye çalışmaktadırlar.

*A. alni*'nin 13 farklı besin çeşidiyle yapılan tercihsiz beslenme deneylerinde elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, larvaların bir eğim üzerinde hareket eden beslenme davranışı ortaya koydukları görülmektedir (Şekil 18). Bu eğim ise Raubenheimer ve Simpson (1999) tarafından ifade edilen 'polifaj beslenen böcekler eşit mesafe' modeline uygun olarak bir beslenme davranışı gösterir' ifadesini desteklemektedir.

Çalışmamızda, *A. alni* larvalarının gıda bakımından dengesiz B ve C besinleriyle beslendiklerinde tüketim miktarını gıdaca dengeli besinlere oranla artırdıkları belirlenmiştir. Böcekler, gıda konsantrasyonundaki azalmaya karşı genellikle hoşgörülü olabilmeye kapasitesine sahiptirler. Gıda konsantrasyonundaki düşüşü ya besin tüketimini artırarak (Timmins vd., 1988; Slansky ve Wheeler, 1989; Wheeler ve Slansky, 1991; Raubenheimer, 1992; Raubenheimer ve Simpson, 1993, Yanar, 2008) ya da gıda kullanım verimini değiştirerek kalıtsal olmayacak şekilde hoş görüyle tepki verirler. Çalışmamızda, *A. alni* larvalarının gıda bakımından dengesiz besinlerde tüketim miktarını artırdığı belirlenmişken Despland ve Noseworthy (2006), *M. disstria* larvalarının P:K ortalaması düşük besinlerle P:K ortalaması dengeli besinlerin tüketim miktarının birbirinden farklı olmadığını tespit etmişlerdir. Larvalar, eksik gıdayı telafi etmek için tüketim miktarını artırmış olabilir. "Telafi edici beslenme" yani "gerekli besinlerin, düşük konsantrasyonlarda olduğu zaman daha çok yenmesi" muhtemelen böceklerin çoğunun tipik özelliğidir (Bernays, 1998). P:K oranı dengesiz olan B ve C besinlerindeki tüketim miktarının artması *A. alni* larvalarının telafi edici beslenmeyi kanıtlayacak şekilde beslendiklerini göstermektedir. P:K oranı yüksek olan B besininde tüketim miktarının P:K oranı eşit olan A besininden fazla olması literatürdeki birçok sonuçtan farklılık göstermektedir (Lle vd., 2002; Lee vd., 2007, Yanar, 2007, Altun, 2008). P:K oranı yüksek besinde tüketim miktarının daha fazla olmasının nedeni *A. alni* larvalarının karbohidrat alım hedefine ulaşmaya kadar tüketim miktarını artırmasından kaynaklanabilir.



Besinlerindeki tanenlere adapte olamayan herbivorlarda, tanenlerin olumsuz etkileri; beslenme caydırıcısı olarak, besinlerin ve hayvanların bağırsaklarındaki sindirim enzimlerine bağlanarak, bağırsak epitelinde lezyonlar olusturarak, oksidatif strese neden olarak, mikrobiyal simbiyontları yok ederek ve farmakolojik toksik etki göstererek olabilir

(Fenny 1968, Schultz vd., 1986, Mole ve Waterman, 1987; Bernays vd., 1989;). Yanar (2007) ve Altun (2008)'un yapmış oldukları çalışmalarda tanen konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak caydırıcı etkinin arttığı görülmektedir. Çalışmamızda ise besindeki % 1 gallik asit tüketimi azaltmasına rağmen konsantrasyon arttıkça tüketimin arttığı belirlenmiştir. Bunun nedeni, hayvanlar için gelişmelerinde önem taşıyan protein ve karbohidratın alınma ihtiyacının ön planda olması olabilir. Topkara (2012), *H. cunea* larvalarına gallik asit ve tanik asidi farklı yapay besinlerde verdiğinde gallik asit konsantrasyonunun artışıyla besin tüketiminin arttığını belirlemiştir. Çalışmamızın sonucu da bu sonucu destekler niteliktedir. Besin tüketiminin artışının nedeni, gallik asitin serbest amino asitlerin ve böceklerin temel kan şekeri treholaz konsantrasyonunun geri besleme mekanizmasında (açlık-tokluk) özel öneme sahip olmasından kaynaklanabilir (Simpson ve Raubenheimer, 1993; Simpson ve Simpson, 1990; Mullens, 1985; Thompson ve Redak , 2000).

Farklı konsantrasyonlarda kinin ilave edilerek hazırlanan G (% 0,125), H (% 0,25) ve I (% 0,5) besinlerinde kontrol grubuna göre tüketim miktarının önemli ölçüde düştüğü ve kinin konsantrasyonu arttıkça tüketim miktarının daha da azaldığı görülmüştür (Şekil 19). Kinin konsantrasyonu artışına bağlı olarak tüketimin azalması literatürle uygunluk göstermektedir (Bernays ve Chapman, 2000). Burada, tüketimin azalmasının nedeni olarak kinin alkaloidinin direkt olarak beslenmeyi caydırıcı özellikte olması belirtilebilir (Simpson ve Raubenheimer, 2001). Alkaloidler, acı tat vermelerinden ve toksik özelliklerinden dolayı hayvanların bitkilerle beslenmesinde caydırıcı rol oynayan sekonder maddelerdendir (Harborne, 1994). Sekonder madde karışımlarını içeren besinlerle beslenen larvaların besin tüketimi sekonder maddelerin sinerjistik etkisiyle belirlenmektedir. J (% 1 gallik asit + % 0,5 kinin), K (% 1 gallik asit+ % 0,125 kinin), L (% 5 gallik asit+ % 0,125 kinin) ve M (% 5 gallik asit + % 0,5 kinin) besinlerinin sekonder madde içermeyen kontrol besinine oranla tüketim miktarları incelendiğinde; tanen ve alkaloidleri birlikte ihtiva eden J, K ve L besinlerinin tüketim

miktarının önemli derecede azaldığı, % 5 gallik asit ve % 0,5 kinin içeren M besininde ise tüketiminin arttığı dikkat çekmektedir (Tablo 6). Sekonder madde kombinasyonunu içeren tüm besinlerde, besindeki gallik asit miktarı sabit tutulup kinin konsantrasyonu artırıldıkça besin tüketiminin azalması fakat tüketimin aynı konsantrasyonda sadece kinin ihtiva eden besinlerden daha fazla olması önemli bir bulgudur ve bu da yine alkaloidlerle tanenlerin sinerjistik etkisiyle açıklanabilir. Besindeki kinin konsantrasyonunun artışıyla caydırıcılığın artması kininin acı tadının caydırıcı etkisinden kaynaklanabilir.

A. *alni*'nin tercihsiz beslenme deneylerinde pup ağırlığı, A ( $5,94 \pm 0,19$ ) besinine göre iki kat protein içeren B ( $4,51 \pm 0,08$ ) ve iki kat karbohidrat içeren C besininde düşüş göstermiştir. (Şekil 20 ve Tablo 3). Honek (1993) yaptığı bir çalışmada protein miktarının fazla olduğu besinlerle beslenen larvaların gıda bakımından dengeli besinlerle beslenen larvalarla karşılaştırıldığında önemli derecede küçük puplar oluşturduğunu göstermiştir ki burada A. *alni* larvalarının protein miktarı fazla olan B besiniyle beslendiğinde pup ağırlığının kontrol besinine göre düşüş göstermesini desteklemektedir. Bunun yanı sıra Schroeder (1986), katabolize edilen ve dışkılanan fazla proteinin metabolik faaliyetlerini artırdığını ve bu nedenle proteini fazla olan besinlerde beslenen larvaların pup ağırlıklarının azaldığını ileri sürmüştür. Schroeder (1986)'ın ileri sürdüğü bu hipoteze ek olarak 2P:K (B) besin çeşidiyle beslenen larvalar, karbohidrat ihtiyacını karşılamak için glukoneogenez yoluyla besinden aldıkları proteini enerji kaynağı olarak kullanmış olabilirler (Lee vd., 2002, Thompson ve Redak, 2000). Karbohidrat miktarı fazla olan C besininde pup ağırlığının azalmasının nedeni ise larvaların tükettikleri aşırı karbohidratı solunum hızlarını artırarak harcamaları olabilir (Lee vd., 2002).

D ( $4,74 \pm 0,13$ ), E ( $4,15 \pm 0,11$ ) ve F ( $3,96 \pm 0,13$ ) besinlerinde gallik asit konsantrasyonu ve G (% 0,125 kinin ) ( $5,11 \pm 0,08$ ), H (% 0,25 kinin ) ( $1,65 \pm 0,08$ ) ve I (0,5 kinin) ( $1,94 \pm 0,07$ ) besinlerinde kinin konsantrasyonu arttıkça pup kuru ağırlığının azalmasıyla ilgili benzer sonuçlar daha önce *L. migratoria* ve *M. disstria* (Simpson ve Raubenheimer, 2001; Hemming ve Lindroth, 1995) ile yapılan çalışmalarla uygunluk içerisindedir. Gallik asit konsantrasyonunun artışına bağlı olarak pup ağırlığının düşüşü, tanenlerin besinlerdeki proteinlerle bağ oluşturması ve alınan gıdaların kullanılabilirliğinin azalmasından kaynaklanabilir. Bu durum, bazı sekonder

metabolitlerin herbivorlara karşı savunucu olarak etki ettiği fikrini desteklemektedir (Ehrlich ve Raven, 1965; Rhoades ve Cates, 1976). J (% 1 gallik asit + % 0,5 kinin) ( $1,88 \pm 0,09$ ), K (% 1 gallik asit + % 0,125 kinin) ( $5,24 \pm 0,15$ ), L (% 5 gallik asit+ %0,125 kinin) ( $3,13 \pm 0,17$ ) ve M (% 5 gallik asit + % 0,5 kinin) ( $1,97 \pm 0,05$ ) besinlerinde gallik asit ve kinin aynı konsantrasyonlarda verilirken, besindeki kinin miktarı arttıkça pup kuru ağırlığı azalmıştır. Tüketilen gallik asit miktarı ile pup ağırlığı arasında % 49 oranında negatif yönde kübik bir ilişki mevcutken yine tüketilen kinin miktarı ile pup ağırlığı arasındaki ilişkinin de % 50 oranında ters ilişki olduğu belirlenmiştir (Tablo 7). Sonuçlar, sekonder madde alımının pup ağırlığını azalttığı sonucunu desteklemektedir.

Protein içeriği fazla olan B besinindeki larvaların pup lipid miktarlarının kontrol grubuna göre önemli derecede düşük olduğu Tablo 3'te görülmektedir. Besin çeşitlerine göre pupların lipid miktarları incelendiğinde proteine göre fazla miktarda karbohidrat içeren C besinindeki pupların ortalama lipid içeriklerinin P:K oranı yüksek olan B besinindeki pupların lipid içeriklerinden fazla olduğu görülmektedir. Bu miktar kontrol besini olan A besinindeki pupların ortalama lipid miktarlarından istatistiksel olarak farklılık göstermemektedir (Tablo 3). P:K oranı yüksek olan B besininde tüketilen protein miktarıyla pup lipid miktarı arasında negatif yönde % 69 oranında ters bir ilişki görülmektedir (Tablo 8). Sonuçlar, Raubenheimer ve Simpson (2003)'ün *L. migratoria* ile yapmış oldukları çalışmayla, Yanar (2007)'in *H. cunea* ve *L. dispar*, Altun (2008)'ün *M. neustria* ile yapmış oldukları çalışmayı destekler niteliktedir. Tablo 9'da P:K oranı düşük olan C besininde pup lipid miktarı ile tüketilen karbohidrat miktarı arasında % 69 oranında pozitif logaritmik bir ilişki görülmektedir. Schroeder (1986), katabolize edilen ve dışkılanan fazla proteinin metabolik faaliyetleri artırdığını ve bu nedenle de proteini fazla olan besinlerle beslenen larvaların pup ağırlıklarının azaldığı ileri sürmüştür. Pup ağırlığının azalmasından dolayı da depolanan lipid miktarı azalmış olabilir. P:K oranı düşük olan besinlerle beslenen pupların lipid miktarının fazla olması, Raubenheimer ve Simpson'un (2003), *L. migratoria* ile yapmış oldukları çalışma ile uygunluk içerisindedir. Tırtıllar ve çekirgelerle (Raubenheimer, 1992; Lee vd., 2002; Raubenheimer ve Simpson, 2003) ve Raubenheimer ve Jones'in (2006) *Blatella germanica* ile yapmış olduğu çalışmalarda proteine göre aşırı miktarda karbohidrat içeren besinlerle beslenen larvaların puplarının lipid içeriğinin artış gösterdiği ifade

edilmiştir. Sonuçlar Zanotto ve arkadaşlarının (1993) çekirgelerle yapmış oldukları sonuçlarla uyum içerisindedir. Besinle birlikte alınan fazla karbohidratın bir kısmı lipide dönüştürülerek depolanabilir.

Gallik asit ihtiva eden besinlerde gallik asit konsantrasyonu arttıkça pup lipit miktarı kontrol grubuna oranla düşüş göstermiştir (Şekil 24). Tüketilen gallik asit miktarı ile pup lipit miktarı arasında negatif yönde kübik bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir (Tablo 7). Pup lipit miktarında % 3 gallik asit içeren E besininde kontrol grubuna göre herhangi bir değişim meydana gelmediği halde, en fazla düşüş % 5 gallik asit içeren F besininde beslenen larvalarda gerçekleşmiştir. Bu sonuçlar gallik asidin besindeki karbohidratın vücut yağına dönüşmesini ancak yüksek konsantrasyonlarda etkilediğini göstermiştir. Topkara (2012)'nin *H. cunea* larvalarıyla yapmış olduğu çalışma ile uygunluk göstermektedir. Başka bir tanen olan tanik asidin pup lipit miktarını etkilemediği Simpson ve Raubenheimer (2001)'in *L. migratoria* ile yapmış oldukları çalışmalarla belirlenmiştir.

Kinin konsantrasyonu % 0,125 olan G besininde pup lipit miktarı kontrol besinine göre artış gösterirken, kinin konsantrasyonu arttıkça pup lipit miktarının önemli ölçüde düştüğü görülmektedir (Tablo 5). Kinin konsantrasyonu arttıkça pup lipit miktarının azalması literatürden farklılık göstermektedir (Altun, 2008; Yanar, 2007). Tüketilen kinin miktarıyla birlikte pup ağırlığı da azalmakta dolayısıyla da pup lipit miktarında da azalma meydana gelmektedir. Ehrlich ve Raven (1964), birlikte evrimleşme sürecinde böceklerin yayılması ve türleşmesini takiben bitki kısımları üzerinde yeni savunma maddelerinin ortaya çıktığını ve böceklere karşı savunmaların evrimleştiğini ileri sürmüşlerdir. Bu çalışmada artan kinin konsantrasyonunun *A. alni* üzerindeki olumsuz etkisi oldukça açıktır. Gallik asit ve kininin birlikte verildiği besinlerde J (% 1 gallik asit + % 0,5 kinin) ( $0,41 \pm 0,04$ ), K (% 1 gallik asit + % 0,125 kinin) ( $2,00 \pm 0,12$ ), L (% 5 gallik asit + % 0,125 kinin) ( $1,76 \pm 0,78$ ) ve M (% 5 gallik asit + % 0,5 kinin) ( $0,18 \pm 0,03$ ) gallik asit miktarı aynı oranda tutulup kinin miktarı arttırıldığında pup lipit miktarının kontrol grubuna oranla önemli ölçüde azalması da bu sonucu destekler niteliktedir.

Gıda bakımından dengesiz olan B ve C besinlerinde pupların protein miktarlarının kontrol grubuna göre azaldığı dikkati çekmektedir. Gıda bakımından dengesiz olan besinlerde larvalar beslenme sırasında aşırı miktarda aldıkları gıdayı metabolizma

yoluyla uzaklaştırmakta dolayısıyla da pup ağırlığı azalmaktadır (Zanotto vd., 1993). Hayvanların pup protein miktarının azalması pup ağırlığının azalmasından kaynaklanabilir.

Sekonder madde ihtiva eden tüm besinlerde beslenen larvaların, puplarının pup protein miktarının azalması dikkat çekicidir (Tablo 4) (Tablo 5) (Tablo 6). Sekonder maddelerin bitkilerde üretilme nedeni herbivorlara karşı beslenme caydırıcısı olmalarıdır. Besinle birlikte alınan sekonder maddeler gıdaların gelişim için harcanmasını engeller (Zanotto vd., 1993; Simpson ve Raubenheimer, 2001). Gıdaların gelişim için harcanmamasından dolayı da pup protein miktarında bir azalma meydana gelmiş olabilir. Tüketilen gallik asit miktarının artışıyla pup protein miktarı arasında kübik bir ilişki olmasına rağmen bu ilişki istatistiksel olarak önemli değildir (Tablo 7). *A. alni* larvaları için alınan % 1'lik konsantrasyondaki gallik asit miktarının bile pup protein miktarını etkilediğini fakat konsantrasyon arttıkça bu etkinin değişmediğini göstermektedir. Fakat tüketilen kinin miktarı ile pup proteini arasında ters orantılı bir ilişki vardır. Yani tüketilen kinin miktarı arttıkça pup proteini miktarı azalmaktadır (Tablo 7). Burada önemli olan nokta ise besindeki kinin konsantrasyonu % 0,25'ten % 0,5'e çıktığında pup protein miktarının artışıdır. Benzer sonuçlar J-K besinleri ile L-M besinlerinde de görülmektedir (Tablo 6). Alınan kininin belirli bir konsantrasyona kadar pup protein miktarını azaltıp, belirli bir konsantrasyondan sonra etki gösterememesinin nedeni, sekonder maddelerin belirli bir seviyeden sonra enzim inhibisyonuna sebep olmaları veya duygusal olarak caydırıcı etki için gerekli eşik seviyesinin aşılmasından kaynaklanabilir (Bate-Smith, 1973).

Sonuç olarak, gıda alımını dengeleme davranışı, Coleoptera takımı üyelerinin yanı sıra Lepidoptera takımı üyeleri, ratlar, çekirgeler, balıklar gibi birçok canlı grubunda gözlenen bir durumdur (Bernays ve Bright, 2001; Ruohonen vd., 2007). Gıdalardaki farklılıklar, sekonder maddelerin bulunması gibi bitki özellikleri canlıları böyle bir davranışa itmiştir.

## 5. ÖNERİLER

Bu çalışmada polifaj bir tür olan *A. alni* larvalarının besin tercihi belirlenmiştir. Bitkilerin savunma amaçlı olarak ürettikleri sekonder maddelerin türün bireylerinin gelişimleri üzerine olan etkileri incelenmiştir. Bireylerin gıda dengeleme mekanizmalarının farklı oluşu bu çalışmanın orijinal sonuçlarından birisidir.

Bu türün özellikle Karadeniz bölgesinde populasyon patlaması şeklinde ortaya çıktığı dönemlerde tahribatlar yaptığına tanık olunmuştur. Bu nedenle bu türün besin tercihinin bilinmesi yeni açılacak ormanlık alanlara dikilecek türlerin belirlenmesine yardımcı olacaktır.

Bu çalışmadan sonra yapılacak çalışmalarda sekonder maddelerin birlikte etkilerinin ne olacağına dair çalışmalar doğayı anlamada daha da yardımcı olacaktır. Sekonder maddelerin parazitoidler üzerine olan etkileri de bilinmektedir. Bu nedenle sekonder maddelerin karıştırılarak herbivor türlere sunulması konak-parazitoid ilişkilerine yeni bir boyut kazandıracaktır.

## 6. KAYNAKLAR

- Altun N., 2008.** *Malacosoma neustria* L. (Lepidoptera:Lasiocampidae)'nın besin seçimi ve gelişmesine etki eden kimyasal faktörlerin geometrik analizlerle belirlenmesi. Ondokuzmayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 78 s.
- Allen, S. E., Grimshaw, H. M., Parkinson, J. A., Quarmby, C. and Roberts, J. D., 1986.** Chemical Analysis, in: Chapman S.B. (Ed.), *Methods in Plant Ecology*, Blackwell Scientific Publications, 411-466.
- Altun N., Yanar O. ve Bilgener M., 2007.** Tavus Kelebeği, *Inachis io* (L.), (Lepidoptera:Nymphalidae) larvalarının besin tercihinine etki eden kimyasal faktörler. Doğu Anadolu Araştırmaları Dergisi, Sayı 3, sayfa 56-60.
- Bate-Smith,E.C., 1973.** Haemanalysis of tannins: The concept of relative astringency, 12, pp. 907-912.
- Baur, R. and Rank, N. E., 1996.** Influence Of Quality And Natural Enemies On The Life History Of The Alder Leaf Beetles *Agelastica alni* and *Linnaeidae aenea*. in Jolivet PHA. and Cox M (eds) *Chrysomelidae Biology*. Ecological Studies. 173-194. SPB Academic Publishing, Amsterdam
- Belovsky, G. E., 1984.** Herbivory optimal foraging: A comparative test of three models. *Am. Naturalist*, 124, pp. 97-115.
- Berenbaum, M. and Feeny, P., 1981.** Toxicity of angular furanocoumarins to swallowtail butterflies: escalation in a coevolutionary arms race. *Science* 212, pp. 927-929.
- Bernays, E. A., 1998.** Evolution of feeding behaviour in insect herbivores. *Bioscience*, 48, pp. 35-45.
- Bernays, E. A. and Bright, K. L., 2001.** Food choice causes interrupted feeding in the generalist grasshopper *Schistocerca americana*: further evidence for inefficient decision-making *Journal of insect physiology*, 47, pp. 63-71.
- Bernays, E. A., Cooper-Driver, G. and Bilgener, M. 1989.** Herbivores and plant tannins. *Adva. Ecol. Res.*, 19, pp. 263–275.
- Benays, E. A. and Chapman, R. F., 2000.** Plant secondary compounds and grasshoppers: beyond plant defenses. *Journal of Chemical Ecology*, 26, pp. 1773-1794.
- Bernays, E. A. and Lee, J. C., 1988.** Food aversion learning in the polyphagous grasshopper *Schistocerca americana*. *Physiol. Entomol.*, 13, pp. 131–127.
- Bilgener, M. 1988.** Chemical Components of Howler Monkeys (*Alouatta palliata*) Food Choice and Kinetics of Tannin Binding with Natural Polymers. PhD Dissertation, Boston University.

- Birosová, L.; Mikulášová, M.; Vaverková, S., 2005.** Antimutagenic effect of phenolic acids. *Biomed. Pap. Med. Fac. Univ. Palacky Olomouc Czech Repub.* 149, 489–491.
- Booth, A. N., Masri, M. S., Robbins, D. J., Emerson, O. H., Jones, F. T., and Deeds, F., 1959.** The metabolic fate of gallic acid and related compounds. *J. Biol. Chem.* 234:3014–3016.
- Chapman RF., 2003.** Contact chemoreception in feeding by phytophagous insects. *Annu. Rev. Entomol.* 48:455–84
- Croteau, R., Kutchan, T. M., Lewis, N. G., 2000.** Biochemistry and Molecular Biology of Plants. B. Buchanan, W. Gruissem, R. Jones, Eds., 2000. American Society of Plant Physiologists, pp. 1250-1318.
- Despland E. and Noseworthy, M., 2006.** How well do specialist feeders regulate nutrient intake? Evidence from a gregarious tree-feeding caterpillar. *The Journal of Experimental Biology*, 209, pp. 1301-1309.
- Dollahite, J. W., Pigeon, R. F., and Camp, B. J., 1962.** The toxicity of gallic acid, pyrogallol, tannic acid, and *Quercus havardi* in the rabbit. *Am. J. Vet. Res.* 23:1264–1267.
- Downer,R.G.H., Matthews,J.R., 1976.** Patterns of lipid distribution and utilization in insects. *American Zoologist* 16,733–745
- Ehrlich, P. R. and Raven P. H., 1964.** Butterflies and plants: a study in co-evolution. *Evolution* 18: 586-608.
- Ehrlich, P. R. and Raven, P. H., 1965.** Butterflies and plants: a study in co evolution. *Evolution* 18, pp. 586-608.
- Feeny, P., 1968.** Effect of oak leaf tannins on larval growth of the winter moth *Operophtera brumata*, *J. Insect. Physiol.*, 14, pp. 805-817.
- Feeny, P., 1975.** Biochemical coevolution between plants and their insect herbivores. In Gilbert, L. E. and Raven, P. H. (eds), *Co-evolution of animals and plants*, pp. 1-19, Univ. of Texas Pres, Austin, Texas.
- Firdin B., (2003).** Besin kalitesinin *hyphantria cunea* (Drury, 1773) (Lepidopreta:Arctiidae)'nin üreme ve gelişmesine etkisi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi.
- Freeland, W. J. and Janzen, D. H., 1974.** Strategies in herbivory by mammals: the role of secondary plant compounds. *American Naturalist*, 108, pp. 269–289.
- Friggens, N. C., Hay, D. E. F. and Oldham, J. D., 1993.** Interactions between major nutrients in the diet and lactational performance of rats. *Br. J. Nutr.*, pp. 69, 59.



- Giftson, J. S.; Jayanthi, S.; Nalini, N., 2009.** Chemopreventive efficacy of gallic acid, an antioxidant and anticarcinogenic polyphenol, against 1,2-dimethyl hydrazine induced rat colon carcinogenesis. *Invest. New Drugs*, 28, 251–259.
- Giron, D., Casas, J., 2003.** Lipogenesis in adult Parasitic Wasp. *J. Insect. Physiology*, 49, pp. 141-147.
- Hagerman, A.E., Butler, L.G., 1991.** Tannins and lignins. In: Rosenthal, G.A., Berbenbaum, M.R. (Eds.), *Herbivores: Their Interactions with Secondary Plant Metabolites*, vol. 1. Academic Press, New York, pp. 355–388
- Hagerman, A. E., Robbins, C. T., Weerasuriya, Y., Wilson, T. C., and Mc Arthur, C., 1992.** Tannin chemistry in relation to digestion. *J. Range Manag.* 45:57–62.
- Harborne, J. B., 1994.** Introduction to Ecological Biochemistry. Academic Press. (Çeviri: Bilgener, M., 2002. Ekolojik Biyokimyaya Giriş. Ondokuz Mayıs Üniv. Yayınları. Samsun, s. 121-149).
- Hartman, T., 1996.** Diversity and variability of plant secondary metabolism: A mechanistic view. *Entomol. Exp. Appl.* 80:177–188.
- Hemming, J. D. C. and Lindroth, R. L., 1995.** Intraspecific variation in aspen phytochemistry – effects on performance of gypsy moths and forest tent caterpillars. *Oecologia*, 103, pp. 79-88.
- Hillis, W. E., 1966a.** Variation in polyphenol composition within species of *Eucalyptus* L'Herit. *Phytochemistry* 5:541–556.
- Hillis, W. E., 1966b.** Polyphenols in the leaves of *Eucalyptus* L'Herit: A chemotaxonomic survey I. *Phytochemistry* 5:1075–1090.
- Hillis, W. E., 1967.** Polyphenols in the leaves of *Eucalyptus*: A chemotaxonomic survey IV. *Phytochemistry* 6:373–382.
- Honek, A., 1993.** Intraspecific variation in body size and fecundity in insects-a general relationship. *Oikos*, 66, pp. 483–492.
- Ikonen A (2002)** Preferences of six leaf beetles among qualitatively different leaf age classes of three Salicaceous host species. *Chemoecology* 12:23–28
- Ikonen A, Tahvanainen J, Roininen H (2001)** Chlorogenic acid as an antiherbivore defence of willows against leaf beetles. *Entomol Exp Appl* 99:47–54
- Jones, S.A., Raubenheimer, D., 2001.** Nutritional regulation in nymphs of the German cockroach, *Blattella germanica*. *Journal of Insect Physiology*, 47, pp. 1169-1180.
- Kang, M. S.; Oh, J. S.; Kang, I. C.; Hong, S. J.; Choi, C. H., 2008.** Inhibitory effect of methyl gallate and gallic acid on oral bacteria. *J. Microbiol.* 46, 744–750.

- Kim, S. H.; Jun, C. D.; Suk, K.; Choi, B. J.; Lim, H.; Park, S.; Lee, S. H.; Shin, H. Y.; Kim, D. K.; Shin, T. Y., 2006.** Gallic acid inhibits histamine release and proinflammatory cytokine production in mast cells. *Toxicol. Sci.* 91, 123–131.
- Lee K.P., Behmer S.T., Simpson S.J. and Raubenheimer, D., 2002.** A geometric analysis of nutrient regulation in the generalist caterpillar *Spodoptera littoralis* (Boisduval). *Journal of Insect Physiology*, 48; pp. 655–665.
- Macel, M., Bruinsma, M., Dijkstra, S. M., Ooijendijk, T., Niemeyer, H. M., and Klinkhamer, P. G. L., 2005.** Differences in effects of pyrrolizidine alkaloids on five generalist insect herbivore species. *Journal of Chemical Ecology*, 31, No. 7, July 2005.
- Makhnovskii I. K., (1955)** Pests of protecting forest plantations in Central Asia and their control. Tashkent, State Editing Office of Uzbek SSR, 195 p. (in Russian).
- Maslov A. D., (1988)** Guide on Forest Protection against Pests and Diseases. Moscow, "Agropromizdat", 414 p. (in Russian).
- Mattson, W. J. Jr., 1980.** Herbivory In Relation To Plant Nitrogen Content. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 11, pp. 119-161.
- Medvedev L. N., (1983)** Chrysomelidae from Iran (Insecta: Coleoptera). – *Senckenbergiana-Biologica*, v. 64, № 1 – 3, p. 133-140. (in English).
- Miller, J. S. and Feeny, P., 1983.** Effects of benzyloquinoline alkaloids on the larvae of polyphagous Lepidoptera. *Oecologia*, 58, pp. 332-339.
- Monk, C.D., 1987.** Sclerophylly in *Quercus virginiana* Mill, *Castanea*, 52, 4, pp. 256-261
- Mothes, K., 1973.** Pflanze und tier ein vergleich auf der ebene aes Sekundärstoffwechsels. *Österr. Akad. Wissensch. abt., I*, pp. 181- 1-37.
- Mullens D.E., in: G.A. Kerkut, L.I. Gilbert (Eds.), 1985.** *Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology*, vol. 3, Pergamon Press, London, pp. 44-76.
- Murdiati, T. B., Mc Sweeney, C. S., and Lowry, J. B., 1992.** Metabolism in sheep of gallic acid, tannic acid and hydrolysable tannin from *Terminalia oblongata*. *Aust. J. Agri. Res.* 43:1307–1319.
- Oswald, L., 1993.** Effects of an allelochemical on diet selection and metabolism in a generalist arboreal folivore, the common brushtail possum (*Trichosurus vulpecula*). BSc Hons Thesis, Monash University, Clayton, Australia.

- Pavlovskii E. N. and Shtakelberg A. A., (Eds.) (1955)** Forest pests. Guide. Moscow–Leningrad, Edition of Academy of sciences of the USSR, V. 1, 421 p. (in Russian).
- Pyke, G. H., 1978.** Optimal foraging in hummingbirds: testing the marginal value theorem. *Am. Zool.*, 18, 739-752.
- Raubenheimer, D., 1992.** Tannic acid, protein ve digestible carbohydrate: dietary imbalance and nutritional compensation in the African migratory locust. *Ecology*, 73, pp. 1012-1927.
- Raubenheimer, D. and Simpson, S. J., 1993.** The geometry of compensatory feeding in the locust. *Animal Behaviour*, 45, 953-964.
- Raubenheimer, D. and Simpson, S. J., 2003.** Nutrient balancing in grasshoppers: behavioural and physiological correlates of dietary breadth. *The Journal of Experimental Biology*, 206, pp. 1669-1681.
- Raubenheimer, D. and Jones, S. A., 2006.** Nutritional imbalance in an extreme generalist omnivore: tolerance and recovery through complementary food selection. *Animal Behaviour*, 71, pp. 1253-1262.
- Rhoades, D.F. and Cates, R. G., 1976.** Toward a general theory of plant antiherbivore chemistry. *Recent Adv. Phytochem.*, 10, pp. 168-213.
- Ruohonen, K., Simpson, S. J. and Raubenheimer, D., 2007.** A new approach to diet optimisation: A re-analysis using European whitefish (*Coregonus lavaretus*). *Aquaculture*, 267, pp. 147-56.
- Ryan M. F., 2002.** Insect Chemoreception. Fundamental and Applied. Kluwer Academic Publishers.
- Schroeder, L.A., 1986.** Protein limitation of a tree leaf feeding Lepidopteran. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 41, pp. 115–120.
- Schultz, J. C. and Lechowicz, M. J., 1986.** Hostplant, larval age, and feeding behavior influence midgut pH in the gypsy moth (*Lymantria dispar*). *Oecologia*, 71, pp. 133-137.
- Scriber, J. M., 1984.** Host-Plant Suitability. *Chemical Ecology of Insects*,
- Sezen, K., Demir, I. & Demirbağ, Z., 2004.** Study of the bacterial flora as a biological control agent of *Agelastica alni* L. (Coleoptera: Chrysomelidae). *Biologia* 59: 327–331.
- Simpson, S. J. and Abisgold, J. D., 1985.** Compensation by locusts for changes in dietary nutrients: behavioural mechanism. *Physiological Entomology*, 10, pp. 443-452.

- Simpson, S.J., Raubenheimer, D., 1993.** A multi-level analysis of feeding behaviour: the geometry of nutritional decisions. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B* 342, pp. 381–402.
- Simpson, S. J., Raubenheimer, D. and Chambers, P. G., 1995.** The mechanisms of nutritional homeostasis. In: *Regulatory Mechanisms of Insect Feeding* (Ed. by G. De Boer & R. F. Chapman), pp. 251–278. New York: Chapman & Hall.
- Simpson, S. J. and Raubenheimer, D., 1999.** Geometric models of macronutrient selection. In: H.-R. Berthoud and R. J. Seeley (eds), *Neural Control of Macronutrient Selection*, CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 29-41.
- Simpson, S. J., Raubenheimer, D. and Chambers, P. G., 1995.** The mechanisms of nutritional homeostasis. In: *Regulatory Mechanisms of Insect Feeding* (Ed. by G. De Boer & R. F. Chapman), pp. 251–278. New York: Chapman & Hall.
- Simpson, S. J. and Raubenheimer, D., 2001.** The geometric analysis of nutrient-allelochemical interactions: a case study using locusts. *Ecology*, 82, pp. 422-439.
- Simpson, S. J. and Simpson, C. L., 1990.** The mechanism of nutritional compensation by the phytophagous insects. In: Bernays, E. A. (ed), *Insect-Plant Interactions*, vol. 2. CRC Press, Boca Raton, FL. Pp. 111-160.
- Slansky, F., and Wheeler, G. S., 1989.** Compensatory increases in food consumption and utilization efficiencies by velvetbean caterpillars mitigate impact of diluted diets on growth. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 51, pp. 175-187.
- Sterner, R. W. and Esler, J. J., 2002.** *Ecological Stoichiometry*. Princeton University Press, Princeton, NJ, USA.
- Thompson, S. N. and Redak, R. A., 2000.** Interactions of dietary protein and carbohydrate determine blood sugar level and regulate nutrient selection in the insect *Manduca sexta* L. *Biochim. Biophys. Acta*, 1523, pp. 91-102.
- Timmins, W. A., Bellward, K., Stamp, A. J., Reynolds, S. E., 1988.** Food intake, conversion efficiency and feeding behaviour of tobacco hornworm caterpillars given artificial diet varying nutrient and water content. *Physiological Entomology*, 13, pp. 303-314.
- Tischler, W., 1977.** Kontinuität, Des Biosystems Erle (Alnus) Erlenblattkafer (Agelastica alni). *Z angew Zool*, 64, 69 -92.
- Topkara, E. F., (2012).** Bitki sekonder maddelerinin *Hyphantria cunea* larvalarının beslenme ve gelişimine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuzmayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 57 s.

- Toyomitsu, M., Kimura, S. and Tomita, Y., 1993.** Response-surface analyses of the effects of dietary protein, fat and carbohydrate on feeding and growth pattern in mice from weaning to maturity. *Anim. Prod.*, 56, pp. 251.
- Vassiliev I. V., (1912)** Oriental leaf beetle *Agelastica orientalis* Baly and walnut moth *Sarothripus musculana* Ersch.–two pests of Turkestan horticulture. Sankt Peterburg, Typography of M. Merkushev.–Proceedings of Bureau of Entomology, v. IX, № 7, 23 p. (in Russian).
- Waldbauer, G. P. and Bhattacharya, A. K., 1973.** Self selection of an optimum diet from a mixture of wheat fractions by the larvae of *Tribolium confusum*. *J. Insect Physiol.*, 19, 407-418.
- Waldbauer, G. P., Cohen, R., W. and Friedman, S., 1984.** An improved procedure for laboratory rearing of the corn earworm, *Heliothis zea* (Lepidoptera: Noctuidae). *Great Lakes Entomol.*, 17, 113-118.
- Waldbauer, G. P. and Friedman, S., 1991.** Self- selection of optimal diets by insects. *Annual Review of Entomology*, 36, pp. 43-63.
- Yamamoto, R. T. 1969.** Mass rearing of tobacco hornworm. II. Larval rearing and pupation. *J. Econ. Entomol.*, 62, pp. 1427-1431.
- 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, Ondokuzmayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 84 s.
- Zanotto, F. P., Simpson, S. J. and Raubenheimer, D., 1993.** The regulation of growth by locusts through post-ingestive compensation for variation in the levels of dietary protein and carbohydrate. *Physiological Entomology*, 18, pp. 425-434.

## **7. ÖZGEÇMİŞ**

20.07.1988 tarihinde Yozgat'ta doğdu. İlköğrenimini 23 Nisan İlköğretim Okulu'nda (Ankara), lise öğrenimini ise Keçiören Kalaba Lisesi'nde tamamladı. 2005-2006 eğitim öğretim yılında şimdiki adı Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi olan Rize Üniversitesi, Biyoloji programını kazandı. 2009-2010 eğitim öğretim yılının bahar döneminde lisans programını tamamladıktan sonra 2011-2012 eğitim öğretim döneminde aynı üniversitenin Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans programına başladı.