

TC  
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**NAR KABUĞU İLE BESLENEN *TENEBRIO MOLITOR*  
LARVALARININ ANTIÖKSİDAN AKTİVİTESİNİN  
ARTTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**Sezer DAĞ**

**Beslenme ve Diyetetik Ana Bilim Dalı**  
**Beslenme ve Diyetetik Programı**

**EYLÜL, 2022**



TC.  
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**NAR KABUĞU İLE BESLENEN *TENEBRIO MOLITOR*  
LARVALARININ ANTIOKSİDAN AKTİVİTESİNİN  
ARTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Sezer DAĞ**

**(Y2016.050013)**

**Beslenme ve Diyetetik Ana Bilim Dalı  
Beslenme ve Diyetetik Programı**

**Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Zehra GÜLSÜNOĞLU KONUŞKAN**

**EYLÜL, 2022**

## ONAY FORMU

## ONUR SÖZÜ

Yüksek lisans tezi olarak sunmuş olduğum “Nar Kabuğu ile Beslenen *Tenebrio Molitor* Larvalarının Antioksidan Aktivitesinin Arttırılması” isimli çalışmanın, proje aşamasından sonuçlanma aşamasına kadar olan bütün süreçlerinde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir eylemde bulunmadan yazdığımı ve yararlanmış olduğum çalışmaların Kaynakça’da gösterilenlerden ibaret olduğunu ve atıf yaparak yararlandığımı belirtir ve onurumla beyan ederim. (21/09/2022)

Sezer DAĞ

## ÖNSÖZ

Öncelikle yüksek lisans tez sürecim boyunca akademik bilgisini, güler yüzünü, sabrını ve ilgisini hiçbir zaman esirgemeyen danışman hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Zehra GÜLSÜNOĞLU KONUŞKAN'a,

Çalışmanın analizlerinde vaktini ayırıp yardımcı olan İstanbul Teknik Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlisi Duygu CEYLAN'a,

Akademik hayatımda öğretileriyle ışık tutan, destek olan ve bana inanan sayın Dr. Öğr. Üyesi Serap ANDAÇ ÖZTÜRK'e,

Yüksek lisans dönemimin tüm zorluklarında benim yanımda olup bana destek olan başta lisans ve yüksek lisans arkadaşım Sedanur DEMİRBAŞ YILDIZ olmak üzere diğer tüm yakın arkadaşlarıma,

Attığım her adımda sevgisini, saygısını, sabrını benden hiç esirgemeyen ve tüm kahrımı çeken başta canım annem Rengül Dağ ve canım babam Emin Dağ olmak üzere diğer tüm aile bireylerime,

Ve son olarak tüm hayatım boyunca bana olan inancını, sevgisini ve emeğini hiçbir zaman benden eksik etmeyen canım anneannem merhum Sezer ÖZ'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Eylül, 2022

Sezer Dağ

## NAR KABUĞU İLE BESLENEN TENEBRİO MOLİTOR LARVALARININ ANTIOKSİDAN AKTİVİTESİNİN ARTTIRILMASI

### ÖZET

Yenilebilir böcekler; üretiminde daha az su, yem ve alan kullanıldığından geleneksel protein kaynağına göre avantajlı olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca besin içerikleri incelendiğinde geleneksel protein kaynaklarıyla eş değer hatta daha yüksek protein değerlerine sahip olup, çalışmalarda yenilebilir böceklerin beslenmesine göre vücut kompozisyonunda farklılık görülebildiği bildirilmektedir. Gıda endüstrisinin gelişmesiyle birlikte ortaya daha fazla meyve-sebze atığı çıkmakta olup çevresel ve ekonomik olarak zarara neden olmaktadır. Bu atıkların birçoğu; yem ve gübre olarak kullanıldığından içerdikleri birçok katma değeri yüksek bileşenlerin kaybına sebep olmaktadır. Bu tez çalışmasında; yenilebilir bir böcek türü olan *Tenebrio molitor* larvalarının, endüstriyel nar kabukları ile beslenmesi sonucunda antioksidan aktivitesi ve besin kompozisyonunda oluşacak değişikliklerin incelenmesi amaçlanmıştır. Farklı oranlarda mısır unu ve nar kabuğu (1:1, 1:2 ve 1:4) kombinasyonları larva gelişimi için hazırlanmıştır. Her bir kombinasyona 50 adet larva eklenmiş ve 12 gün inkübasyona bırakılmıştır. Referans (NA) olarak mısır unu kullanılmıştır. İnkübasyonun 0., 4., 8. ve 12. gününde larvalar toplanarak; ağırlık kazanımı, hacim artışları ve canlılık oranları belirlendikten sonra analizler için -18°C’de depolanmıştır. Ayrıca kimyasal kompozisyon analizleri yapılmıştır. Larvaların ve larval fermentasyon sonrası substratın fenolik profilindeki değişim HPLC-PDA kullanılarak belirlenmiş ve toplam fenolik madde, toplam flavonoid miktarı, CUPRAC ve DPPH analizleri yapılmıştır.

Yapılan analizler sonucunda en fazla ağırlık kazanımı ve canlılık oranı 1:1 mısır unu: nar kabuğu (NB) kombinasyonunda bulunmuştur. Ağırlık kazanımı incelendiğinde NA besiyerinde %58,65’lik bir artış görülürken, NB besiyerinde %88,31’lik bir artış gözlemlenmiştir. NB besiyerinde beslenen larvalarda %61,56’lık bir hacim artışı görülürken NA besiyerinde beslenen larvalarda %47,48’lik bir artış görülmüştür.

TPC analizine göre; NA besiyerinde beslenen larvalarda azalma gözlemlenirken, NB besiyerinde beslenen larvalarda farklılık bulunmamıştır. TFC analizinde, her iki grup için de değişiklik gözlemlenmemiştir. CUPRAC analizi için tüm gruplar arasında NB besiyerinde beslenen larvalarda antioksidan aktivitesi en yüksek 4. günde gözlemlenmiştir. DPPH analizinde, NB besiyerinde beslenen larvalarda 12. günde anlamlı bir artış göstermiştir. Larvaların kimyasal kompozisyonda karbonhidrat ve kül miktarlarında artış gözlemlenirken, lipit ve protein miktarlarında azalma gözlemlenmiştir. HPCL analizi sonucunda NB besiyerinde beslenen larvaların 8. ve 12. gününde ellajik asit saptanmıştır. Ayrıca, NB besiyerinde beslenen larvaların fenolik profilinde NA besiyerine kıyasla daha fazla gallik asit miktarına sahip olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak, nar kabuğu ile zenginleştirilmiş besiyerinde beslenen larvaların gelişim performansları daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca, nar kabuğunda yüksek miktarda bulunan ellajik asidin larvalarda birikim göstermesi, bu konuda yapılacak olan çalışmalar açısından umut verici olduğu düşünülmektedir. Fenolik bileşikler ile zenginleştirilmiş larvaların insan tüketimi için gıdalarda kullanılması ile hayvansal proteinlere alternatif olması ve gıdaya fonksiyonel bir özellik kazandırılması mümkün olacaktır.

**Anahtar kelime:** *T. molitor*, nar kabuğu, ellajik asit



## **INCREASING THE ANTIOXIDANT ACTIVITY OF TENEBRIO MOLITOR LARVAE REED WITH POMEGRANATE PEEL**

### **ABSTRACT**

Edible insects are promising protein sources compared to many traditional ones due to the use of less water, feed and space in production. In addition, their protein content is equivalent to or even higher than traditional protein sources. According to literature, the body composition of edible insects may be influenced by the composition of the dietary supplementation. In the food industry, there are huge amount of fruit and vegetable wastes. These wastes cause damage both environmentally and economically, if they discarded. However, these wastes contain high amount of value-added compounds, most of them are used as animal feed. By valorization of these wastes, both ecological and economic benefits can be achieved. In this thesis; it is aimed to examine the antioxidant activity of *Tenebrio molitor* larvae fed with industrial pomegranate peel and to determine the chemical composition of larvae. Different combination (1:1, 1:2 and 1:4) of corn flour and pomegranate peel were prepared for larval growth. Fifty larvae were added into each jar and incubated for 12 days. Corn flour was used as reference (NA). The larvae were collected and counted at 0, 4, 8 and 12 day fermentation. The weight gain, volume and survival rate of the larvae were determined and they stored at -18°C for further analysis. Additionally, chemical composition analysis was performed for larvae. Phenolic profile of the larvae and the substrate after larval fermentation was determined by using HPLC and total phenolic content, total flavonoid content, CUPRAC and DPPH analyzes were also determined.

As a result, the highest weight gain, volume and survival rate were found in the larvae fed with a combination of 1:1 corn flour and pomegranate peel (NB). An increase in the amount of carbohydrate and ash were observed in the chemical composition of larvae, while a decrease in the amount of lipid and protein were found. For TPC, a decrease was observed in the larvae fed with NA, while no

difference was found in the larvae fed with NB. In the TFC analysis, there were no significant differences among treatments. Among all groups for CUPRAC and DPPH analysis, the larvae fed with NB showed the highest activity on the 4th and 12th day, respectively. When HPLC analysis was examined, ellagic acid was detected on the 8th and 12th day of the larvae fed with NB. When all groups were compared, gallic acid was found in the highest amount in larvae fed with NB.

As a conclusion, the development of larvae fed on the medium enriched with pomegranate peel was found to be higher than the reference group. In addition, the accumulation of ellagic acid in the larvae fed with pomegranate peel, which contains high amounts of ellagic acid, is thought to be promising for future studies. By using the larvae enriched with phenolic compounds in foods for human consumption, it will be possible both to be an alternative to animal proteins and to give the food a functional feature.

**Keywords:** *T. molitor*, pomegranate peel, ellagic acid

## İÇİNDEKİLER

ONUR SÖZÜ .....	iii
ÖNSÖZ.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT .....	vii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	xii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xiii
<b>I. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>II. GENEL BİLGİLER.....</b>	<b>3</b>
A. Entomofaji.....	3
1. Yenilebilir Böceklerin Besin İçeriği .....	4
2. Yenilebilir Böceklerin Gıda Güvenilirliği .....	5
3. Ekolojik Fayda Olarak Yenilebilir Böcekler.....	7
B. <i>Tenebrio Molitor</i> (Sarı Yemek Kurdu).....	8
1. <i>Tenebrio molitor</i> 'un Metamorfozu .....	9
2. <i>Tenebrio molitor</i> 'un Besin Bileşimi .....	10
C. Nar ( <i>Punica granatum L.</i> ) .....	12
1. Nar Kabuğu Fitokimyasal İçeriği.....	13
2. Nar Kabuğu Fitokimyasallarının Sağlığa Etkileri.....	15
D. Hipotez.....	16
<b>III. MATERYAL VE METOT .....</b>	<b>17</b>
A. Materyaller .....	17
B. Metot.. .....	17
1. Besi yerlerinin hazırlanması.....	17
2. Ağılık kazanımı ve hacim tayini .....	18
3. Nem Tayini.....	18
4. Toplam Protein Tayini .....	18

5. Toplam Yağ Analizi .....	19
6. Kül Tayini .....	19
7. Karbonhidrat Tayini .....	20
8. Fenolik Madde Ekstraksiyonu .....	20
10. Toplam Fenolik İçeriği Analizi (TPC).....	20
12. Antioksidan Aktivite Tayini.....	21
13. İstatistiksel Analiz.....	22
<b>IV. SONUÇLAR.....</b>	<b>23</b>
A. Ağırlık Kazanımları ve Hacim Ölçümü .....	23
B. Kimyasal Kompozisyon Analizi.....	25
C. Fenolik Bileşiklerin Analizi .....	29
D. Toplam Flavonoid Madde (TFC) Analizi .....	31
E. Fenolik Profil Analizi .....	32
F. Antioksidan Aktivite Analizi .....	35
<b>V. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>40</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>42</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>53</b>

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 Dünyada en çok tercih edilen yenilebilir böcek takımları .....	3
Şekil 2 Tenebrio molitor yaşam döngüsü.....	10
Şekil 3 Nar kabuğunda bulunan başlıca fitokimyasalların kimyasal şekilleri.....	14
Şekil 4 Larvaların görüntüsü.....	24
Şekil 5 (a) NA ve (b) NB besiyerinde beslenen larvaların kimyasal kompozisyonu.	26
Şekil 6 NA ve NB besiyerinde beslenen larvaların TPC miktarlarındaki değişim....	30
Şekil 7 Larval fermentasyon sonrası NA ve NB besiyerlerinin TPC miktarlarındaki değişim. ....	30
Şekil 8 NA ve NB besiyerinde beslenen larvaların TFC miktarlarındaki değişim....	31
Şekil 9 (a) Larval fermentasyon sonrası NA (a) ve NB (b) besiyerlerinin TFC miktarlarındaki değişim. ....	31
Şekil 10 Başlangıç larvaların (A) ve 12 gün NB besiyerinde beslenen larvaların (B) 280 nm'deki HPLC kromatogramları. ....	33
Şekil 11 NA ve NB besiyerlerinde beslenen larvaların CUPRAC antioksidan aktivitesinde meydana gelen değişim.....	36
Şekil 12 NA ve NB besiyerlerinin larval fermentasyon sonrası CUPRAC antioksidan aktivitesinde meydana gelen değişim .....	37
Şekil 13 NA ve NB besiyerinde beslenen larvaların DPPH antioksidan aktivitesinde meydana gelen değişim.....	38
Şekil 14 Larval fermantasyon sonrası NA ve NB besiyerinin DPPH antioksidan aktivitesinde meydana gelen değişim.....	38

## ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 1 T. molitor taksonomisi .....	9
Çizelge 2 T. molitor besin bileşimi (100 g kuru ağırlıkta).....	11
Çizelge 3 Nar meyvesinin farklı bölümlerinde bulunan fitokimyasalllar .....	13
Çizelge 4 Larva ağırlık kazanımları .....	23
Çizelge 5 Larvaların hacim değerleri .....	24
Çizelge 6 NA ve NB besiyerinde beslenen larvaların lipit içeriğindeki değişimler....	27
Çizelge 7 NA ve NB besiyerinde beslenen larvaların protein içeriğindeki değişimler .....	28
Çizelge 8 NA ve NB besiyerinde beslenen larvaların kül içeriğindeki değişimler....	28
Çizelge 9 NA ve NB besiyerinde beslenen larvaların karbonhidrat içeriğinde meydana gelen değişim .....	29
Çizelge 10 NA besiyerinde beslenen larvaların fenolik profilindeki değişim .....	33
Çizelge 11 NB besiyerinde beslenen larvaların fenolik profilindeki değişim .....	34
Çizelge 12 Nar ile zenginleştirilmiş besiyerinin larval fermentasyon sonrası fenolik profilindeki değişim .....	35

## KISALTMALAR LİSTESİ

<b>Akt</b>	: Protein kinaz b
<b>ANOVA</b>	: Varyasyon analizi
<b>Bcl3</b>	: B Cell Leukemia/Lymphoma 3
<b>CE</b>	: Kateşin Eşdeğeri
<b>cm</b>	: Santimetre
<b>CUPRAC</b>	: Bakır (II) redüksiyon kapasitesi
<b>DPPH</b>	: 2,2- Difenil-1-pikrilhidrazil
<b>DSÖ</b>	: Dünya Sağlık Örgütü
<b>FAO</b>	: Gıda ve Tarım Örgütü
<b>GAE</b>	: Gallik Asit Eşdeğeri
<b>HPLC</b>	: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
<b>kg</b>	: Kilogram
<b>LC-MS/MS</b>	: Sıvı Kromatografisi-Kütle Spektrometresi
<b>MAPK</b>	: Mitogenle aktive olan protein kinaz
<b>MMP</b>	: Matris metalloproteinaz
<b>MTOR</b>	: Memeli rapamisin hedefi
<b>MUFA</b>	: Tekli doymamış yağ asitleri
<b>Nrf2</b>	: Nükleer faktör eritroid 2 ile ilişkili faktör 2
<b>PDA</b>	: Photodiode array
<b>PUFA</b>	: Çoklu Doymamış Yağ Asitleri
<b>SOD</b>	: Süper Oksit Dismutaz

<b>TE</b>	: Trolox Eşdeğeri
<b>TFC</b>	: Toplam Flavanoid Madde
<b>TPC</b>	: Toplam Fenolik Madde
<b>UV</b>	: Ultraviyole
<b>w-3</b>	: Omega-3 yağ asidi
<b>w-6</b>	: Omega-6 yağ asidi
<b>EPA</b>	: Eikozapentaenoik Asit
<b>DHA</b>	: Dokozahekzaenoik Asit



## I. GİRİŞ

Her geçen gün nüfus artışıyla paralel olarak hayvansal proteinlere olan talebin artması, gelecek nesillerde gıda güvencesi riskinin artmasına sebep olacaktır (Verneau vd., 2021). Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) 2050 yılına kadar gıda talebinin karşılanabilmesi için üretimin küresel çapta en az %50 artması gerektiğini tahmin etmektedir (Meyer-Rochow ve Jung, 2020).

Sürdürülebilir tüketim ve üretim ile çevresel kaynakların bilinçsiz kullanımı önlenilmekte ve ayrıca insan refahının devamını sağlamak ve iyileştirebilmek mümkün olmaktadır (Moruzzo vd., 2021). Bununla birlikte gıda güvensizliğine karşı alternatif protein kaynağı olarak; *in vitro* üretilen kültürlenmiş etler, bitkisel proteinler ile oluşturulan bitki bazlı et analogları, mikrobiyal kökenli tek hücreli proteinler, yüksek yem/et oranına sahip solucanlar ve yenilebilir böceklerle ilgili araştırmalar artmakta olup bunlar içerisinde yenilebilir böcekler, gıda güvencesi ve gereksinimlerin karşılanması açısından en iyi alternatif protein kaynağı olarak görülmektedir (Liceaga, 2019; Verneau vd., 2021).

Yenilebilir böceklerin alternatif protein kaynağı olarak son yıllarda ilgi çekmesinin sebepleri arasında; yemden yararlanma oranlarının yüksek olması, sürdürülebilir olmaları ve yüksek protein içeriğine sahip olmaları gösterilebilir (Işık ve Kırkpınar, 2016). Ayrıca 1 kg böcek proteini üretimi için daha az alan gerekmekte, daha az sera gazı emisyonuna sebep olmakta ve organik atıkların katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülmesini sağlamaktadır (Erdoğan vd., 2021).

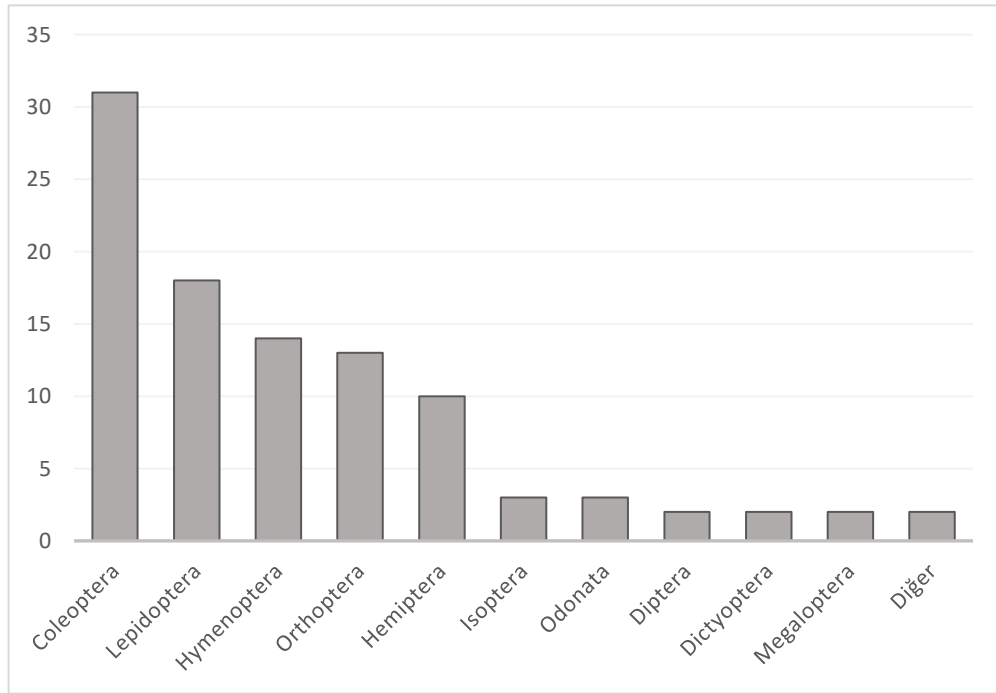
Böcekler, tür ve yaşam döngüsüne göre değişiklik göstermekle beraber, %50-75 protein içeriğine sahiptir ve elzem aminoasitleri içermektedir. Aynı zamanda lipit, mineral ve vitamin açısından da iyi bir kaynak olarak gösterilmektedir (Liceaga, 2019). Böceklerin besin kompozisyonu; böceğin türüne, yetiştirme teknolojisine ve besiyeri bileşimine göre değişebilmektedir (Kulma vd., 2020). Birçok çalışmada, yenilebilir böceklerin kullanılan besiyerine göre besin bileşiminin değiştirilebildiği ve mikrobiyal güvenliğin iyileştirebildiği gösterilmiştir. (van Huis vd., 2013a).

Bu tez çalışmasında, yenilebilir böcek olarak kullanım onayı bulunan *Tenebrio molitor*'un, nar kabuklarıyla beslenmesi ile antioksidan miktarında meydana gelebilecek değişimler incelenmiştir. Böylelikle gelecek nesiller için protein kaynağı olarak kullanılabilir olan *T. molitor*'un, antioksidanlarca zenginleştirilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca gıda atıklarının katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülmesi ile ekolojiye ve ülke ekonomisine fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

## II. GENEL BİLGİLER

### A. Entomofaji

Entomofaji, böceklerin besin olarak tüketilmesi anlamına gelmektedir. Tarih öncesi dönemlerde böcekler sıklıkla tüketilmiş olsa da tarım ve hayvancılığın gelişmesiyle beraber bu alışkanlık birçok bölgede ortadan kalkmıştır (Kim vd., 2019). Fakat hala Güneydoğu Asya, Latin Amerika, Sahra Altı Afrika ve Avustralya gibi dünyanın bir çok bölgesinde insanların beslenmesine dahil edilmektedir (Lange ve Nakamura, 2021). Günümüzde 1900'den fazla böcek türü insan beslenmesinde kullanılmakla beraber dünyada en çok *Coleoptera* (kın kanatlılar), *Lepidoptera* (pul kanatlılar), *Hymenoptera* (zar kanatlılar), *Orthoptera* (düz kanatlılar) takımına ait türler tüketilmektedir (Bernard, 2017). Dünya genelinde en fazla kullanılan yenilebilir böcek takımlarının yüzdelikleri Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1 Dünyada en çok tercih edilen yenilebilir böcek takımları (Bernard,2017).

## 1. Yenilebilir Böceklerin Besin İçeriği

Besin içerikleri incelendiğinde böcekler; protein, lipit, kalsiyum, çinko ve demir açısından yüksek değerlere sahiptir ve böylece tavuk, sığır ve balık gibi geleneksel protein kaynaklarına iyi alternatifler olarak sunulabilmektedir (Kim vd., 2019). Genel olarak yenilebilir böcekler, kuru ağırlıklarının %40-75'i kadar protein oranına sahiptir. Bu da göstermektedir ki, türüne göre değişmekle birlikte, bitkisel protein kaynaklarına ve hayvansal protein kaynaklarına oranla daha yüksek protein içeriğine sahiptir (Kim vd., 2019; Lange ve Nakamura, 2021). Özellikle cırcır böceği ve çekirge gibi *Orthoptera* takımına dahil olan böcekler, protein açısından zengindir (Kim vd., 2019). Amino asit değerlerine bakıldığında yenilebilir böceklerin bir çoğu fenilalanin, lizin, triptofan, treonin ve tirozin açısından Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)'nün belirlediği miktarları karşılamaktadır (Lange ve Nakamura, 2021). Takımlara göre sınıflandırıldığında en yüksek protein içeriği *Lepidoptera* sonrasında *Coleoptera* takımırken en az protein miktarı *Hymenoptera* takımında bulunmaktadır (Bernard, 2017).

Yenilebilir böcekler yaşamlarının devamı için enerjilerinin çoğunluğunu sağlayan çoklu doymamış yağ asitlerince zengindirler ve enerji içeriklerine bakıldığında; tür, yetiştirilme bölgesi ve metamorfik evresine göre değişiklik gösteriyor olsa da besin kompozisyonunun en büyük ikinci bileşenini lipitler oluşturmaktadır (Bernard, 2017). Bu lipit içeriği, böceklerin diyetinden geldiği gibi kendileri de sentezleyebilmektedir (Jantzen da Silva Lucas vd., 2020). Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)'nun yayınlamış olduğu, dünya çapında yenilebilir böceklerin enerji içerikleri 100 g taze ağırlıkta 89-1272 kcal arasında değişiklik göstermektedir (van Huis vd., 2013a). Toplam lipit içerikleri ise %2-62'i arasında değişmekte olup larva ve pupa dönemlerinde en yüksek lipit miktarına sahiptirler (Lange ve Nakamura, 2021; Ojha vd., 2021). Yağ asidi profilleri, hayvansal ve bitkisel yağlarla benzerlik gösterse de ortalama olarak %75 doymamış yağ asitlerinden oluşmaktadır (Lange ve Nakamura, 2021). Genel olarak larvalarda palmitik ve oleik asit çoğunlukta olgun böceklerde ise palmitik ve linoleik asit çoğunlukta olmaktadır (Jantzen da Silva Lucas vd., 2020). Linoleik ve  $\alpha$ -linolenik yağ asitleri, memeliler tarafından sentezlenemeyen, dışarıdan diyetle alınması gereken esansiyel yağ asitleridir ve yapılan bazı çalışmalar, yenilebilir böceklerin diğer kaynaklara kıyasla daha yüksek esansiyel yağ asidi profiline sahip olduğunu göstermektedir (Jantzen da Silva Lucas

vd., 2020; Wu vd., 2022). Ayrıca yapılan bir çalışmada, *T. molitor* ve *Zophobas morio* larvalarıyla yaptıkları çalışmada her iki larvanın, kalp damar sağlığını korumada etkili bir bileşik olan fitosterol içeriğinin yüksek olduğunu saptamışlardır (Sabolová vd., 2016).

Karbonhidratlar açısından incelendiğinde yenilebilir böcekler, esas olarak kitin ve glikojenden oluşmaktadır ve karbonhidrat içerikleri %6,71-15,98 arasında değişmektedir (Ojha vd., 2021). Kitin; protein ve lipitlerle birlikte böceklerin kutikulasını oluşturur ve sert kutikulaya sahip böcekler yumuşak kutikulaya sahip böceklere göre daha yüksek kitin içeriğine sahipken daha yumuşak gövdeli böcekler, sert gövdeye sahip böceklere göre daha yüksek aminoasit içeriğine sahiptirler (Mlcek vd., 2014). Böceklerdeki amino asitlerin bir kısmı kutikulada kitin ve polisakkaritlere bağlı olduğundan, böceklerle alınan proteinlerin sindirilebilirliği değişkenlik göstermektedir (van Huis, 2016).

Yenilebilir böceklerin mineral içeriği, türüne göre anlamlı farklılıklar göstermekle birlikte genel olarak; kalsiyum, sodyum ve potasyum minerallerince fakir fakat magnezyum, demir, çinko ve bakır minerallerince zengindirler (Lange ve Nakamura, 2021; Ojha vd., 2021). Yapılan araştırmalarda çekirge ve sarı yemek kurdunun bakır, manganez, magnezyum ve çinko seviyelerinin sığır etinden daha yüksek olduğu bulunmuştur (Lange ve Nakamura, 2021).

Metabolik süreçler ve bağışıklık sistemi için elzem olan vitaminler açısından incelendiğinde yenilebilir böcekler; riboflavin, pantotenik asit, niyasin ve biotin gibi B vitamin komplekslerince zengin olduğu, C vitaminin açısından ise düşük olduğu görülmüştür (Lange ve Nakamura, 2021). Yapılmış olan bir çalışmada, çekirgelerin gelişim evresine göre C vitamini ve tüm yağda çözünen vitamin miktarları artarken B kompleks vitaminlerinin sabit kaldığı görülmüştür (Zamudio-Flores vd., 2019).

## **2. Yenilebilir Böceklerin Gıda Güvenilirliği**

Yenilebilir böceklerin gıda maddesi olarak kullanılabilirliği, küresel çapta ilgi görmektedir. Bu sebeple, gıda güvenilirliği ve potansiyel risklerinin de dikkate alınması gerekmektedir (Imathiu, 2020). Yüksek besin kompozisyonlarına rağmen yenilebilir böcekler; allerjik reaksiyonlar, patojenik mikroorganizma, ağır metaller ve mikotoksinler gibi gıda güvenliği sorunları teşkil edebilmektedir (Kim vd., 2019).

Birçok gıda, hassas bireylerde ciddi sonuçlar doğuran immün yanıt ve alerjilere neden olabilen alerjenler içermektedir (Lange ve Nakamura, 2021). Yenilebilir böceklerin en büyük besin içeriği protein olduğundan bazı böcekler ve saflaştırılan böcek bazlı gıdaların içerdiği; arginin kinaz,  $\alpha$ -amilaz, tropomiyozin gibi protein türleri alerjik reaksiyonlara neden olabilmektedir (Francis vd., 2019; Imathiu, 2020). Ayrıca böcekler kabuklularla ilişkili olduğundan da alerjen potansiyeli olduğu desteklemektedir (Francis vd., 2019). Entomofaji ile ilgili çalışmaların artmasıyla beraber, yenilebilir böceklerin sebep olduğu alerjik reaksiyonlar daha çok böcek türü açısından sorun teşkil edebilmektedir. Bundan dolayı yenilebilir böceklerin gıda maddesi olarak kullanımında, öncelikle tüketici sağlığını korumak amacıyla uygun etiketleme gibi belirli stratejilerin oluşturulması gerekmektedir (Imathiu, 2020).

Mikotoksinler; *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus* türleri tarafından üretilen küf toksinleri olmakla birlikte, halk sağlığını tehdit eden önemli gıda kontaminantlarından biri olarak kabul edilmektedir ve yenilebilir böceklerin yetiştiriciliğinde kullanılan yemlerde de bulunma riski mevcuttur (Imathiu, 2020). FAO'nun bu konu ile ilgili yayınlamış olduğu bir makalede mikotoksinler yenilebilir böceklere yemden bulaşabildiği gibi böceklerin bağırsağında da üretilebilmektedir (van Huis vd., 2013a).

Diğer bir risk etmeni olan ağır metaller, sistemik toksik maddeler olup kronik ve akut toksisiteye sebep olmaktadır. Yenilebilir böceklerin bazılarında kurşun, arsenik, cıva ve kadmiyum gibi ağır metallerin birikebildiği gösterilmiştir (van Huis, 2021). Özellikle yabani olarak avlanmış ve gıda güvenliği olmayan yenilebilir böceklerde ağır metal yükünün daha fazla olması ve bunun böcek üretim ve depolama gibi aşamaların standartlaştırılmasıyla azaltılabilmesi mümkün olmaktadır (Imathiu, 2020).

Gıdalarda mikrobiyal kaynaklı hastalıkların meydana gelmesini engelleyebilmek için yenilebilir böceklerin hijyenik prosedürlerle üretimi ve işlenmesi önem taşımaktadır. Yapılan araştırmalarda en sık *Clostridium*, *Salmonella*, *Micrococcus*, *Shilgella*, *Staphylococcus* ve *Bacillus* türleri saptanmıştır (Ssepuuya vd., 2019). Bu da böcek tüketen bireylerin, mikrobiyal hastalıklar açısından risk altında olduğunu göstermekte olup özellikle yabani olarak avlanan böceklerin tüketildiği Afrika ve Asya'daki ülkeler için gıda güvensizliğini ortaya koymaktadır (Imathiu, 2020).

Yabani olarak avlanmış yenilebilir böceklerin beslendikleri substrat tam olarak bilinmediği için böcek ve türevi olarak kullanılacak gıdada pestisit kalıntıları bulunması olasıdır (van Huis, 2021). Yenilebilir böcek tüketimi yetiştiriciliğinde gerekli kontrollerin yapıp doğru yem seçimiyle pestisit kalıntıları içermeyen üretim yapmak mümkündür.

Tüm bunların neticesinde, yenilebilir böceklerin gıda güvenliği birçok faktöre bağlı olarak değişebilmekte ve bu riskler kontrollü yetiştiricilik ve üretimle ele alınabilmektedir. Dolayısıyla yenilebilir böceklerin gıda olarak kullanılması söz konusu olduğunda hijyenik proseslerin oluşturulması ve yabani hasattan uzak durulması önem arz etmektedir.

### **3. Ekolojik Fayda Olarak Yenilebilir Böcekler**

Dünya nüfusunun artışına paralel olarak gıda ihtiyacı da artmakta ve böylece su, toprak, enerji gibi sınırlı olan doğal kaynakların tükenme riski de artmaktadır (van Huis vd., 2013a). Sürdürülebilirlik açısından incelendiğinde 1 kg sığır üretimi için gerekli alan miktarı, 1 kg sebze üretimi için gerekli olan alan miktarının yaklaşık 50 katı olduğu görülmektedir (van Huis ve Oonincx, 2017).

Sera gazları, atmosferin sıcaklığı tutma sığasını arttıran; su buharı, metan, ozon, karbondioksitten oluşan gazlardır (Erdoğan, 2020). Sera gazları doğal yollarla oluşmakta ve ekolojik dengenin sağlanması için önemlidir. Ancak fosil yakıtların kullanımı, ormanların tahribatı, enerji santralleri gibi antropojenik etkilerden dolayı artan sera gazı salınımının son yıllarda yerküre ve atmosferin gerekenden fazla ısınmasına ve iklim değişikliklerine neden olmaktadır (Türkeş, 2021). Sera gazı oluşumunu etkileyen faktörlerden hayvan yetiştiriciliği, toplam sera gazının %18'ini oluşturmaktadır. Sığır eti üretiminde ortaya çıkan sera gazı, 1 kg sebze üretimiyle kıyaslandığında 100 kat daha fazla oluşmaktadır (Lange ve Nakamura, 2021; van Huis ve Oonincx, 2017). Yenilebilir böceklerin üretiminde ise çoğu çiftlik hayvanına kıyasla daha az sera gazı ve amonyak salınmaktadır.

Su, arazi verimliliğinin en önemli bileşenlerinden biridir ve 2025 yılına kadar 1.8 milyar insanın mutlak su kıtlığı olan ülke veya bölgelerde yaşayacağı tahmin edilmektedir (van Huis A vd., 2013a). Günümüzde tatlı suyun %70'i tarım için kullanılmakta ve hayvancılıkta ise 1 kg sığır eti için 22-43 bin litre su kullanılmaktadır (Lange ve Nakamura, 2021; van Huis vd., 2013a). Yenilebilir

böcekler için tahmini su kullanımı bilinmemekle birlikte çok minimal seviyelerde kullanıldığı tahmin edilmektedir (Lange ve Nakamura, 2021).

Yenilebilir böcekler, sağlık etkilerinin yanı sıra yetiştirilebilmeleri için daha az su, besin ve alana ihtiyaç duyulması ve daha az sera gazı salınımlarından dolayı çevresel olarak da geleneksel protein kaynaklarına kıyasla daha avantajlı alternatiflerdir (Kim vd., 2019). Tüm bunlar göz önüne alındığında yenilebilir böcekler, diğer hayvan yetiştiriciliklerine kıyasla daha sürdürülebilir ve ekolojik dengeye katkı sağlayan bir kaynak olup hem ekonomik hem de çevresel avantajlar sağlamaktadır (Lange ve Nakamura, 2021).

### **B. *Tenebrio Molitor* (Sarı Yemek Kurdu)**

Un kurdu veya sarı yemek kurdu olarak da adlandırılan *T. molitor*, bilimsel sınıflandırılmasına bakıldığında *Coleoptera* takımı *Tenebrionidae* familyasında bulunmaktadır (Rumbos vd., 2020). Çizelge 1’de *T. molitor*’un biyolojik sınıflandırması gösterilmektedir. *T. molitor* günümüzde en çok üretilen böceklerden biri olup kontrollü koşullarda üretimin sürdürülebilirliği ve bulunabilirliği bu böceğe olan talebi arttıran faktörlerdendir (Gkinali vd., 2022).

*T. molitor* ile ilgili çalışmalarda bağıl nem %70 olduğunda büyüme hızı maksimum seviyeye çıkmakta, bağıl nem %30’un altına düştüğünde ise büyüme hızı olumsuz etkilenmektedir (Selaledi vd., 2020). Ek olarak nemli bölgede yetiştirilen *T. molitor* larvalarının toplam lipit yüzdesinin, nemsiz ortamda yetiştirilenlere kıyasla daha yüksek olduğu da gözlemlenmiştir (van Huis A vd., 2013a). *T. molitor*, ailesinde bulunan diğer türler gibi gececi ve tahıl ambarları, tavuk altığı, yem çuvalları, gıda depoları gibi karanlık ve nemli yerleri tercih ederler (Gkinali vd., 2022). *T. molitor* için optimum gelişme sıcaklık 20-30°C arasındadır (Ong, Zainab-L vd., 2018). Genel olarak kuzey ılıman bölgelere dağılmış olan *T. molitor*, depolanmış olan un ve kepek gibi gıdalara zarar vermektedir (Gkinali vd., 2022).



Çizelge 1 *T. molitor* taksonomisi

---

Alem	Hayvan
Şube	Eklem bacaklılar
Alt şube	Hekzapod
Sınıf	Böcekler
Alt sınıf	Kanatlı böcekler
Takım	Coleoptera
Familiya	Tenebrionidea
Cins	Tenebrio
Tür	Tenebrio molitor Linn

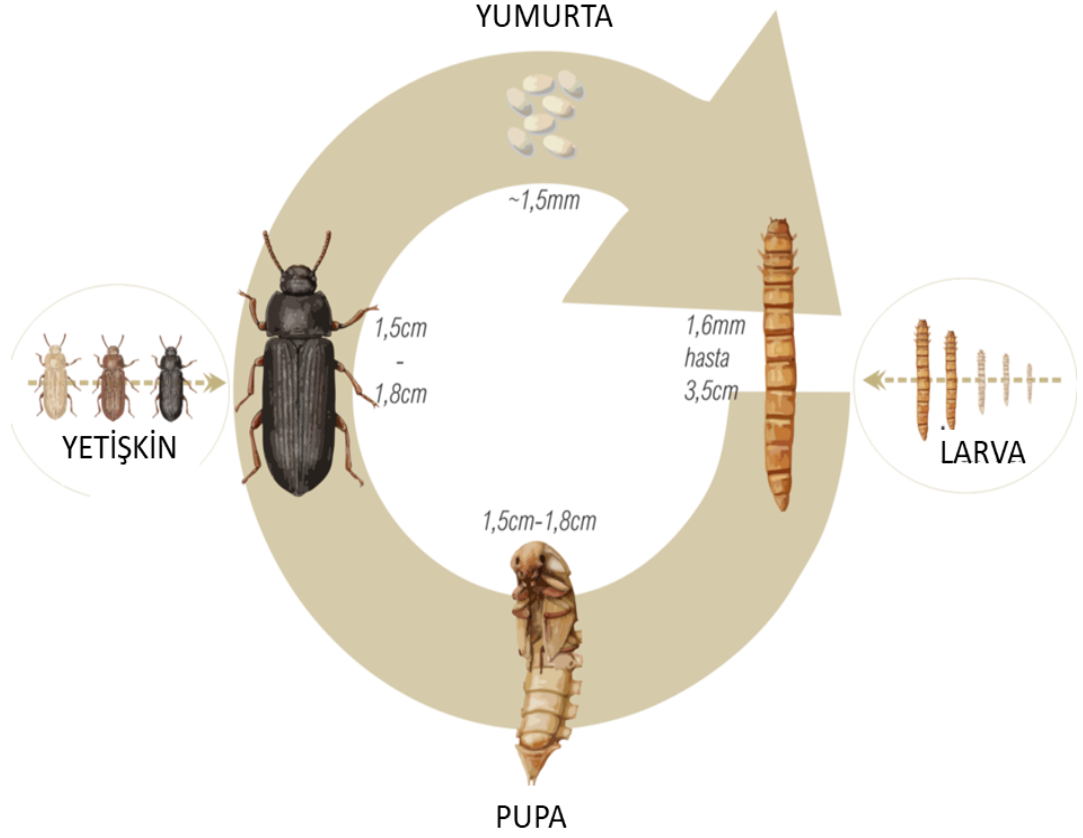
---

Kaynak:([https://www.its.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSN&search\\_value=187243#null](https://www.its.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=187243#null), ).

### 1. *Tenebrio molitor*'un Metamorfozu

*T. molitor*, dört yaşam döngüsüyle birlikte tam metamorfozla gelişimini tamamlar (Simon vd., 2013). Bu gelişim evreleri; yumurta, larva, pupa ve yetişkin olarak adlandırılır. (Selaledi vd., 2020) *T. molitor*'un yaşam döngüsü Şekil 2'de gösterilmektedir.

Yetişkin bir dişi *T. molitor*, günde yaklaşık 40 yumurta bırakır ve yumurta evresinde beyaz parlak renkte, ortalama olarak 1,7-1,8 mm boyundadır. Larvaya geçiş evresi bulunduğu ortamın sıcaklık ve nemine bağlı olarak 4-34 gün arasında değişmektedir (Gkinali vd., 2022). Larva evresinde, renkleri gittikçe sarı sonrasında kahverengiye döner ve ortalama 12-32 mm boyuna ulaşır (Selaledi vd., 2020). Larva evresi ortalama 3-4 ay sürmekle birlikte 2 yıla kadar uzayabilmektedir (Gkinali vd., 2022). Pupa evresinde açık sarı renktedirler. Sıcaklığa bağlı olarak bu evre, 7-48 gün arasında sürmekte olup ortalama 1 cm uzunluğundadırlar (Gkinali vd., 2022). Ayrıca pupa evresinde ağız veya anüs bulunmadığından dolayı yemek yiyemezler (Selaledi vd., 2020). Yetişkin dönemde, 1-1,4 cm olan *T. molitor*'un yaşam süresi 16 ila 173 gün arasında değişmektedir (Gkinali vd., 2022).



Şekil 2 *Tenebrio molitor* yaşam döngüsü  
( <https://tenebriomolitorcolombia.blogspot.com>. )

## 2. *Tenebrio molitor*'un Besin Bileşimi

*T. molitor*'un besin bileşimi, diyet bileşenlerine ve yetiştirilme koşullarına göre değişmektedir. Ancak bu koşullardan bağımsız olarak, besin bileşimi protein, lipit, mineral ve vitamin gibi mikro ve makro besin bileşenleri açısından zengindir (González vd., 2019). Çizelge 2'de *T. molitor* larvalarının kuru ağırlıkta besin bileşimleri gösterilmektedir. Çizelgede görüldüğü üzere protein içeriği %48-53 arasında değişmekle birlikte Janssen ve diğerlerinin (2017) yayınlamış olduğu çalışmada kitin, nükleik asit ve fosfolipit gibi protein olmayan nitrojen varlığından dolayı protein içeriğinin yapılan hesaplamalardan daha düşük olabileceği bildirilmiştir.

*T. molitor* 100 g taze ağırlıkta 13-22 g arasında protein içermektedir ve geleneksel protein kaynağı olan sığır etine (taze ağırlık için %23) benzerlik göstermektedir (Gkinali vd., 2022).

Çizelge 2 *T. molitor* besin bileşimi (100 g kuru ağırlıkta)

Protein	Lipit	Kül	Karbonhidrat	Referans
52,35±1,1	24,7±1,5	3,62±0,6	2,2±0,3	(Zielińska, vd., 2015).
48,82±0,76	30,69±0,8	4,25±0,01	16,24±0,63	(González vd., 2019).
53,22±0,32	34,54±0,87	4,4±0,13	-	(Ghosh vd.,2017).
51,5±0,51	32,9±0,86	4,9±0,07	-	(Xue Zhao vd., 2016).

Amino asit profillerine bakıldığında lösin, valin, izolösin, metionin ve valin açısından zengindirler ve esansiyel amino asit gereksinimini karşılamaktadırlar (Cláudia da Costa Rocha vd., 2021; Gkinali vd., 2022). Ayrıca kükürtlü amino asitler olan metionin ve sistein içeriği sayesinde antioksidan potansiyele sahiptirler (Gkinali vd., 2022).

*T. molitor*'un doymamış yağ asidi içeriği yüksek ve doymuş yağ asidi içeriği nispeten düşüktür (Lawal vd., 2021). *T. molitor*; Eikozapentaenoik asit (EPA) ve Dokozahekzaenoik Asit (DHA) içermemektedir, fakat *de novo* yoluyla  $\alpha$ -linolenik ve linoleik asit sentezleyebilmektedir (Lawal vd., 2021). *T. molitor*, stearik (C18:0) ve palmitik asit (C16:0) başta olmak üzere %23-33 arasında doymuş yağ içermektedir. Tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) içeriğinde palmitoleik (C16:1) ve oleik (C18:1); Çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) içeriğine bakıldığında esas olarak linoleik asit içermektedir (Gkinali vd., 2022). Doymamış yağ asit profili incelendiğinde oleik,  $\alpha$ -linolenik, linoleik asit içerirken bu yüzdelikler böceğin diyetine göre değişebilmektedir (Ghosh vd., 2017). Lawal ve diğerlerinin (2021) yapmış olduğu bir çalışmada, *T. molitor* larvalarının standart diyetine ek olarak çiya, kenevir, kolza ve keten tohumu eklenmiş ve sonucunda tohum ile beslenen larvalarda MUFA, PUFA ve w-3 seviyesinin yükseldiği; w-6: w-3 oranının azaldığı görülmüştür.

Enerji içeriği, lipit ve diğer bileşenlere bağlı olarak değişmektedir ancak genel olarak *T. molitor* gibi protein içeriği yüksek böcekler, daha düşük enerji içeriğine sahiptir (Gkinali vd., 2022). *T. molitor*'un 100 g taze ağırlıkta 206 kcal enerji sağladığı rapor edilmiştir (Mariod vd., 2017).

*T. molitor*'un içerdiği mikro besin öğeleri incelendiğinde magnezyum, potasyum, kalsiyum ve demir mineralleri açısından zengin olduğu ayrıca biotin,

riboflavin, pantotenik asit, B12 ve C vitamini içerdiği görülmektedir. Yapılan bir çalışmada, *T. molitor*'un Ultraviyole B (UVb) ışınlarını kullanarak endojen olarak D<sub>3</sub> vitaminini *de novo* sentez yolağıyla sentezleyebildiği de gösterilmiştir (Ooninx vd., 2018).

Carvalho ve diğerlerinin (2019) *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* suşlarıyla oluşturdukları *in vitro* bağırsak modelinde ise *T. molitor* besin olarak kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda probiyotiklerin büyüdüğü, kısa zincirli yağ asidi ve laktat üretiminde artış gözlemlendiği rapor edilmiştir. Bu da *T. molitor*'un, prebiyotik etkiye sahip olabileceğini göstermektedir

### C. Nar (*Punica granatum L.*)

*Punicaceae*, bitki familyasına ait olan Nar (*Punica granatum L.*), 1-2 m'ye kadar büyüyen, bodur çeşitlerinin dışında 10 m'ye kadar büyüeyebilen uzun bir ağaç morfolojisine sahip olup hem besleyici hem de tıbbi etkilerinden dolayı uzun dönemlerden beri araştırmalara konu olmuştur (Kandyli ve Kokkinomagoulos, 2020; vd., 2021). İlk kökenlerine bakıldığında Orta Doğu'dan gelmekte olsa da tohumlarının çoğaltılmasıyla birlikte dünyada birçok tropikal ve sub-tropikal bölgelerde yetiştirilerek yüksek genetik çeşitliliğe ulaşmıştır (Bar-Ya'akov vd., 2019; Melgarejo-Sánchez vd., 2021). Türkiye'de bakıldığında en çok Ege, Akdeniz ve Güney Anadolu bölgelerinde yetiştirilmektedir (Özmert Ergin, 2019).

Genel olarak incelendiğinde; perikarp olarak adlandırılan kırmızı-mor renge sahip sert bir dış kabuk, mezokarp olarak adlandırılan meyve tohumlarının tutunduğu beyaz süngerimsi duvardan meydana gelmektedir (Das vd., 2021). Çeşitliliği 500'den fazla olan nar; tat (ekşi, tatlı, asidik), kabuk rengi, meyve büyüklüğü, aril rengi gibi özellikleriyle farklı tüketicilere hitap etmekte ve aynı zamanda gıda, kozmetik ve eczacılık gibi birçok alanda kullanım olanağı bulmaktadır (Pareek vd., 2015). Ülkemizde de Ernar, Fellahyemez, Hicaznar, Ekşilik, Ekşi Gökmar gibi birden fazla çeşidi bulunmaktadır (Kandyli ve Kokkinomagoulos, 2020; Özmert Ergin, 2019). Narın primer kullanımı taze olarak tüketilmesi olsa da meyve suyu, reçel, sirke, nar ekşisi, şarap, çay, tıbbi ürünler ve tohum yağları gibi işlenmiş formlarda da tüketilmektedir (Karimi vd., 2017; Opara vd., 2021). Endüstriyel boyutlarda kullanılan narın ürüne işlenmesi sürecinde ise büyük miktarlarda nar kabuğu ve çekirdeğinden oluşan atıklar meydana gelmektedir. Yapılan araştırmalarda sadece

2017 yılında yaklaşık olarak 1.9 milyon metrik ton nar kabuğunun atık olarak ortaya çıktığı tahmin edilmektedir (Das vd., 2021; El Barnossi vd., 2020). Bununla birlikte nar meyvesinin işleme sürecinde çıkan atıklar incelendiğinde biyoaktif bileşenler açısından zengin olduğu ve antioksidan, antikanser ve antimikrobiyal gibi bir çok etkisinin olduğu gözlemlenmiştir (Das vd., 2021). Çizelge 3’te nar ve yan ürünlerinin fitokimyasal bileşenleri gösterilmektedir.

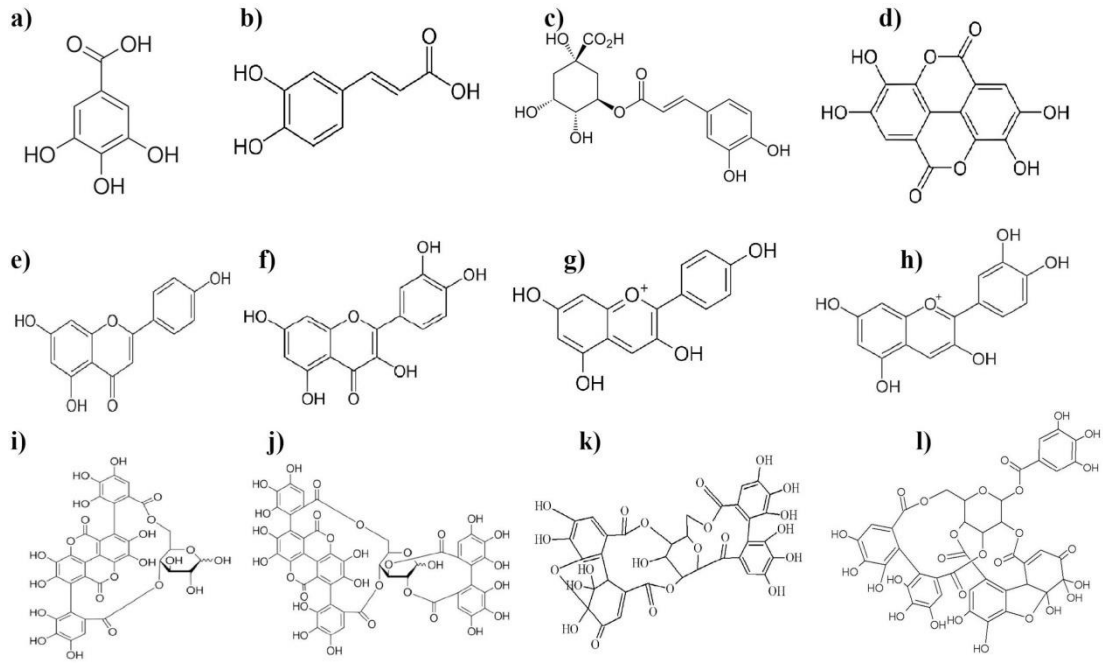
Çizelge 3 Nar meyvesinin farklı bölümlerinde bulunan fitokimyasallar

<b>Bitki Bölümleri</b>	<b>Bileşenler</b>
Kökler ve kabuk	Punicalagin ve punicalin dahil ellagitaninler ve bazı piperidin alkaloidleri
Yaprak	Flavon, glikozitler, apigenin, brevifolin, karboksili asit, tanenler (punikafolin ve punicalin)
Kabuk	Ellagitanninler (punicalin ve punicalagin), gallik asit ve diğer yağ asitleri, epikateşin, kateşin, rutin ve diğer flavonoller, flavononlar, antosiyanidinler ve prokantsiyanidinler
Çiçek	Malinik ve asyatik asit dahil gallik asit, ursolik asit ve triterpenoidler
Tohum yağı	Hidroksibenzoik asit (gallik ve ellagik), punicic asit, diğer yağ asitleri, steroller (daucosterol, kampesterol, beta-sitosterol) ve y-tokoferol
Meyve suyu	Antosiyaninler, prokantsiyanidinler, ellagitanninler (punicalin ve punicalagin), glikoz, ellagik asit, gallik asit, kersetin, epikateşin, rutin, aminoasitler (metiyonin, valin ve prolin) ve demir başta olmak üzere bazı mineraller

Kaynak: (Arun vd., 2012; Okumuş vd., 2015)

## 1. Nar Kabuğu Fitokimyasal İçeriği

Nar meyvesinin %30-40’ını kabuk kısmı oluşturur ve meyve işlenmesinden sonra yan ürün olarak atılmaktadır (Kumar vd., 2022). Nar kabuğu incelendiğinde hem tıbbi hem de besleyici fitokimyasallar içerdiği, özellikle doğal antioksidan kaynağı olan fenolik bileşiklerce zengin olduğu ortaya konulmuştur. Bundan dolayı nar kabuğunun sağlık etkileri birçok çalışmaya konu olmuştur (Akhtar vd., 2015). Nar kabuğunda bulunan başlıca fitokimyasal bileşiklerin kimyasal yapıları Şekil 3’te gösterilmektedir.



Şekil 3 Nar kabuğunda bulunan başlıca fitokimyasalların kimyasal şekilleri :(a) gallik asit, (b) kafeik asit, (c) klorojenik asit, (d) ellajik asit, (e) apigenin, (f) kuersetin, (g) pelargonidin, (h) siyanidin, (i) punicalin, (j) punikalajin, (k) granatin A, (l) granatin B. (Singh, Singh, Kaur ve Singh, 2018).

Nar meyvesi; kuralık, sıcaklık değişimleri, ozmatik stres ve UV ışınları gibi olumsuz çevresel faktörlerden kabukta bulunan antosiyaninler ve hidrolize edilebilir tanenler sayesinde korunmaktadır. Hidrolize edilebilir tanenler, zayıf asit ve bazlarda veya tannaz gibi enzimlerle hidrolize edildikleri zaman, fenolik asit ve karbonhidratlara ayrılan polifenolik bileşiklerdir (Kolaç vd., 2017). Yaritz ve diğerlerinin (2022) yapmış olduğu bir çalışmada 15 nar çeşidinin kabuğunda; ellajik asit, gallik asit, kastalajin, punicalajin- $\alpha$  ve punicalajin- $\beta$ 'nın bulunduğu 15 çeşit hidrolize edilebilir tanen tayin bulunduğu rapor edilmiştir.

Nar meyvesinin çeşidine göre flavonoid bileşimi farklılık göstermekle birlikte çok çeşitli flavonoid içerdiğine sahiptir (Singh vd., 2018). Yine 15 çeşit nar türünü kapsayan bir çalışmada; vanilik asit, siyanidin, naringenin, kateşin, kuersetin, kaempferol, rutin, trans-kafeik asit, prosiyanidin B2 ve taksifolinin dahil olduğu 27 çeşit flavonoid gözlenmiştir (Yaritz vd., 2022). Flavonoid çeşitlerinden biri olan antosiyaninler (siyanidin, delphinidin, pelargonidin) esas olarak nar kabuğuna rengini veren suda çözünebilir bileşiklerdir (Zhao vd., 2013). Bununla birlikte Fawole ve diğerlerinin (2012) 7 tür narda yapmış olduğu çalışmada görülmüştür ki

kullanılan her türde nar kabuklarının toplam fenolik bileşiminin %50'sinden fazlasını ellajik asit oluşturmaktadır.

## 2. Nar Kabuğu Fitokimyasallarının Sağlığa Etkileri

Nar kabuğuyla ilgili çalışmalarda, içeriğinde bulunan fitokimyasallar sebebiyle çok çeşitli biyolojik ve farmakolojik etkileri olduğu saptanmıştır. Yayımlanan çalışmalar nar kabuğu fitokimyasallarının; antimikrobiyal, antikanser ve antimitojenik etkileri olduğunu göstermiştir (Singh vd., 2018).

Kanser hücrelerinde yapılan çalışmalarda nar kabuğunda bulunan; ellajik asit, gallik asit ve punicalajinin anti-tümör etkileri gözlemlenmiştir (Guo vd., 2016). Guo ve diğerlerinin (2016) serviks kanseri ile ilgili yapmış olduğu bir çalışmada, nar kabuğundan ekstrakte edilen ellajik asidin doza bağlı olarak IGBP7 ekspresyonunu uyararak AKT/mTOR yolağını engelleyip, tümör proliferasyonunu inhibe ettiğini rapor etmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, nar kabuğu polifenollerinin prostat kanser hücrelerinde Bax/Bcl3 ve kaspaz 3 aktivasyonunu arttırarak apoptozu indüklediği ve metastaz için önemli faktörler olan MMP2/MMP9'un aşağı regülasyonunu sağladığını göstermişlerdir (Deng vd., 2017).

Nar kabuğu polifenolleri yüksek antioksidan içeriğine sahiptir, bu sayede hepatoprotektif etkiler sağlamaktadır. Wistar sıçanları üzerinde yapılan bir çalışmada, nar kabuğu polifenollerinin katalaz, peroksidaz ve süperoksit dismutaz (SOD) gibi hepatik enzim aktivasyonunu arttırdığı ve lipid peroksidasyonunu inhibe ettiği gösterilmiştir (Murthy vd., 2002). Sprague-Dawley sıçanları ile yapılan bir çalışmada ise, sıçanlar üzerinde oluşturulan hepatik fibroz modelinde nar kabuğu özütü p38MAPK/Nrf2 yolunu baskılayarak hepatik fibrozu iyileştirmiştir (Wei vd., 2020).

Punicalajin, punicalin, granatin B ve strictinin A gibi nar kabuğunda bulunan hidrolize edilebilir tanenler güçlü anti-inflamatuar etki göstermektedir. İnsan bağırsak epitelinin *in vitro* modelinde, nar kabuğun ekstraktı kronik bağırsak iltihabının hafifletilmesinde olumlu etki sağlamıştır (Hollebeeck vd.,2012). Ayrıca metabolik sendromun en önemli etkenlerinden biri olan insülin direnci ile ilgili bir çalışmada, nar kabuğu polifenollerinin insülin direnci geliştirilen sıçanların iskelet kaslarında insülin duyarlılığını arttırdığı ve glikoz metabolizmasını iyileştirdiği gözlemlenmiştir (Zhang vd., 2022).

Yukarıda da görüldüğü üzere, nar kabuğu polifenollerinin farklı mekanizmalarla sağlığa olumlu etkileri bulunmaktadır. Bu sağlık etkileri, içerdiği fenolik bileşik miktarından ziyade bu bileşiklerin vücut tarafından ne kadarının kullanılabilmesine bağlıdır. Fenolik asitler, ince bağırsaklarda maksimum emilime sahipken flavanoller ve antosiyaninler düşük emilime sahiptir (Singh vd., 2018). Öte yandan ellagintannin ve ellajik asit ince bağırsak ve kolonun distalinde bağırsak mikrobiyotası tarafından metabolize edilerek ürotilin A ve B'ye dönüştürülür. Bununla birlikte yapılan çalışmalar, nar kabuğunda bulunan aktif bileşiklerin izolasyonu ile elde edilmiş olup bunların biyoyararlanımıyla ilgili daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır (Santhakumar vd., 2018).

#### **D. Hipotez**

Bu tez çalışmasında, fenolik içeriği ve antioksidan özelliği yüksek nar kabukları ile beslenen *T. molitor* larvalarının vücut kompozisyonunda meydana gelebilecek değişikliklerin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda kurulan hipotezler aşağıda verilmiştir.

H0: Nar kabukları ile zenginleştirilmiş besiyerinde beslenen *T. molitor* larvalarının antioksidan özelliği değişmemektedir.

H1: Nar kabukları ile zenginleştirilmiş besiyerinde beslenen *T. molitor* larvalarının antioksidan özelliği değişmektedir.



### III. MATERYAL VE METOT

#### A. Materyaller

Çalışma için *T. molitor* larvaları 2-3 mm boyutlarında Mira Canlı Hayvan ve Böcek Turizm İnşaat Tarım Sanayi Co. (Antalya, Türkiye)'den temin edilmiş olup çalışma için +4 °C'de muhafaza edilmiştir. Nar kabukları Tarım ve Gıda Ürünleri Sanayi ve Ticaret A.Ş. (Targid)'den temin edilmiştir.

Çalışmada kullanılan kimyasallar; metanol (HPLC-grade), etanol, formik asit, CuCl<sub>2</sub>, neocuproine, amonyum asetat, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, formik asit, HCl, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CuSO<sub>4</sub>5H<sub>2</sub>O, NaOH, borik asit, Folin-Ciocalteu, gallik asit, NaNO<sub>2</sub>, AlCl<sub>3</sub>, petrol eteri analitik saflıkta Merck İlaç Ecza ve Kimya Tic. A.Ş.'den satın alınmıştır.

#### B. Metot

##### 1. Besi yerlerinin hazırlanması

Nar kabukları, 24 saat süre ile 0,001 mBar basınç altında -55°C'de liyofilizatör (Teknosem, İstanbul, Türkiye) kullanılarak kurutulmuştur. Kurutulan nar kabukları paslanmaz çelik öğütücüde (IKA, Wilmington, North Carolina, ABD) toz haline getirilmiştir.

Toz haline getirilen nar kabukları; 1:1, 1:2 ve 1:4 oranlarında mısır unu ile karıştırılmış ve toplam ağırlık 25 gram olacak şekilde kavanozlara konulmuştur. Referans (NA) olarak 25 g mısır unu kullanılmıştır. Farklı oranlarda kullanılan nar kabuğu ve mısır unu, her bir oran için şu şekilde hazırlanmıştır: 1:1 (NB) (12,5 g mısır unu + 12,5 g nar kabuğu), 1:2 (NC) (8,25 g mısır unu + 16,75 g nar kabuğu) ve 1:4 (ND) (6,25 mısır unu + 18,75 g nar kabuğu). Her bir kavanoza 50 adet larva sayılarak ilave edilmiş ve 30°C'de inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyonun 0., 4., 8. ve 12. günlerinde örnekler inkübatörden alınarak, canlı larvalar besiyerinden ayıklanmış, larva ve besiyeri ayrı ayrı -20°C'de sonraki analizler için muhafaza edilmiştir. Tüm analizler 3 tekrarlı olarak yapılmıştır.

## 2. Ağırlık Kazanımı ve Hacim Tayini

Örnekler numaralandırma sırasına göre 4., 8. ve 12. günlerde etüvden alındıktan sonra her kavanozdaki larva canlılık sayısı ve ağırlık kazanımları hassas teraziyile ölçülmüştür. Başlangıç larva ağırlığına göre, ağırlık kazanımı ve canlılık sayısı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

Denklem 1

$$\text{Canlılık sayısı} = \frac{\text{İnkübasyon sonrası canlı larva sayısı}}{\text{Başlangıç larva sayısı}} \times 100$$

Denklem 2

$$\text{Ağırlık kazanımı} = \frac{M_1 - M_0}{\text{Canlılık sayısı}}$$

Denklem 2’de verilen  $M_1$ : inkübasyon sonrası toplam ağırlık,  $M_0$ : inkübasyon öncesi toplam ağırlıktır.

Larva hacimleri uzunluk, genişlik ve kalınlığın çarpılması ile hesaplanmıştır. İnkübasyon öncesi ve inkübasyon sonrası her bir örnek grubundan 10’ar larva alınarak dijital kumpas yardımıyla ölçümler alınmış ve sonuçlar  $\text{mm}^3$  cinsinden verilmiştir.

## 3. Nem Tayini

Larvaların nem analizi AOAC (2000) metoduna göre gravimetrik olarak belirlenmiştir. Kurutma sonrası larvalar antioksidan ve fenolik madde tayini için tekrar kullanılacağından dolayı kurutma işlemi liyofilizatörde yapılmıştır.

## 4. Toplam Protein Tayini

Larvaların, toplam protein miktarı AOAC (2000) metoduna göre Kjeldahl yöntemi kullanılarak tayin edilmiştir. Her yakma tüpüne 0,5 g larva konulduktan sonra üzerine 12 g  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , 0,3 g  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , birkaç adet kaynama taşı ve 25 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  eklenmiştir. Tüpler Kjeldahl yakma ünitesine yerleştirilmiş,  $200^\circ\text{C}$ ’den

başlanarak her 30 dk'da bir 50 °C arttırılmış ve sıcaklık 400°C'ye kadar çıkarılmıştır. Bu sıcaklıkta 30 dakika daha yakılan örnekler distilasyon için soğumaya bırakılmıştır. Distilasyon için her bir tüpe 100 mL NaOH (%40 w/v) eklenmiş ve 5 dakika boyunca distilasyon işlemi devam etmiştir. Distilatlar bromokresol yeşili ve metil kırmızısı eklenmiş borik asit (%4 w/v) çözeltisinde toplanmıştır. Toplam protein miktarını hesaplamak için distilat 0,1 N HCl ile titre edilmiş ve aşağıda verilen denklem ile hesaplama yapılmıştır. Sonuçlar kuru madde (km) üzerinden % cinsinden ifade edilmiştir.

Denklem 3

$$\% \text{ Toplam protein} = \frac{(V_0 - V_1) \times N \times 14 \times 6,25 \times 100}{m \times 100}$$

Denklem 3'de verilen N: HCl'in normalitesi, m: numunenin ağırlığı (g), V<sub>1</sub>: numune titrasyonunda kullanılan HCl'nin mL cinsinden hacmi, V<sub>0</sub>: şahit için kullanılan HCl'nin mL cinsinden hacmi, 6,25: protein dönüşüm faktörü, 14: nitrojenin molar kütesini ifade etmektedir.

## 5. Toplam Yağ Analizi

Larvaların yağ içeriği AOAC (2000)'de bulunan Soxhlet yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Kurutulmuş larvalardan 0,5 g tartılmış ve Soxhlet aparatına yerleştirilmiştir. Çözgen olarak petrol eteri kullanılmış ve ekstraksiyon işlemi 2 saat süre ile devam ettirilmiştir. Daha sonra çözgeni uzaklaştırmak için Rotary evaporatör kullanılmış ve kalan yağ miktarı tartılarak km üzerinden % olarak verilmiştir

## 6. Kül Tayini

Toplam kül miktarı, AOAC'ye (2000) göre gravimetrik yöntemle tayin edilmiştir. Kurutulmuş olan örnekler daha önce darası alınmış olan krozelere konulup 550°C'de 6 saat süre ile yakılmıştır. Yakma işlemi biten örnekler çıkarılarak desikatöre alınmış ve sabit tartıma geldiğinde ağırlıkları kaydedilmiştir. Kül miktarı km cinsinden % olarak ifade edilmiştir.

## 7. Karbonhidrat Tayini

Larvaların toplam karbonhidrat içeriği; toplam ağırlıktan protein, lipit ve kül miktarı çıkarılarak hesaplanmıştır. Sonuçlar km bazında % cinsinden ifade edilmiştir.

## 8. Fenolik Madde Ekstraksiyonu

Larval fermentasyon sonrası hem larva hem de substrat fenolik içeriğinde meydana gelen değişimi incelemek amacıyla ekstrakte edilmiştir. Substrat ekstraksiyonu için 1 g numune 2,5 mL %80'lik metanol (%0,1 formik asit ilaveli) ile 30 dakika ultrasonik banyoda tutulmuş daha sonra 10 dakika 4000 rpm'de santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası üstte kalan sıvı kısım yeni bir falkon tüpüne aktarılmıştır. Kalan kısma tekrar 2,5 mL %80'lik metanol (%0,1 formik asit ilaveli) eklenip aynı işlemler tekrarlanmıştır. Tüm sıvı kısımlar aynı falkonda toplanmış ve sonraki analizler için -20°C'de depolanmıştır.

Larva ekstraksiyonu için ise 0,1 g örnek tartılmış ve üzerine 0,75 mL %80'lik metanol (%0,1 formik asit ilaveli) eklenip 30 dakika ultrasonik banyoya bırakılmıştır. Ardından 10 dakika 4000 rpm'de santrifüj edilmiştir. Sıvı kısım başka bir falkona aktarılırken, kalan katı kısma tekrar 0,75 mL %80'lik metanol (%0,1 formik asit ilaveli) eklenmiş ve işlemler aynen tekrarlanmıştır. Sıvı kısımlar aynı falkonda toplanarak daha sonraki analizler için -20°C'de depolanmıştır.

## 9. Toplam Flavonoid İçeriği Analizi (TFC)

Toplam flavonoid madde miktarı Dewanto ve diğerlerine (2002) göre kolorometrik yöntemle belirlenmiştir. Test tüplerine 1 mL larva ve substrat ekstraktı eklenmiş ve üzerine 0,3 mL %5 NaNO<sub>2</sub> (t= 0 dk), 0,3 mL %10 AlCl<sub>3</sub> (t=5 dk) ve 2 mL 1 M NaOH (t=6 dk) eklenmiştir. En son 2,4 mL distile su eklenerek spektrofotometrede 510 nm absorbansta ölçülmüştür. Standart olarak kateşin kullanılmış olup bulunan sonuçlar 100 g km başına mg kateşin eşdeğeri (CE) olarak ifade edilmiştir.

## 10. Toplam Fenolik İçeriği Analizi (TPC)

Toplam fenolik madde miktarı Folin-Ciocalteau yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir (Singleton vd., 1999). Standart olarak gallik asit kullanılmıştır. 200 µL larva ve substrat ekstraktı üzerine 1,5 mL folin (2 N) eklendikten sonra 6 dakika

beklenmiş ve daha sonra her tüpe 1,2 mL Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (%7,5) eklenip 90 dakika oda sıcaklığında ve karanlık ortamda bekletildikten sonra 765 nm absorbansta spektrofotometrede okuma yapılmıştır. Sonuçlar g km başına mg gallik asit eşdeğeri (GAE) cinsinden ifade edilmiştir.

## **11. Fenolik Bileşiklerin Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC)'le Tayini**

Larva ve substratta bulunan fenolik bileşen profilinin analizi HPLC cihazı kullanılarak Capanoglu (2008)'nin metoduna göre yapılmıştır. Hem substrat hem de larvalar için hazırlanan ekstraktlar 0,45 µm'lik filtrelerden süzildükten sonra photodiodearray (PDA) dedektör bulunan HPLC (Waters 2695, W600 Waters, Milford, MA, ABD) sistemine verilmiştir. Fenolik maddelerin ayrımı C18 kolon (25 cm x 4.60 mm, 5µm) kullanılarak yapılmıştır. Kolon sıcaklığı 40 °C olup, çözgen sistemi olarak A (%0,05 trifloroasetik asit ile asitlendirilmiş su) ve B (%0,05 trifloroasetik asit içeren asetonitril) kullanılmıştır. Fenolik bileşiklerin tespiti 280 nm dalga boyunda yapılmıştır. HPLC sonucunda elde edilen alanlar, ellajik asit standardı kullanılarak hazırlanan kalibrasyon eğrileri yardımıyla konsantrasyon olarak ifade edilmiştir. Punicalagin standardı bulunmadığı için tanımlama Mininel ve diğerlerinin (2014) çalışmasında yer alan UV spektrumlarına göre yapılmış ve sonuçlar ellajik asit cinsinden µg/g km olarak verilmiştir.

## **12. Antioksidan Aktivite Tayini**

Larva ve substratların antioksidan aktiviteleri Bakır İndirgeyici Antioksidan Analizi (CUPRAC) ve DPPH (2-2-difenil-1-pirikhidrazil) Analizi kullanılarak belirlenmiştir. Analizlerin detayları aşağıda verilmiştir.

### **a. Bakır redüksiyon antioksidan güç testi (CUPRAC)**

CUPRAC analizi Apak ve diğerlerinin (2004) yöntemine göre yapılmıştır. Test tüplerine 200µL substrat ve larva ekstraktları eklenmiş (uygun seyreltmeler yapılarak) ve üzerine 1 mL CuCl<sub>2</sub>, 1 mL neocuproin (Nc), 1 mL amonyum asetat tamponu (pH:7, 1.0 M) ve 1 mL distile su ile ilave edilmiştir. Oda sıcaklığında ve karanlıkta 30 dakika inkübasyondan sonra spektrofotometrede 450 nm dalga boyunda absorbansları ölçülmüştür. Sonuçlar trolox eşdeğeri (TE) cinsinden mg TE/100 g km olarak verilmiştir.

## **b. DPPH yöntemiyle antioksidan aktivite tayini**

DPPH (2-2-difenil-1-pirikhidrazil), serbest radikal süpürme yeteneğini kullanarak örneklerin antioksidan aktivitelerini belirlemeye yarayan bir yöntemdir. DPPH analizi Rai, Wahile ve diğerlerinin (2006) yöntemine göre yapılmıştır. Bu yöntemde, test tüplerine 200 µL substrat ve larva ekstraktları eklenmiş (uygun seyreltmeler yapılarak) ve üzerine 2 mL DPPH radikali eklenerek 30 dakika karanlık ortamda ve oda sıcaklığında bekletilmiştir. Absorbanslar 517 nm dalga boyunda spektrofotometrede ölçülerek mg TE/100 g cinsinden ifade edilmiştir.

## **13. İstatistiksel Analiz**

Çalışmanın istatistiksel analizinde Minitab 18 (Minitab Inc. Coventry, İngiltere) programı kullanılmıştır. Örnekler arası farklılıklar One-way Anova kullanılarak, Turkey farklılık testine göre 0.05 anlamlılık düzeyinde belirlenmiştir.

## IV. SONUÇLAR

### A. Ağırlık Kazanımları ve Hacim Ölçümü

Bu çalışmada, mısır unuyla beslenmiş referans grubu ve farklı konsantrasyonda mısır unu ile nar kabuğundan oluşan üç çalışma grubu (1:1, 1:2, 1:4) bulunmaktadır. Her grup için 0. 4., 8. ve 12. gün inkübasyon sonunda larvaların ağırlık kazanımları, canlılık sayısı ve hacim ölçümleri hesaplanmıştır. Elde edilen ağırlık kazanımları ve hacimler incelendiğinde 1:2 ve 1:4 konsantrasyona sahip besiyerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir düşüş (sonuçlar verilmemiştir) görülmesinden dolayı çalışmanın geri kalan kısmında bu besiyerleri ve larvalar çalışmaya dahil edilmemiştir. Bu tezin ilerleyen kısımlarında, karışıklığı önlemek amacıyla referans besiyeri NA, 1:1 oranda hazırlanan nar kabuğu: mısır unu besiyeri ise NB olarak ifade edilecektir.

Çizelge 4'te NA ve NB ile beslenmiş larvaların 0., 4., 8. ve 12. gün ağırlıklarının ortalamaları ve standart sapmaları gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, her iki grupta da inkübasyon süresi arttıkça ağırlık kazanımının arttığı görülmüştür. Larva başlangıç ağırlığı ve 12. gün sonundaki ağırlığı incelendiğinde ağırlık kazanımı NA için %58,65 iken NB için %88,31 olduğu görülmüştür. Nar ile zenginleştirilmiş besiyerinde, 12. gün sonunda larvaların referans gruba göre istatistiksel olarak daha fazla geliştiği belirlenmiştir.

Çizelge 4 Larva ağırlık kazanımları

	NA (mg) ( $\bar{x} \pm SS^*$ )	NB (mg) ( $\bar{x} \pm SS$ )
<b>0. Gün</b>	5,58 $\pm$ 0,28 <sup>B</sup>	5,58 $\pm$ 0,28 <sup>B</sup>
<b>4. Gün</b>	6,39 $\pm$ 0,98 <sup>B</sup>	7,72 $\pm$ 0,67 <sup>AB</sup>
<b>8. Gün</b>	7,82 $\pm$ 0,6 <sup>AB</sup>	8,30 $\pm$ 0,97 <sup>AB</sup>
<b>12. Gün</b>	8,85 $\pm$ 1,45 <sup>A</sup>	10,51 $\pm$ 2,46 <sup>A</sup>

\*Ortalama değer  $\pm$  standart sapma

Aynı grupta farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05).

Çizelge 5'te NA ve NB ile beslenmiş larvaların 0., 4., 8. ve 12. gün hacim ölçümleri görülmektedir. Şekil 4'te ise NA ve NB ile beslenmiş larvaların görselleri

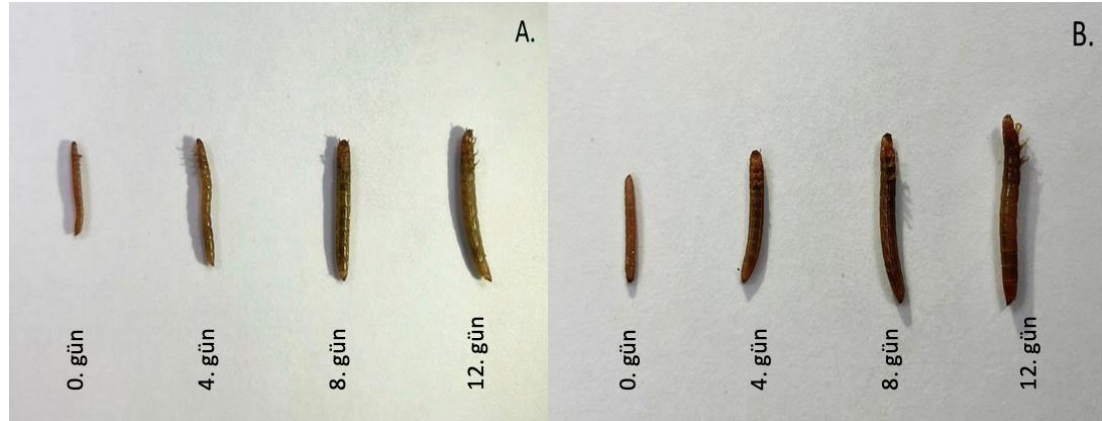
verilmiştir. Sonuçlara göre referans grubu %47,5'lik bir hacim artışına sahipken çalışma grubu %61,6'lık hacim artışı göstermiştir. NA ve NB besiyerinde beslenen larvaların hacim değerleri 12. gün sonunda en yüksek bulunmuştur. İki grubu birbiriyle kıyasladığımızda, nar kabuğu ile zenginleştirilmiş besiyeri ile beslenen larvalarda hacim artışı referans gruba göre istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 5 Larvaların hacim değerleri

	NA (mm <sup>3</sup> ) ( $\bar{x} \pm SS$ )*	NB (mm <sup>3</sup> ) ( $\bar{x} \pm SS$ )
<b>0. Gün</b>	27,72 ± 9,75 <sup>B</sup>	27,72 ± 9,75 <sup>B</sup>
<b>4. Gün</b>	30,63 ± 11,62 <sup>B</sup>	40,03 ± 12,7 <sup>AB</sup>
<b>8. Gün</b>	32,31 ± 11,22 <sup>B</sup>	43,31 ± 12,59 <sup>A</sup>
<b>12. Gün</b>	40,88 ± 13,57 <sup>A</sup>	44,78 ± 16,99 <sup>A</sup>

\*Ortalama değer ± standart sapma

Aynı grupta farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır (p<0.05).



Şekil 4 Larvaların görüntüsü (A: NA besiyerinde beslenen larvalar, B: NB besiyerinde beslenen larvalar)

Başlangıçta besiyerlerine 50'şer adet ilave edilen larvaların canlılık sayısı NA ile beslenen besiyerinde 12. gün sonunda %96,6 iken NB ile beslenen besiyerinde 12. gün sonunda %99,2 olarak bulunmuştur. Nar kabuğu ile zenginleştirilen besiyeri ile beslenen larvalarda canlılık sayısı referans gruba göre daha yüksek bulunmuştur. Besiyerinde farklı komponentlerin bulunması, larvaların vücut ağırlığı, gelişme süresi ve canlılık oranları gibi önemli yaşam belirtilerini etkiler (Nijhout, 2003). Ayrıca yüksek diyet lif içeren gıda atıkları ile beslenen larvalarda gelişme performansının arttığı yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır (Tan vd., 2018). Literatürde

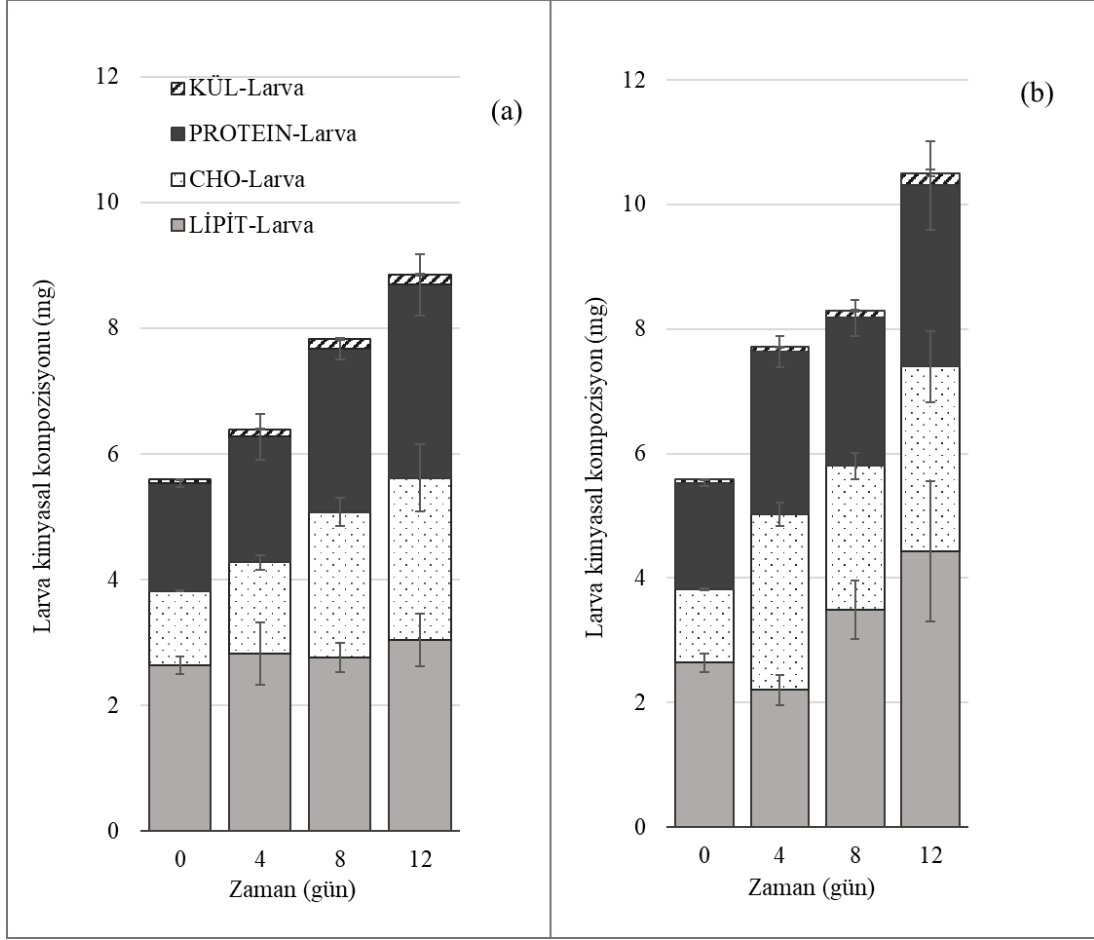


*T. molitor* larvalarının zeytin pirinası ile zenginleştirilmiş besiyerinde beslenmesi ile gelişme performanslarının, canlı kalma oranlarının ve ağırlık kazanımlarının arttığı rapor edilmiştir (Ruschioni vd., 2020). Yapılan bir başka çalışmada, kontrol besiyerine ilave edilen havucun *T. molitor* larvalarının gelişme süresini ve ölüm oranını azalttığını bildirmişlerdir. Bu tez çalışmasında da nar kabuğu ile zenginleştirilmiş besiyerindeki yaşam belirtilerinin referans gruba göre daha yüksek olduğu görülmüştür (Oonincx vd., 2015).

## **B. Kimyasal Kompozisyon Analizi**

Şekil 5'te, NA ve NB besiyerlerinde beslenmiş larvaların mg larval ağırlık başına kuru madde cinsinden kimyasal kompozisyonu gösterilmiştir. Larvaların başlangıç nem miktarı %69,5 olarak belirlenmişken, NA besiyerinde beslenen larvaların 12. gün sonunda nem miktarı %50,5'e, NB besiyerinde beslenen larvaların nem miktarı ise %58,7'ye düşmüştür. van Huis (2013b), *T. molitor* larvalarının düşük nem içeriğinde dahi gelişebildiklerini ve organik atıklarda yüksek yem dönüşüm oranına sahip olduklarını rapor etmişlerdir.

Başlangıçta larvaların kimyasal kompozisyonu kuru madde üzerinden %47,17 lipit, %30,59 protein, %1,05 kül ve %21,19 karbonhidrat olarak belirlenmiştir. NA besiyerinde beslenen larvaların kimyasal kompozisyonu 12. gün sonunda kuru madde üzerinden %34,53'ü lipit, %34,77'si protein, %1,81'i kül ve %28,88'i karbonhidrat olmak üzere değişim göstermiştir. NB besiyerinde beslenen larvaların kimyasal kompozisyonu ise 12. gün sonunda kuru madde üzerinden %41,4'ü lipit, %27,64'ü protein, %1,92'si kül ve %29,03'ü karbonhidrat olarak belirlenmiştir.



Şekil 5 (a) NA ve (b) NB besiyerinde beslenen larvaların kimyasal kompozisyonları.

NA ve NB besiyerinde beslenen larvaların fermentasyon süresince lipit miktarlarındaki değişim Çizelge 6'da verilmiştir. NA ve NB besiyerinde beslenen larvaların lipit içeriklerinde 12. gün sonunda sırasıyla %26,9'luk ve %12,3'lük bir düşüş gözlenmiştir. NA besiyerinde beslenen larvalarda görülen düşüşün daha fazla olması, nar kabuğu ile zenginleştirilmiş besiyerinin larval gelişim için nispeten daha uygun olduğu şeklinde açıklanabilir. Literatürde yer alan bazı çalışmalarda, farklı lipit miktarına sahip substratlar kullanılmasına rağmen *T. molitor* larvalarının lipit miktarlarının sabit kaldığını rapor edilirken, bazı çalışmalarda ise *T. molitor*'un lipit içeriğinin substrat bileşiminden etkilendiği rapor edilmiştir (Rovai vd., 2021). Liu ve diğerlerinin (2020) yaptığı bir çalışmada buğday kepeği ve havuç, portakal ve kırmızı lahana ile zenginleştirilmiş besiyerinde beslenen *T. molitor* larvalarının lipit içeriklerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadığını rapor etmişlerdir. Tan ve diğerlerinin (2018) yapmış olduğu bir çalışmada ise dört farklı besiyerinde beslenen *T. molitor* larvalarının lipit içerikleri, kontrol grubuna oranla muz kabuğunda ve karpuz kabuğunda daha yüksek değerlerde bulunmuştur. Literatürdeki

sonuçların birbirinden farklı olması, kullanılan besiyerinin farklılığından dolayı lipit miktarlarının değişiklik göstermesi ile açıklanabilir.

Çizelge 6 NA ve NB besiyerinde beslenen larvaların lipit içeriğindeki değişimler

	<b>Lipit (%)*</b>			
	<b>Başlangıç</b>	<b>4. gün</b>	<b>8. gün</b>	<b>12. gün</b>
NA	47,17 <sup>A</sup>	44,16 <sup>B</sup>	35,35 <sup>C</sup>	34,53 <sup>C</sup>
NB	47,17 <sup>A</sup>	28,51 <sup>C</sup>	42,04 <sup>B</sup>	41,41 <sup>B</sup>

\*: Aynı satırda verilen farklı harfler, günler arasındaki farklılığı göstermektedir ( $P<0,05$ ).

Protein miktarları incelendiğinde NB besiyerinde beslenen larvaların protein içerikleri %30,59'dan 4. günün sonunda (%33,82) maksimum seviyesine ulaşırken 8. ve 12. günlerde düşüş göstermiştir (Çizelge 7). Ancak 8. ve 12. günlerdeki protein miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır. NA besiyerinde beslenen larvaların protein miktarı %30,59'dan %34,78'e yükselmiş ve bu farklılık istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur. NA besiyerinde beslenen larvaların 12. gün sonundaki protein içeriği ile NB besiyerinde beslenen larvaların 4. günündeki protein içeriği aynı oranda artış göstermiş ve aralarında istatistiksel olarak da anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Bu sebeple, nar kabuğu ile zenginleştirilmiş besiyerinde beslenen larvaların maksimum protein seviyesine ulaşması için 4 gün yeterli olurken, referans besiyerinde beslenen larvaların maksimum protein içeriğine ulaşması için 12 gün gerekmektedir.

Rovai ve diğerlerinin (2021) yaptıkları çalışmada *T. molitor* larvalarının protein içeriğinde, besiyerine eklenen havuç posası miktarı arttıkça bir düşüş gözlenmiştir. Bu tez çalışmasında da NB besiyerinde beslenen larvaların protein içeriğinde 12. gün sonunda, başlangıç ve kontrol grubuna oranla istatistiksel olarak anlamlı bir düşüş tespit edilmiştir. *T. molitor* larvaları büyüebilmek için büyük oranda azota ihtiyaç duymaktadır (Li vd., 2013). Bu tez çalışmasında kullanılan mısır ununun protein (%9,8) miktarının (Milosevic vd., 2007), nar kabuğu protein (%3,7) miktarından daha yüksek olması nar kabuğu ile zenginleştirilmiş besiyerinde, larvaların proteine ulaşmasının güçleşmesi sonucu daha düşük protein içeriğine sahip olmasını açıklamaktadır (Rovai vd., 2021).

Çizelge 7 NA ve NB besiyerinde beslenen larvaların protein içeriğindeki değişimler

	<b>Protein (%)*</b>			
	<b>Başlangıç</b>	<b>4. gün</b>	<b>8. gün</b>	<b>12. gün</b>
NA	30,59 <sup>C</sup>	31,17 <sup>C</sup>	33,16 <sup>B</sup>	34,78 <sup>A</sup>
NB	30,59 <sup>B</sup>	33,82 <sup>A</sup>	28,61 <sup>C</sup>	27,64 <sup>C</sup>

\*: Aynı satırda verilen farklı harfler, günler arasındaki farklılığı göstermektedir ( $P<0,05$ ).

Kül miktarı, NB besiyerinde beslenen larvalarda 12. günde %1,05'den %1,92'ye kademeli ve istatistiksel olarak anlamlı bir artış gösterirken, NA besiyerinde beslenen larvalarda 4. günde %1,05'den %1,85'e yükselmiş, 8. ve 12. günlerde ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir (Çizelge 8). Tan ve diğerlerinin (2018) yaptığı çalışmada da karpuz kabuğu, muz kabuğu, yumurta kabuğu ile zenginleştirilmiş besiyerlerinde beslenen *T. molitor* larvalarının kontrol grubuna oranla daha yüksek kül oranına sahip olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 8 NA ve NB besiyerinde beslenen larvaların kül içeriğindeki değişimler

	<b>Kül (%)*</b>			
	<b>Başlangıç</b>	<b>4. gün</b>	<b>8. gün</b>	<b>12. gün</b>
NA	1,05 <sup>B</sup>	1,85 <sup>A</sup>	1,95 <sup>A</sup>	1,81 <sup>A</sup>
NB	1,05 <sup>C</sup>	1,04 <sup>C</sup>	1,46 <sup>B</sup>	1,92 <sup>A</sup>

\*: Aynı satırda verilen farklı harfler, günler arasındaki farklılığı göstermektedir ( $P<0,05$ ).

Karbonhidrat miktarı başlangıçta %21,19 iken NB besiyerinde beslenen larvalarda 4. gün sonunda maksimum seviyeye (%36,63) ulaşmıştır. Ancak 8. ve 12. günlerde bir miktar düşüş göstermiş, ancak bu düşüşe rağmen başlangıç karbonhidrat miktarından yüksek olduğu görülmüştür (Çizelge 9). NA besiyerinde beslenen larvalarda 12. gün sonunda karbonhidrat içeriği %21,19'dan %28,88'e yükselmiş ve görülen bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Nar ile zenginleştirilmiş besiyerinde beslenen larvaların karbonhidrat miktarının referans gruba oranla daha yüksek çıkması nar kabuğundaki yüksek diyet lif varlığı ile açıklanabilir. Ayrıca nar

kabuğu ile zenginleştirilmiş besiyerinde beslenen larvaların protein ve lipit miktarındaki azalma karbonhidrat miktarının yuşsek çıkmasına sebep olmuştur (Gulsunoglu vd., 2019a).

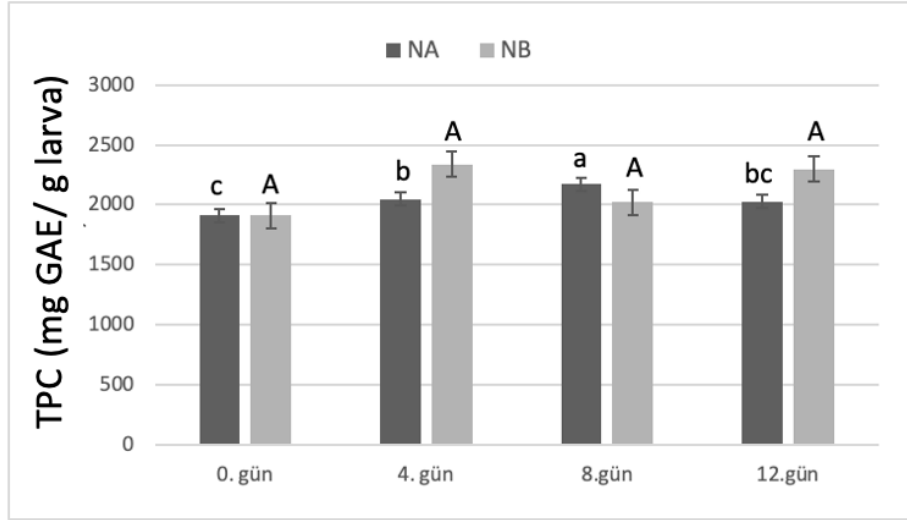
Çizelge 9 NA ve NB besiyerinde beslenen larvaların karbonhidrat içeriğinde meydana gelen değişim

	<b>Karbonhidrat (%)*</b>			
	<b>Başlangıç</b>	<b>4. gün</b>	<b>8. gün</b>	<b>12. gün</b>
NA	21,19 <sup>B</sup>	22,82 <sup>B</sup>	29,55 <sup>A</sup>	28,88 <sup>A</sup>
NB	21,19 <sup>C</sup>	36,63 <sup>A</sup>	27,89 <sup>B</sup>	29,03 <sup>B</sup>

\*: Aynı satırda verilen farklı harfler, günler arasındaki farklılığı göstermektedir ( $P<0,05$ ).

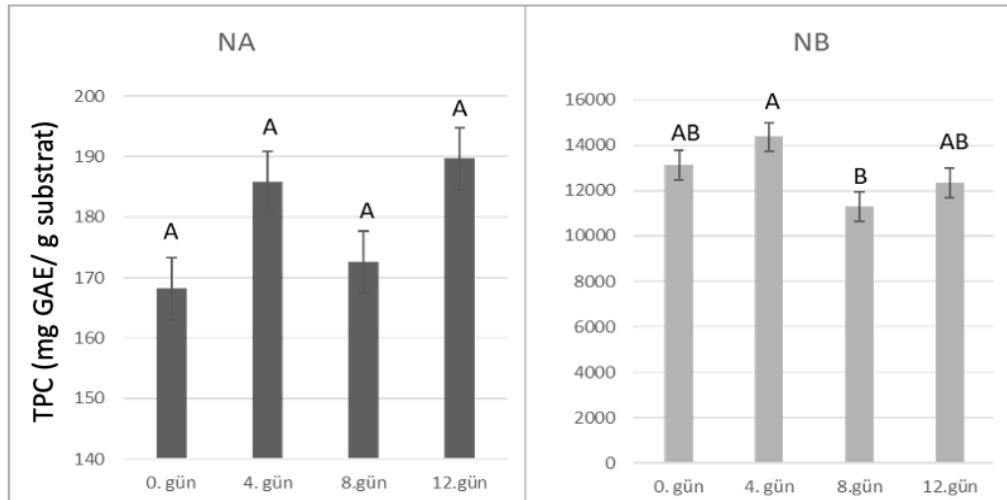
### **C. Fenolik Bileşiklerin Analizi**

Toplam fenolik madde (TPC) analizi için Folin Ciocalteu yöntemi kullanılmıştır. Şekil 6'da NA ve NB besiyerinde beslenen larvaların TPC sonuçları verilmiştir. NB besiyerinde beslenen larvaların başlangıç TPC miktarı 1911,3 mg GAE/g km iken 12. gün sonunda 2339,0 mg GAE/g km'ye çıkmıştır. Ancak istatistiksel olarak gün bazında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Referans grubu incelendiğinde ise 8. günde anlamlı bir artış gözlemlenmiş olup 12. gün sonunda azalma görülmektedir. Tüm gruplar birlikte incelendiğindeyse NB besiyerinde beslenen larvaların 4. gün TPC sonuçları en yuşsek bulunmuştur.



Şekil 6 NA ve NB besiyerinde beslenen larvaların TPC miktarlarındaki değişim. Aynı grupta farklı harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ ).

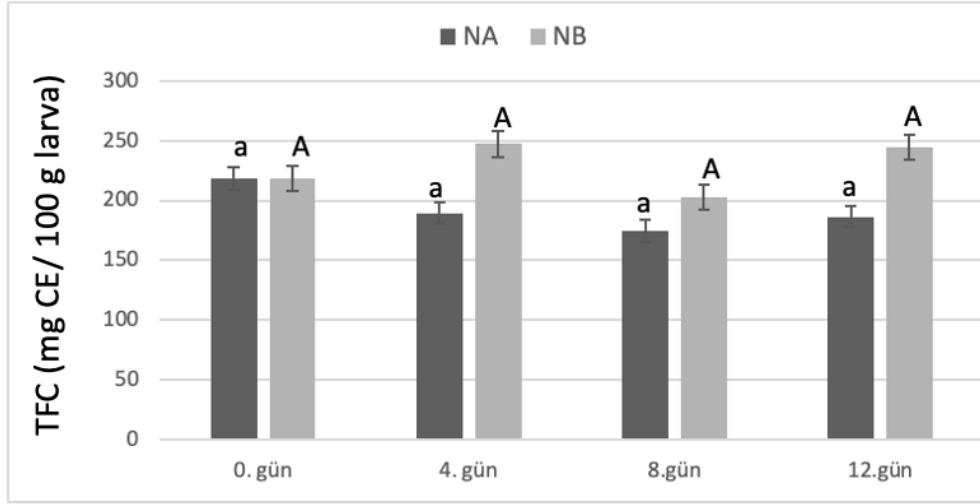
NA ve NB besiyerlerinin larval fermentasyondan sonra TPC miktarındaki değişime ait sonuçlar Şekil 7’de verilmiştir. NA besiyerinde larval fermentasyon sonrası TPC miktarında gün bazında istatistiksel olarak anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. NB besiyerinde larval fermentasyon sonrası TPC miktarı 4. günde maksimum seviyesine ulaşırken diğer günlerde düşüş gözlenmiştir. Tüm gruplar istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, en yüksek TPC seviyesi NB besiyerinde 4. günde gözlemlenirken NA besiyerinin TPC miktarı NB besiyerine göre düşük bulunmuştur. Bu durum, yüksek fenolik madde içeriğine sahip narın zenginleştirme amacıyla kullanılmasından kaynaklanmaktadır (Gulsunoglu vd., 2019b).



Şekil 7 Larval fermentasyon sonrası NA ve NB besiyerlerinin TPC miktarlarındaki değişim. Aynı grupta farklı harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ ).

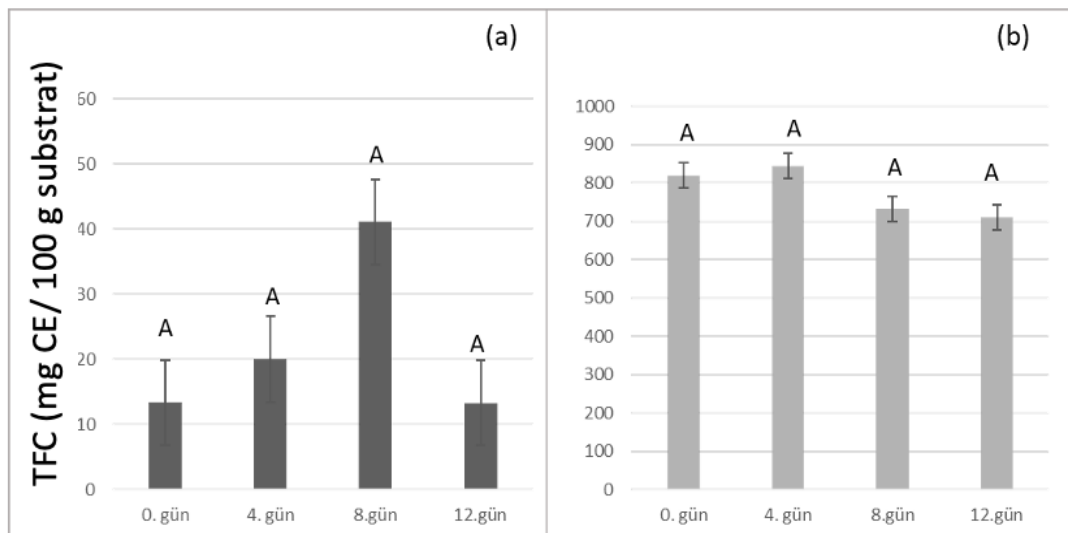
#### D. Toplam Flavonoid Madde (TFC) Analizi

NA ve NB besiyerinde beslenen larvaların TFC sonuçları Şekil 8’de verilmiştir. Her iki grup içinde gün bazında TFC miktarlarındaki değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunamamıştır.



Şekil 8 NA ve NB besiyerinde beslenen larvaların TFC miktarlarındaki değişim. Aynı grupta farklı harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ ).

NA ve NB besiyerlerinin larval fermentasyon sonrası TFC miktarındaki değişim Şekil 9’da verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre her iki grup için de TFC miktarında meydana gelen değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunamamıştır.



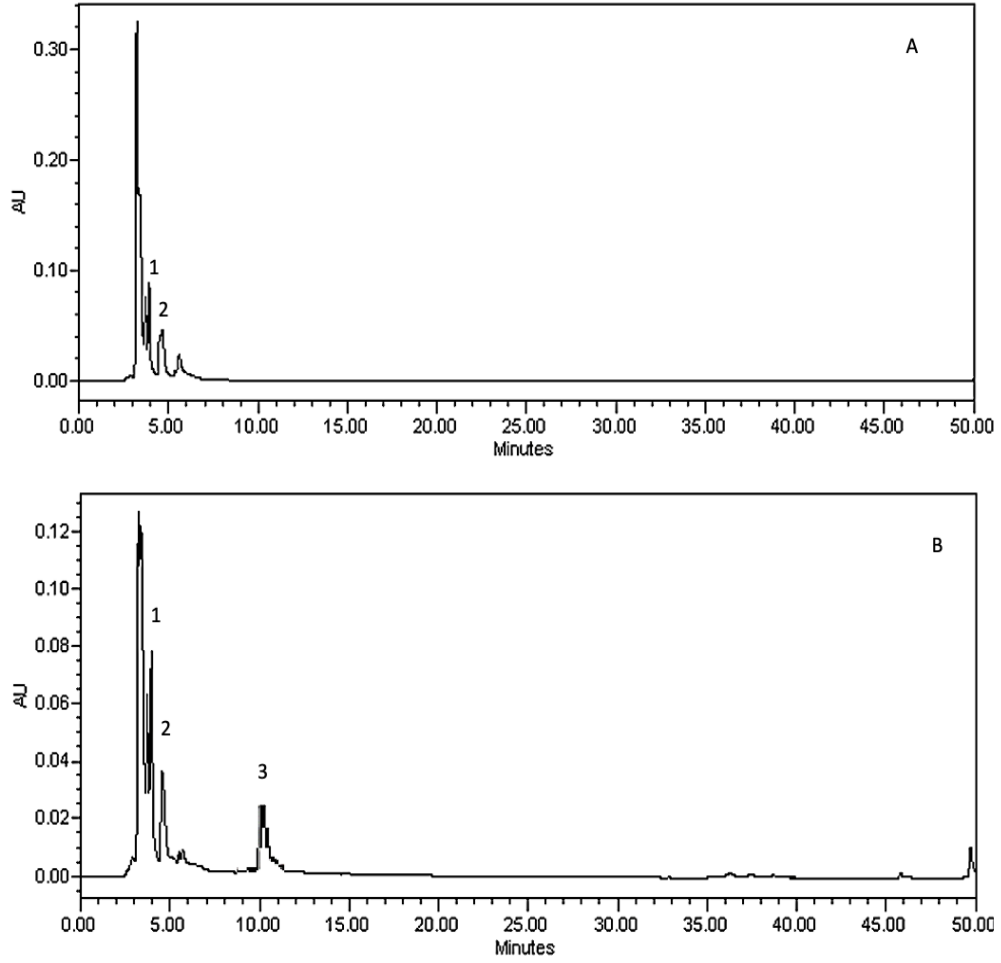
Şekil 9 (a) Larval fermentasyon sonrası NA (a) ve NB (b) besiyerlerinin TFC miktarlarındaki değişim. Aynı grupta farklı harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ ).

## E. Fenolik Profil Analizi

NA besiyerinde beslenen larvaların fenolik profilinde fermentasyon süresince meydana gelen değişim Çizelge 10'da, NB besiyerinde beslenen larvaların fermentasyon süresince fenolik profilinde meydana gelen değişim ise Çizelge 11'de verilmiştir. NA besiyerinde beslenen larvalarda gallik ve sinamik asit tanımlanmıştır. Tanımlama, standart fenolik maddeler kullanılarak yapılmıştır. Şekil 10'da başlangıç larvaların ve NB besiyerinde 12 gün beslenen larvaların HPLC kromatogramları verilmiştir.

Gallik asit miktarı NA besiyerinde beslenen larvalarda fermentasyon süresince istatistiksel olarak bir değişiklik göstermemiştir. Sinamik asit miktarında ise başlangıç ve 4. gün arasında istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik gözlenmezken, 8. ve 12. günlerde bir düşüş meydana gelmiştir. NA besiyerinde beslenen larvalarda ellajik asit saptanmazken NB besiyerinde beslenen larvalarda 8. gün ve 12. günlerde ellajik asit saptanmıştır. Bu durum larvanın narda bulunan ellajik asidi akümüle ettiği sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca gallik asit miktarı NB besiyerinde beslenen larvalarda 12. gün en yüksek seviyeye ulaşmıştır. İki farklı besiyerinde beslenen larvalar kıyaslandığında NB besiyerinde beslenen larvalarda gallik asit miktarının fermentasyon süresiyle birlikte arttığı ve NA besiyerinde beslenen larvalardan daha yüksek miktarlara ulaştığı gözlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlar doğrultusunda larvaların nar ile zenginleştirilmiş besiyerinde beslenmesi ile fenolik profilinin değiştirilebileceği sonucuna ulaşılmaktadır.





Şekil 10 Başlangıç larvaların (A) ve 12 gün NB besiyerinde beslenen larvaların (B) 280 nm'deki HPLC kromatogramları (1: gallik asit, 2: sinamik asit, 3: ellajik asit).

Çizelge 10 NA besiyerinde beslenen larvaların fenolik profilindeki değişim

Fenolik bileşik	Konsantrasyon ( $\mu\text{g/g km}$ )*			
	Başlangıç	4. gün	8. gün	12. gün
Gallik asit	173 $\pm$ 18,8 <sup>A</sup>	162,1 $\pm$ 42,5 <sup>A</sup>	154,5 $\pm$ 34,7 <sup>A</sup>	156,59 $\pm$ 8,26 <sup>A</sup>
Sinamik asit	53,53 $\pm$ 5,89 <sup>A</sup>	41,66 $\pm$ 9,71 <sup>AB</sup>	23,92 $\pm$ 3,79 <sup>B</sup>	23,91 $\pm$ 4,67 <sup>B</sup>

\*: Her satırda verilen farklı harfler, günler arasındaki farklılığı göstermektedir ( $P<0,05$ )

Çizelge 11 NB besiyerinde beslenen larvaların fenolik profilindeki değişim

Fenolik bileşik	Konsantrasyon ( $\mu\text{g/g km}$ ) *			
	Başlangıç	4. gün	8. gün	12. gün
Gallik asit	173 $\pm$ 18,8 <sup>B</sup>	151,5 $\pm$ 29,1 <sup>B</sup>	196,75 $\pm$ 6,81 <sup>AB</sup>	240,2 $\pm$ 15,1 <sup>A</sup>
Sinamik asit	53,53 $\pm$ 5,89 <sup>A</sup>	38,62 $\pm$ 2,52 <sup>B</sup>	41,48 $\pm$ 2,49 <sup>AB</sup>	44,01 $\pm$ 3,53 <sup>AB</sup>
Ellajik asit	— <sup>**</sup>	—	92,54 $\pm$ 12,65 <sup>A</sup>	115,6 $\pm$ 33,4 <sup>A</sup>

\*: Her satırda verilen farklı harfler, günler arasındaki farklılığı göstermektedir ( $P<0,05$ ).

\*\* : Bulunmamaktadır.

Larval fermentasyon sonrası besiyerlerinin fenolik profilinde meydana gelen değişim incelenmiş ve sonuçlar Çizelge 12’de gösterilmiştir. NB besiyerinde larval fermentasyon öncesi ve sonrası 2 punikalajin ve 4 ellajik asit türevi tanımlanmıştır. Ellajik asit türevleri ellajik asit standardı ile tanımlanırken, punikalajin türevlerinin tanımlamaları ise Mininel ve diğerleri (2014) tarafından yapılan bir çalışmadaki UV spektrumlar kullanılarak yapılmıştır. HPLC-PDA cihazı ile mevcut fenolik türevlerinin standart olmaksızın tanımlamaları yapılamamaktadır. Bu sebeple farklı tutma sürelerinde pik veren fenolikler farklı türevler olarak tanımlanmış ancak hangi türevler olduğu tespit edilememiştir. Türev tanımlamaları ancak ileri kromatografik yöntemler kullanılarak yapılabilmektedir. Daha sonraki çalışmalarda LC-MS/MS kullanılarak tanımlamaların yapılması planlanmaktadır, ancak bu tez kapsamında buna yer verilmemiştir.

NB besiyerinde, punikalajin türevi 1, diğer fenolik bileşikler ile kıyaslandığında en yüksek konsantrasyonda tespit edilirken, miktarında fermentasyon süresince istatistiksel olarak bir değişim gözlenmemiştir. Punikalajin türevi 2 ise 4. günde istatistiksel olarak anlamlı bir artış gösterirken 12. gün sonunda ise azalma göstermiştir. Ancak başlangıç ile kıyaslandığında 4., 8. ve 12. günlerde istatistiksel olarak anlamlı bir artış gözlenmektedir. Ellajik asit türevi 1, 4. günde en yüksek miktarına ulaşırken, ellajik asit türevi 2 miktarında fermentasyon süresince istatistiksel olarak anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. Ellajik asit türevi 3 konsantrasyonunda fermentasyon süresince azalma meydana gelmiş, ellajik asit türevi 4 ise 4. ve 8. günlerde maksimum miktarına ulaşırken 12. günde azalma göstermiştir.

Literatürde, nar kabuğunda hücre duvarına bağlı formda bulunan punikalajin miktarı 100 µg/g (Dadwal vd., 2017) iken, ellajik asit miktarı ise 1990 µg/g (Gulsunoglu vd., 2019b) olarak rapor edilmiştir. Bu tez çalışmasında, ellajik asit ve punikalajin türevlerinde fermentasyon süresince görülen artış larvaların salgıladıkları enzimler sebebiyle hücre duvarına bağlı formda bulunan fenoliklerin salınımına sebep olması ile açıklanabilir. Willis ve diğlerleri (2010), *T. molitor* larvalarının sahip oldukları ekstraselüler enzimler ve bağırsak mikrobiyotası sebebiyle selülozu parçalayabilen nadir böceklerden biri olduğunu belirtmişlerdir.

Çizelge 12 Nar ile zenginleştirilmiş besiyerinin larval fermentasyon sonrası fenolik profilindeki değişim

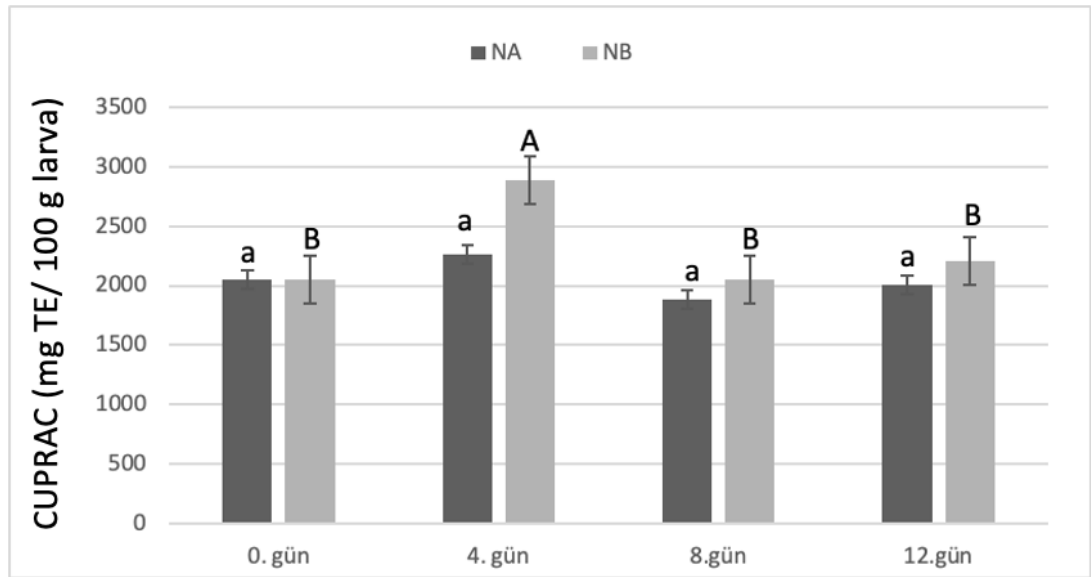
Fenolik bileşik	Konsantrasyon (µg/g km) *			
	Başlangıç	4. gün	8. gün	12. gün
Punikalajin türevi 1	13544±1123 <sup>A</sup>	12582±1409 <sup>A</sup>	12644±3725 <sup>A</sup>	13474±693 <sup>A</sup>
Punikalajin türevi 2	612,2±113,6 <sup>C</sup>	1208,1±77,9 <sup>A</sup>	982,47±13,39 <sup>A</sup> B	903,4±21 <sup>B</sup>
Ellajik asit türevi 1	1324±197 <sup>B</sup>	1918±76,4 <sup>A</sup>	1711,7±83 <sup>AB</sup>	1527±159 <sup>AB</sup>
Ellajik asit türevi 2	1849±353 <sup>A</sup>	2427±480 <sup>A</sup>	3432±1655 <sup>A</sup>	4040±270 <sup>A</sup>
Ellajik asit türevi 3	780,5±110,2 <sup>A</sup>	662,14±12,92 <sup>A</sup> B	678±208 <sup>AB</sup>	280,89±6,91 B
Ellajik asit türevi 4	838,5±132,1 <sup>C</sup>	1592,8±85,9 <sup>A</sup>	1277±90,6 <sup>AB</sup>	1118,4±63,1 BC

\*: Her satırda a verilen farklı harfler, günler arasındaki farklılığı göstermektedir ( $P<0,05$ ).

## F. Antioksidan Aktivite Analizi

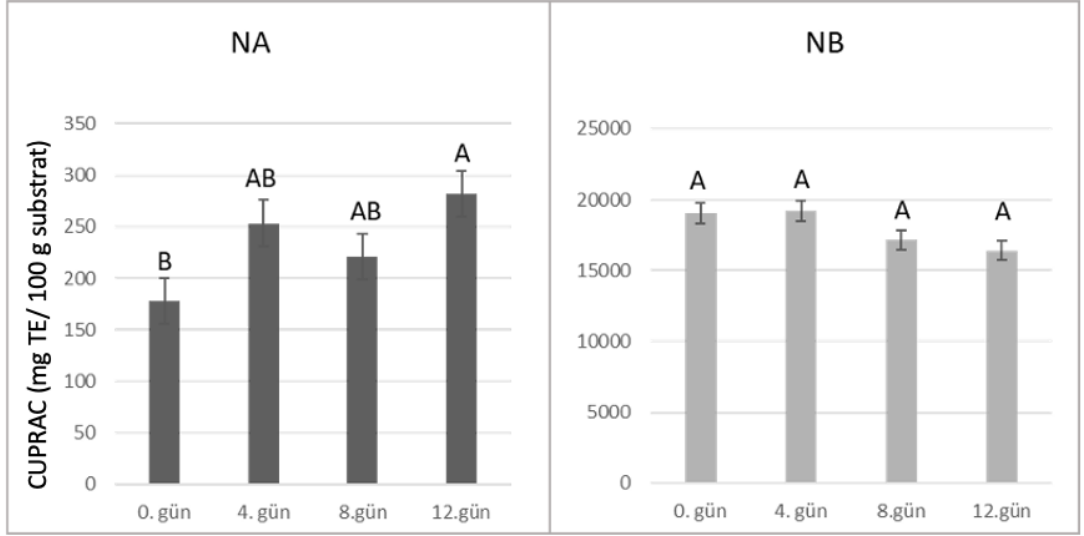
Farklı besiyerinde beslenen larvaların ve larval fermentasyon sonrası besiyerlerinin antioksidan aktivitesinde meydana gelen değişim CUPRAC ve DPPH yöntemleri kullanılarak belirlenmiştir. CUPRAC antioksidan analizi, elektron transferine dayanan bir analizken, DPPH analizi DPPH radikalini indirgeme

yeteneğini, koyu mor renge dönüşen açılmaya göre ölçen bir analiz metodudur. Şekil 11’de NA ve NB besiyerinde beslenen larvaların CUPRAC analiz sonuçları verilmiştir. NB besiyerinde beslenen larvaların 4. günde en yüksek antioksidan kapasitesine sahip olduğu görülmüş, fakat 12. gün sonunda düşüş göstermiştir ve başlangıç antioksidan aktivite ile aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. NA besiyerinde beslenen larvaların antioksidan aktivitelerinde ise gün bazında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Elde edilen sonuçlar literatür ile karşılaştırıldığında, Liu ve diğerlerinin (2020) yapmış olduğu çalışmada da benzer sonuçlar bulunmuştur. Lahana, havuç ve portakal ile zenginleştirilen besiyeri ile beslenen *T. molitor* larvalarının antioksidan aktiviteleri 2. haftada başlangıç antioksidan aktivitesine göre anlamlı bir artış gösterirken, 3. ve 4. haftalarda antioksidan aktivite sonuçlarında anlamlı bir düşüş meydana gelmiştir.



Şekil 11 NA ve NB besiyerlerinde beslenen larvaların CUPRAC antioksidan aktivitesinde meydana gelen değişim. Aynı gruplar arasında farklı harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır ( $p < 0.05$ ).

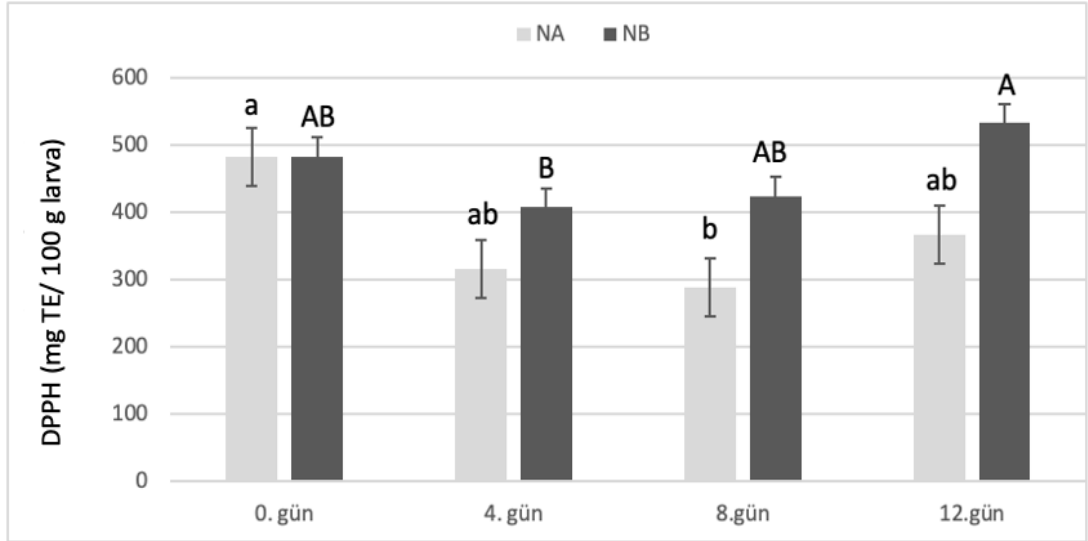
NA ve NB besiyerinde larval fermentasyon sonrası sonuçları Şekil 12’de verilmiştir. NA besiyerinde larval fermentasyon sonrası en düşük antioksidan aktivite 0. günde görülürken, 12. gün sonunda istatistiksel olarak anlamlı bir yükseliş gözlenmiştir. NB besiyerinde larval fermentasyon sonrası CUPRAC antioksidan aktivite sonuçlarında günler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir.



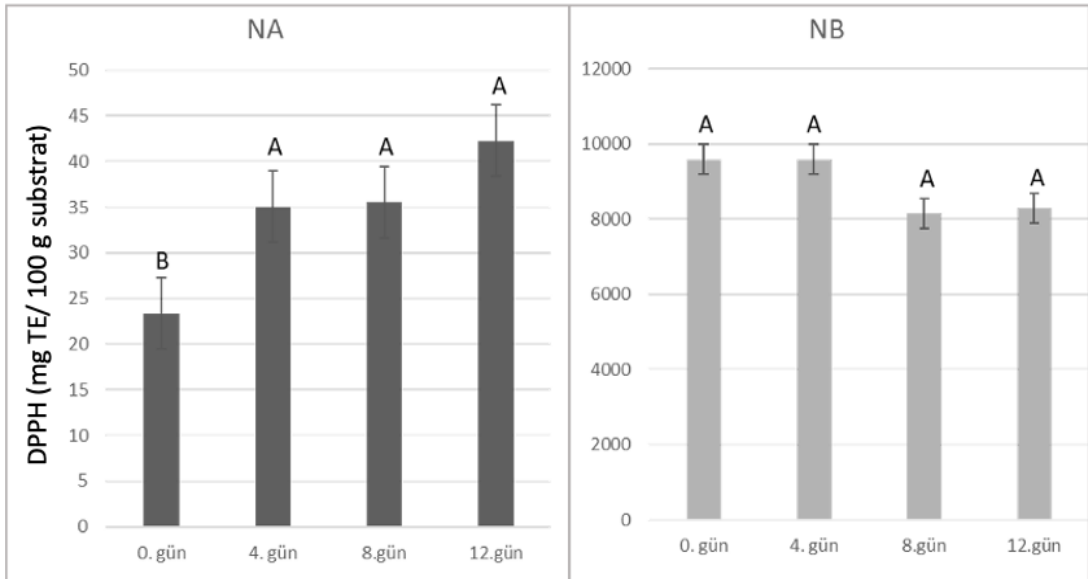
Şekil 12 NA ve NB besiyerlerinin larval fermentasyon sonrası CUPPRAC antioksidan aktivitesinde meydana gelen değişim. Aynı gruplar arasında farklı harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ ).

NA ve NB besiyerinde beslenmiş larvaların DPPH analiz sonuçları Şekil 13'te verilmiştir. NB besiyerinde beslenen larvaların başlangıç ve 12. gün sonundaki antioksidan aktiviteleri istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermezken, 4. günde antioksidan aktivitede bir düşüş görülmüştür. NA besiyerinde beslenen larvalar başlangıçta en yüksek antioksidan aktivitesine sahipken, en düşük antioksidan aktivite ise 8. günde gözlemlenmiştir.

Şekil 14'te NA ve NB besiyerinde larval fermentasyon sonrası DPPH antioksidan aktivite sonuçları verilmiştir. NB besiyerinde larval fermentasyon sonrası DPPH antioksidan aktivite sonuçlarında gün bazında istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik bulunamamıştır. NA besiyerinde larval fermentasyon sonrası DPPH antioksidan aktivite değeri başlangıçta en düşük değerinde iken 4. günde istatistiksel olarak anlamlı bir artış bulunmuştur. Ancak 8. ve 12. günlerde 4. güne kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik gözlenmemiştir.



Şekil 13 NA ve NB besiyerinde beslenen larvaların DPPH antioksidan aktivitesinde meydana gelen değişim. Aynı gruplar arasında farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır ( $p < 0.05$ ).



Şekil 14 Larval fermantasyon sonrası NA ve NB besiyerinin DPPH antioksidan aktivitesinde meydana gelen değişim. Aynı gruplar arasında farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır ( $p < 0.05$ ).

Böcekler, prooksidan-antioksidan homeostazını dengelemek için büyük ölçüde endojen antioksidan enzim sistemlerini kullanmalarına rağmen, diyet yoluyla alınan antioksidanlar da tamamlayıcı rol oynayabilir (Liu vd., 2020). Bu tez çalışmasında kullanılan nar kabukları antioksidan aktivite gösteren fenolik bileşenler açısından zengin olmasından dolayı, lipid peroksidasyonunu inhibe etme ve serbest radikalleri yakalama özelliği göstererek böceklerin antioksidan enzim sistemlerinde yardımcı

rol oynayabilirler (Gulsunoglu vd., 2019b; Liu vd., 2020). Ancak, elde edilen sonuçlar doğrultusunda, diyet takviyesinin larvalarda belirtilen koşullar altında antioksidan aktivitede istatistiksel olarak anlamlı bir artış gösterme eğiliminde olmadığı bulunmuştur.

## V. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yenilebilir böcekler gelecekte protein kaynağı olarak insan beslenmesine dahil edilmesi muhtemel bir besin kaynağı olarak görülmektedir. Yapılan çalışmalar yenilebilir böceklerin besin içeriklerinin birçok protein kaynağına kıyasla yeterli veya zengin olduğunu göstermiş olup bu besin içeriğinin kullanılan yem çeşidine göre değiştirilebileceğini de göstermiştir. *T. molitor*, dünya üzerinde hali hazırda kullanılan ve kullanılabilirliği onaylanmış yenilebilir böcek türlerinden biri olması sebebiyle büyük öneme sahiptir.

Nar kabuğu, gıda endüstrisinde atık olarak nitelendirilen fakat içeriği incelendiğinde çok çeşitli polifenolik maddelerce zengin bir yan üründür. Yapılan çalışmalar ile, nar ve nar atıklarının içerdiği polifenollerin insan sağlığına olumlu etkileri olduğu gösterilmiş ve bu atığın katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülmesi ile hem ekonomik ve ekolojik hem de sağlık açısından avantaj sağlanacağı düşünülmektedir.

Bu çalışma kapsamında nar kabuğu ile zenginleştirilmiş besiyerinde beslenen larvaların fenolik profilinde ve antioksidan aktivitesinde meydana gelen değişim incelenmiştir. Farklı konsantrasyonlarda yapılan denemeler sonucunda 1:1 nar kabuğu: mısır unu oranı en iyi hacim, ağırlık kazanımı ve canlılık sayısını vermesi sebebiyle tercih edilmiştir. Larvaların kimyasal kompozisyonuna bakıldığında lipit ve protein miktarında artış gözlemlenmemiş olsa da karbonhidrat ve kül miktarında sırasıyla %37,9 ve %72,7 oranında artış görülmüştür.

Larvaların fenolik profili incelendiğinde, başlangıçta bulunmayan ellajik asit, NB besiyerinde beslenen larvalarda 8. günde  $92,54 \pm 12,65$   $\mu\text{g/g km}$  ve 12. günde  $115,6 \pm 33,4$   $\mu\text{g/g km}$  konsantrasyonda tespit edilmiştir. *T. molitor* larvalarının farklı besiyerlerinde beslenmesi ile vücut kompozisyonunda farklılıklar görülebildiği yapılan çalışmalar ile kanıtlanmıştır. Bu tez çalışmasında elde edilen verilere göre, nar kabuğu ile zenginleştirilmiş besiyerinde beslenen larvaların, nar kabuğunda yüksek miktarda bulunan ellajik asidi akümüle ettiği ispatlanmıştır. Literatürde



ellajik asit akümülyasyonu ile herhangi bir çalışma bulunmamakta olup, bu tez çalışması bu konuda yapılacak diğer çalışmalara ışık tutacaktır.

Bu çalışma sonucunda, *T. molitor* larvalarının nar kabuğu ile zenginleştirilmiş besiyerinde beslenmesi ile larvaların gelişme performanslarının iyileştiği ancak antioksidan aktivitesinde anlamlı bir değişim görülmeyişi tespit edilmiştir. Gelecekte, fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivitesi yüksek farklı bir gıda endüstrisi atığı kullanılarak *T. molitor* larvalarının antioksidan aktivitesini arttırma konusunda daha fazla çalışma yapılabilir. Ayrıca, atığın direk kullanılmasından ziyade ekstrakte edilen fenolik maddeler ile referans besiyeri zenginleştirilebilir. Bu sayede larvanın fenolik maddelere ulaşması kolaylaştırılabilir.

Meyve ve sebzelerin yetiştirilmesi aşamasında zararlılara karşı mücadele amacıyla pestisit kullanımı oldukça yaygındır. Bu sebeple, larvaların atıklar ile beslenmesi vücutlarında fenolik bileşiklerin yanı sıra pestisit birikme riskini de ortaya çıkarmaktadır. Gelecek çalışmalar için, larvalarda pestisit analizleri yapılarak gıda güvenliği açısından insan tüketiminde herhangi bir sorun teşkil edip etmeyeceğinin de araştırılması önerilmektedir. Literatürde bu konuda yapılmış çalışmalar yetersiz olup, eksiklikleri gidermek için daha fazla çalışma yapılmasına ihtiyaç vardır.

## VI. KAYNAKLAR

### MAKALELER

- AKHTAR, S., ISMAİL, T., FRATERNALE, D. VE SESTİLİ, P. (2015). Pomegranate peel and peel extracts: Chemistry and food features. **Food Chemistry**, *174*, 417–425. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.035>
- APAK, R., GÜÇLÜ, K., ÖZYÜREK, M. VE KARADEMİR, S. E. (2004). Novel Total Antioxidant Capacity Index for Dietary Polyphenols and Vitamins C and E, Using Their Cupric Ion Reducing Capability in the Presence of Neocuproine: CUPRAC Method. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, *52*(26), 7970–7981. doi:[10.1021/jf048741x](https://doi.org/10.1021/jf048741x)
- BAR-YA'AKOV, I., TIAN, L., AMİR, R. VE HOLLAND, D. (2019). Primary Metabolites, Anthocyanins, and Hydrolyzable Tannins in the Pomegranate Fruit. **Frontiers in plant science**, *10*, 620. doi:[10.3389/fpls.2019.00620](https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00620)
- BERNARD, T. (2017). Entomophagy: Insects as Food. H. M. W. E.-V. D. C. Shields (Ed.), (s. Ch. 10). Rijeka: **IntechOpen**. doi:[10.5772/67384](https://doi.org/10.5772/67384)
- CAPANOGLU, E., BEEKWILDER, J., BOYACIOGLU, D., HALL, R. VE DEVOS, R. (2008). Changes in antioxidant and metabolite profiles during production of tomato paste. **Journal of agricultural and food chemistry**, *56*(3), 964–973. doi:[10.1021/jf072990e](https://doi.org/10.1021/jf072990e)
- CARVALHO, N. M. DE, TEIXEIRA, F., SILVA, S., MADUREIRA, A. R. VE PINTADO, M. E. (2019). Potential prebiotic activity of *Tenebrio molitor* insect flour using an optimized in vitro gut microbiota model. **Food & Function**, *10*(7), 3909–3922. doi:[10.1039/C8FO01536H](https://doi.org/10.1039/C8FO01536H)
- CHIDAMBARA MURTHY, K. N., JAYAPRAKASHA, G. K. VE SINGH, R. P. (2002). Studies on Antioxidant Activity of Pomegranate (*Punica granatum*) Peel Extract Using in Vivo Models. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, *50*(17), 4791–4795. doi:[10.1021/jf0255735](https://doi.org/10.1021/jf0255735)

- CLÁUDIA DA COSTA ROCHA, A., JOSÉ DE ANDRADE, C. VE DE OLIVEIRA, D. (2021). Perspective on integrated biorefinery for valorization of biomass from the edible insect *Tenebrio molitor*. **Trends in Food Science & Technology**, *116*, 480–491. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.07.012>
- DADWAL, V., BHATT, S., SONKHLA, K., JOSHI\*, R. VE GUPTAMAHESH. (2017). Quantification of Free and Bound Phenolics in Bio-Waste Pomegranate Peel and Formulation of Punicalagin Rich Rice Extruded Snacks. **International Journal of Food and Nutritional Science**, *4*(2), 98–104.
- DAS, A. K., NANDA, P. K., CHOWDHURY, N. R., DANDAPAT, P., GAGAOUA, M., CHAUHAN, P., ... LORENZO, J. M. (2021). Application of Pomegranate by-Products in Muscle Foods: Oxidative Indices, Colour Stability, Shelf Life and Health Benefits. **Molecules** . doi:10.3390/molecules26020467
- DENG, Y., LI, Y., YANG, F., ZENG, A., YANG, S., LUO, Y., ... YIN, W. (2017). The extract from *Punica granatum* (pomegranate) peel induces apoptosis and impairs metastasis in prostate cancer cells. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, *93*, 976–984. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.07.008>
- DEWANTO, V., WU, X., ADOM, K. K. VE LIU, R. H. (2002). Thermal Processing Enhances the Nutritional Value of Tomatoes by Increasing Total Antioxidant Activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, *50*(10), 3010–3014. doi:10.1021/jf0115589
- EL BARNOSSI, A., MOUSSAID, F. VE IRAQI HOUSSEINI, A. (2020). Tangerine, banana and pomegranate peels valorisation for sustainable environment: A review. **Biotechnology reports (Amsterdam, Netherlands)**, *29*, e00574–e00574. doi:10.1016/j.btre.2020.e00574
- ERDOĞAN, B., PEKSEVER, D., GÖRÜR, A., SÜMER, O. VE EL, S. (2021). Sürdürülebilir Protein Kaynağı Olarak Yenilebilir Böceklerin Besleyici Özellikleri Ve Tüketici Kabulü. **Gıda**. Gıda Teknolojisi Derneği. doi:10.15237/gida.GD21074
- ERDOĞAN, S. (2020). Enerji, Çevre ve Sera Gazları. *Cankiri Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, *10*, 277–303. doi:10.18074/ckuiibfd.670673

- FAWOLE, O. A., MAKUNGA, N. P. VE OPARA, U. L. (2012). Antibacterial, antioxidant and tyrosinase-inhibition activities of pomegranate fruit peel methanolic extract. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, *12*(1), 200. doi:10.1186/1472-6882-12-200
- FRANCÍS, F., DOYEN, V., DEBAUGNIÉS, F., MAZZUCHELLÌ, G., CAPARROS, R., ALABÍ, T., ... CORAZZA, F. (2019). Limited cross reactivity among arginine kinase allergens from mealworm and cricket edible insects. **Food Chemistry**, *276*, 714–718. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.082
- GHOSH, S., LEE, S.-M., JUNG, C. VE MEYER-ROCHOW, V. B. (2017). Nutritional composition of five commercial edible insects in South Korea. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, *20*(2), 686–694. doi:https://doi.org/10.1016/j.aspen.2017.04.003
- GKĪNALÌ, A.-A., MATSAKĪDOU, A., VASĪLEĪOU, E. VE PARASKEVOPOULOU, A. (2022). Potentiality of *Tenebrio molitor* larva-based ingredients for the food industry: A review. **Trends in Food Science & Technology**, *119*, 495–507. doi:https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.11.024
- GONZÁLEZ, C. M., GARZÓN, R. VE ROSELL, C. M. (2019). Insects as ingredients for bakery goods. A comparison study of *H. illucens*, *A. domestica* and *T. molitor* flours. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, *51*, 205–210. doi:https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.03.021
- GULSUNOGLU, Z., ARAVĪND, S., BAĪ, Y., WANG, L., KUTCHER, H. R. VE TANAKA, T. (2019). Deoxynivalenol (DON) Accumulation and Nutrient Recovery in Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens*) Fed Wheat Infected with *Fusarium* spp. **Fermentation** . doi:10.3390/fermentation5030083
- GULSUNOGLU, Z., KARBANCIÖGLU-GULER, F., RAES, K. VE KĪLĪC-AKYĪLMAZ, M. (2019). Soluble and insoluble-bound phenolics and antioxidant activity of various industrial plant wastes. **International Journal of Food Properties**, *22*(1), 1501–1510. doi:10.1080/10942912.2019.1656233
- GUO, H., ZHANG, D. VE FU, Q. (2016). Inhibition of Cervical Cancer by Promoting IGFBP7 Expression Using Ellagic Acid from Pomegranate Peel. **Medical science monitor : international medical journal of experimental**

**and clinical research**, 22, 4881–4886. doi:10.12659/msm.898658

HOLLEBEECK, S., WİNAND, J., HÉRENT, M.-F., DURİNG, A., LECLERCQ, J., LARONDELLE, Y. VE SCHNEİDER, Y.-J. (2012). Anti-inflammatory effects of pomegranate (*Punica granatum* L.) husk ellagitannins in Caco-2 cells, an in vitro model of human intestine. **Food & Function**, 3(8), 875–885. doi:10.1039/C2FO10258G

İMATHİU, S. (2020). Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. **NFS Journal**, 18, 1–11. doi:10.1016/J.NFS.2019.11.002

İŞİK, Ö. VE KIRKPINAR, F. (2016). Etlik Piliçlerin Beslenmesinde Alternatif Protein Kaynağı Olarak Un Kurdu (*Tenebrio molitor* L.)’nun Kullanımı\*. **Hayvansal Üretim**, 57(1), 15–21.

JANSSEN, R. H., VİNCKEN, J.-P., VAN DEN BROEK, L. A. M., FOGLEİANO, V. VE LAKEMON, C. M. M. (2017). Nitrogen-to-Protein Conversion Factors for Three Edible Insects: *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, and *Hermetia illucens*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 65(11), 2275–2278. doi:10.1021/acs.jafc.7b00471

JANTZEN DA SİLVA LUCAS, A., MENEGON DE OLİVEİRA, L., DA ROCHA, M. VE PRENTİCE, C. (2020). Edible insects: An alternative of nutritional, functional and bioactive compounds. **Food Chemistry**, 311, 126022. doi:10.1016/J.FOODCHEM.2019.126022

KANDYLİS, P. VE KOKKİNOMAGOULOS, E. (2020). Food Applications and Potential Health Benefits of Pomegranate and its Derivatives. **Foods (Basel, Switzerland)**, 9(2), 122. doi:10.3390/foods9020122

KARİMİ, M., SADEGHİ, R. VE KOKİNİ, J. (2017). Pomegranate as a promising opportunity in medicine and nanotechnology. **Trends in Food Science & Technology**, 69, 59–73. doi:https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.08.019

KİM, T.-K., YONG, H. I., KİM, Y.-B., KİM, H.-W. VE CHOİ, Y.-S. (2019). Edible Insects as a Protein Source: A Review of Public Perception, Processing Technology, and Research Trends. **Food science of animal resources**, 39(4), 521–540. doi:10.5851/kosfa.2019.e53

- KOLAÇ, T., GÜRBÜZ, P. VE YETİŞ, G. (2017). Doğal ürünlerin fenolik içeriği ve antioksidan özellikleri. **İ.Ü. Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Dergisi**, 5(1), 26–42.
- KULMA, M., KOUŘIMSKÁ, L., HOMOLKOVÁ, D., BOŽÍK, M., PLACHÝ, V. VE VRABEC, V. (2020). Effect of developmental stage on the nutritional value of edible insects. A case study with *Blaberus craniifer* and *Zophobas morio*. **Journal of Food Composition and Analysis**, 92, 103570. doi:10.1016/J.JFCA.2020.103570
- KUMAR, N., DANIŁOSKI, D., PRATIBHA, NEERAJ, D’CUNHA, N. M., NAUMOVSKI, N. VE PETKOSKA, A. T. (2022). Pomegranate peel extract – A natural bioactive addition to novel active edible packaging. **Food Research International**, 156, 111378. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111378
- LANGE, K. W. VE NAKAMURA, Y. (2021). Edible insects as future food: chances and challenges. **Journal of Future Foods**, 1(1), 38–46. doi:10.1016/J.JFUTFO.2021.10.001
- LAWAL, K. G., KAVLE, R. R., AKANBI, T. O., MIROSA, M. VE AGYEI, D. (2021). Enrichment in specific fatty acids profile of *Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens* larvae through feeding. **Future Foods**, 3, 100016. doi:https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100016
- Lİ, L., ZHAO, Z. VE LİU, H. (2013). Feasibility of feeding yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.) in bioregenerative life support systems as a source of animal protein for humans. **Acta Astronautica**, 92(1), 103–109. doi:https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2012.03.012
- LİCEAGA, A. M. (2019). Approaches for Utilizing Insect Protein for Human Consumption: Effect of Enzymatic Hydrolysis on Protein Quality and Functionality. **Annals of the Entomological Society of America**, 112(6), 529–532. doi:10.1093/aesa/saz010
- LİU, C., MASRİ, J., PEREZ, V., MAYA, C. VE ZHAO, J. (2020). Growth Performance and Nutrient Composition of Mealworms (*Tenebrio Molitor*) Fed on Fresh Plant Materials-Supplemented Diets. **Foods (Basel, Switzerland)**, 9(2). doi:10.3390/foods9020151

- MARIOD, A. A., SAEED MÍRGHANÍ, M. E. VE HUSSEÍN, I. (2017). Chapter 50 - *Tenebrio molitor* Mealworm. A. A. Mariod, M. E. Saeed Mirghani ve I. B. T.-U. O. and O. S. Hussein (Ed.), (ss. 331–336). **Academic Press**. doi:https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809435-8.00050-0
- MELGAREJO-SÁNCHEZ, P., NÚÑEZ-GÓMEZ, D., MARTÍNEZ-NÍCOLÁS, J. J., HERNÁNDEZ, F., LEGUA, P. VE MELGAREJO, P. (2021). Pomegranate variety and pomegranate plant part, relevance from bioactive point of view: a review. **Bioresources and Bioprocessing**, 8(1). doi:10.1186/s40643-020-00351-5
- MEYER-ROCHOW, V. B. VE JUNG, C. (2020). Insects Used as Food and Feed: Isn't That What We All Need? **Foods (Basel, Switzerland)**, 9(8), 1003. doi:10.3390/foods9081003
- MÍLOSEVIĆ, N., PERIĆ, L., LUKIĆ, M. VE FÍLIPOVIĆ, S. (2007). Nutritive value of corn meal in nutrition of fattening chickens. **Biotechnology in Animal Husbandry**, 23(5-6–1), 535–542. doi:10.2298/bah0701535m
- MÍNINEL, F. J., LEONARDO JUNIOR, C. S., ESPANHA, L. G., RESENDE, F. A., VARANDA, E. A., LEÍTE, C. Q. F., ... DOS SANTOS, L. C. (2014). Characterization and Quantification of Compounds in the Hydroalcoholic Extract of the Leaves from *Terminalia catappa* Linn. (Combretaceae) and Their Mutagenic Activity. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, 2014, 676902. doi:10.1155/2014/676902
- MLCEK, J., ROP, O., BORKOVCOVA, M. VE BEDNAROVA, M. (2014). A comprehensive look at the possibilities of edible insects as food in Europe - A Review. **Polish Journal Of Food And Nutrition Sciences**, 64(3), 147–157. doi:10.2478/v10222-012-0099-8
- MORUZZO, R., MANCINI, S. VE GUIDI, A. (2021). Edible Insects and Sustainable Development Goals. **Insects** 2021, Vol. 12, Page 557, 12(6), 557. doi:10.3390/INSECTS12060557
- NÍJHOUT, H. F. (2003). The control of body size in insects. **Developmental biology**, 261(1), 1–9. doi:10.1016/s0012-1606(03)00276-8

- OJHA, S., BEKHIT, A. E.-D., GRUNE, T. VE SCHLÜTER, O. K. (2021). Bioavailability of nutrients from edible insects. **Current Opinion in Food Science**, *41*, 240–248. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.08.003>
- ONG, S. Y., ZAINAB-L, I., PYARY, S. VE SUDESH, K. (2018). A novel biological recovery approach for PHA employing selective digestion of bacterial biomass in animals. **Applied Microbiology and Biotechnology**, *102*(5), 2117–2127. doi:[10.1007/s00253-018-8788-9](https://doi.org/10.1007/s00253-018-8788-9)
- OONINCX, D G A B, VAN KEULEN, P., FİNKE, M. D., BAİNES, F. M., VERMEULEN, M. VE BOSCH, G. (2018). Evidence of vitamin D synthesis in insects exposed to UVb light. **Scientific reports**, *8*(1), 10807. doi:[10.1038/s41598-018-29232-w](https://doi.org/10.1038/s41598-018-29232-w)
- OONINCX, DENNIS G A B, VAN BROEKHOVEN, S., VAN HUIJ, A. VE VAN LOON, J. J. A. (2015). Feed Conversion, Survival and Development, and Composition of Four Insect Species on Diets Composed of Food By-Products. **PloS one**, *10*(12), e0144601. doi:[10.1371/journal.pone.0144601](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144601)
- OPARA, I. K., FAWOLE, O. A. VE OPARA, U. L. (2021). Postharvest Losses of Pomegranate Fruit at the Packhouse and Implications for Sustainability Indicators. **Sustainability** . doi:[10.3390/su13095187](https://doi.org/10.3390/su13095187)
- ÖZMERT ERGİN, S. (2019). Nar Meyvesi (*Punica granatum* L.) ile Farklı Nar Ürünlerinin Antioksidan Özellikleri. **Akademik Gıda**, *17*(2), 243–251. doi:[10.24323/akademik-gida.613590](https://doi.org/10.24323/akademik-gida.613590)
- PAREEK, S., VALERO, D. VE SERRANO, M. (2015). Postharvest biology and technology of pomegranate. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, *95*(12), 2360–2379. doi:<https://doi.org/10.1002/jsfa.7069>
- RAI, S., WAHİLE, A., MUKHERJEE, K., SAHA, B. P. VE MUKHERJEE, P. K. (2006). Antioxidant activity of *Nelumbo nucifera* (sacred lotus) seeds. **Journal of Ethnopharmacology**, *104*(3), 322–327. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.09.025>



- ROVAĪ, D., ORTGĪES, M., AMĪN, S., KUWAHARA, S., SCHWARTZ, G., LESNĪAUSKAS, R., ... LAMMERT, A. (2021). Utilization of carrot pomace to grow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*). *Sustainability (Switzerland)*, *13*(16). doi:10.3390/su13169341
- RUMBOS, C. I., KARAPANAGIOTIDĪS, I. T., MENTE, E., PSOFAKĪS, P. VE ATHANASSĪOU, C. G. (2020). Evaluation of various commodities for the development of the yellow mealworm, *Tenebrio molitor*. **Scientific Reports** **2020** *10:1*, *10*(1), 1–10. doi:10.1038/s41598-020-67363-1
- RUSCHĪONĪ, S., LORETO, N., FOLĪGNĪ, R., MANNOZZĪ, C., RAFFAELLI, N., ZAMPORLINĪ, F., ... MOZZON, M. (2020). Addition of Olive Pomace to Feeding Substrate Affects Growth Performance and Nutritional Value of Mealworm (*Tenebrio Molitor* L.) Larvae. **Foods** . doi:10.3390/foods9030317
- SABOLOVÁ, M., ADÁMKOVÁ, A., KOUŘĪMSKÁ, L., CHRPOVÁ, D. VE PÁNEK, J. (2016). Minor lipophilic compounds in edible insects. **Potravinarstvo**, *10*(1), 400–406. doi:10.5219/605
- SANTHAKUMAR, A. B., BATTĪNO, M. VE ALVAREZ-SUAREZ, J. M. (2018). Dietary polyphenols: Structures, bioavailability and protective effects against atherosclerosis. **Food and Chemical Toxicology**, *113*, 49–65. doi:https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.01.022
- SELALEDĪ, L., MBAJĪORGU, C. A. VE MABELEBELE, M. (2020). The use of yellow mealworm (*T. molitor*) as alternative source of protein in poultry diets: a review. **Tropical Animal Health and Production**, *52*(1), 7–16. doi:10.1007/s11250-019-02033-7
- SĪMON, E., BARANYAI, E., BRAUN, M., FÁBĪÁN, I. VE TÓTHMÉRÉS, B. (2013). Elemental Concentration in Mealworm Beetle (*Tenebrio molitor* L.) During Metamorphosis. **Biological Trace Element Research**, *154*(1), 81–87. doi:10.1007/s12011-013-9700-1
- SĪNGH, B., SĪNGH, J. P., KAUR, A. VE SĪNGH, N. (2018). Phenolic compounds as beneficial phytochemicals in pomegranate (*Punica granatum* L.) peel: A review. **Food Chemistry**, *261*, 75–86. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.039

- SINGLETON, V. L., ORTHOFER, R. VE LAMUELA-RAVENTÓS, R. M. B. T.-M. İN E. (1999). [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. **Oxidants and Antioxidants Part A** (C. 299, ss. 152–178). Academic Press. doi:[https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
- SSEPUUYA, G., WYNANTS, E., VERRETH, C., CRAUWELS, S., LIEVENS, B., CLAES, J., ... VAN CAMPENHOUT, L. (2019). Microbial characterisation of the edible grasshopper *Ruspolia differens* in raw condition after wild-harvesting in Uganda. **Food Microbiology**, 77, 106–117. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.09.005>
- TAN, S. W., LAI, K. S. VE LOH, J. Y. (2018). Effects of Food Wastes on Yellow Mealworm *Tenebrio molitor* Larval Nutritional Profiles and Growth Performances. **Examines in Marine Biology & Oceanography**, 2(1), 173–178. doi:[10.31031/eimbo.2018.02.000530](https://doi.org/10.31031/eimbo.2018.02.000530)
- TÜRKEŞ, M. (2021). Sera Gazları, Kuvvetlenen Sera Etkisi ve Küresel İklim Değişikliği. **İktisat ve Toplum**, (July).
- VAN HUIJ A, VAN ITTERBEECK J, KLUNDER H. (2013). **Edible Insects: Future Prospects for Food and Feed Security. Food and Agriculture Organization of the United Nations** (C. 97). <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/258042> adresinden erişildi.
- VAN HUIJ, A. (2013). Potential of Insects as Food and Feed in Assuring Food Security. **Annual Review of Entomology**, 58(1), 563–583. doi:[10.1146/annurev-ento-120811-153704](https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153704)
- VAN HUIJ, A. (2016). Edible insects are the future? **Proceedings of the Nutrition Society**, 75(3), 294–305. doi:DOI: [10.1017/S0029665116000069](https://doi.org/10.1017/S0029665116000069)
- VAN HUIJ, A. (2021). Prospects of insects as food and feed. **Organic Agriculture**, 11(2), 301–308. doi:[10.1007/s13165-020-00290-7](https://doi.org/10.1007/s13165-020-00290-7)
- VAN HUIJ, A. VE OONINCX, D. G. A. B. (2017). The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, 37(5), 43. doi:[10.1007/s13593-017-0452-8](https://doi.org/10.1007/s13593-017-0452-8)

- VERNEAU, F., AMATO, M. VE LA BARBERA, F. LA. (2021). Edible Insects and Global Food Security. **Insects**, *12*(5), 472. doi:10.3390/insects12050472
- WEI, X., LI, S., LI, T., LIU, L., LIU, Y., WANG, H., ... ZHAO, Z. (2020). Pomegranate peel extract ameliorates liver fibrosis induced by carbon tetrachloride in rats through suppressing p38MAPK/Nrf2 pathway. *Journal of Functional Foods*, *65*, 103712. doi:https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103712
- WILLIS, J. D., OPPERT, C. VE JURAT-FUENTES, J. L. (2010). Methods for discovery and characterization of cellulolytic enzymes from insects. **Insect Science**, *17*(3), 184–198. doi:10.1111/j.1744-7917.2010.01322.x
- WU, C., HONG, B., JIANG, S., LUO, X., LIN, H., ZHOU, Y., ... WU, R. (2022). Recent advances on essential fatty acid biosynthesis and production: Clarifying the roles of  $\Delta 12/\Delta 15$  fatty acid desaturase. **Biochemical Engineering Journal**, *178*, 108306. doi:10.1016/J.BEJ.2021.108306
- YARITZ, U., SCHWEITZER, R., HOLLAND, D., TIAN, L. VE AMIR, R. (2022). Metabolic profiling of outer fruit peels from 15 accessions of pomegranate (*Punica granatum* L.). **Journal of Food Composition and Analysis**, *109*, 104482. doi:https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104482
- ZAMUDÍO-FLORES, P. B., TIRADO-GALLEGOS, J. M., ESPINO-DÍAZ, M., OCHOA-REYES, E., HERNÁNDEZ-CENTENO, F., HERNÁNDEZ-GONZALÉZ, M., ... SÁNCHEZ-ORTÍZ, O. (2019). Food supplements from a Grasshopper: A developmental stage-wise evaluation of amino acid profile, protein and vitamins in *Brachystola magna* (Girard). **Emirates Journal of Food and Agriculture**, *31*(7), 561–568. doi:10.9755/ejfa.2019.v31.i7.1989
- ZHANG, X., DU, L., ZHANG, W., YANG, M., CHEN, L., HOU, C. VE LI, J. (2022). Pomegranate peel polyphenols alleviate insulin resistance through the promotion of insulin signaling pathway in skeletal muscle of metabolic syndrome rats. **Food Science and Human Wellness**, *11*(4), 1076–1085. doi:https://doi.org/10.1016/j.fshw.2022.03.034
- ZHAO, XUE, VÁZQUEZ-GUTIÉRREZ, J. L., JOHANSSON, D. P., LANDBERG, R. VE LANGTON, M. (2016). Yellow Mealworm Protein for Food Purposes - Extraction and Functional Properties. **PLOS ONE**, *11*(2), e0147791. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147791 adresinden erişildi.

ZHAO, XUEQING, YUAN, Z., FANG, Y., YIN, Y. VE FENG, L. (2013). Characterization and evaluation of major anthocyanins in pomegranate (*Punica granatum* L.) peel of different cultivars and their development phases. *European Food Research and Technology*, 236(1), 109–117. doi:10.1007/s00217-012-1869-6

ZIELIŃSKA, E., BARANIĄK, B., KARASŃ, M., RYBCZYŃSKA, K. VE JAKUBCZYK, A. (2015). Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. *Food Research International*, 77, 460–466. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.09.008.

#### **ELEKTRONİK KAYNAKLAR**

ITIS - Report: Tenebrio molitor. (y.y.). [https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSN&search\\_value=187243#null](https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=187243#null), (Erişim tarihi: 04.05.2022)

Tenebrio Molitor Colombia. (y.y.). <https://tenebriomolitorcolombia.blogspot.com/p/tenebrio-molitor.html>, (Erişim tarihi: 29.05.2022)

#### **DİĞER KAYNAKLAR**

AOAC. (2000). **Official methods of analysis of the association of analytical chemists**. Arlington, Virginia, USA.

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı** : Sezer DAĞ

**Lisans** : İstanbul Aydın Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik

### Yayınlar

1. Demirbaş, S., Dağ, S., Öztürk Andaç, S. (2021). Kanserin Önlenmesi ve Sürecinde Doğal Bileşenler: Kuersertin ve Reverastrol. G. Menveliyeva ve H. Mehtieva (Ed.), INTERNATIONLA GEVHER NESIBE HEALTH SCIENCES CONFERENCE-(ss. 330-334), Kayseri. ISBN: 978-625-7720-36-6. [https://www.gevhernesibe.org/\\_files/ugd/614b1f\\_0bc03a9605cf4bfdbdb3c3c84a355131.pdf](https://www.gevhernesibe.org/_files/ugd/614b1f_0bc03a9605cf4bfdbdb3c3c84a355131.pdf).