

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



ELMA KABUĞU İLE BESLENEN *TENEBRIO MOLITOR*
LARVALARININ ANTIOKSİDAN AKTİVİTELERİNİN
İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Sedanur DEMİRBAŞ YILDIZ

Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı
Beslenme ve Diyetetik Programı

EYLÜL, 2022

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



ELMA KABUĞU İLE BESLENEN *TENEBRIO MOLITOR*
LARVALARININ ANTİOKSİDAN AKTİVİTELERİNİN
İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sedanur DEMİRBAŞ YILDIZ
(Y2016.0500.17)

Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı
Beslenme ve Diyetetik Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Zehra GÜLSÜNOĞLU
KONUŞKAN

EYLÜL, 2022

ONAY FORMU



ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Elma Kabuğu ile Beslenen *Tenebrio Molitor* Larvalarının Antioksidan Aktivitelerinin İncelenmesi” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (21/09/2022)

Sedanur DEMİRBAŞ YILDIZ

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmam süresince değerli bilgi, birikim ve tecrübelerini esirgemeyen bana her daim yol gösterip destek veren tez danışmanım sayın Dr. Öğr. Üyesi Zehra GÜLSÜNOĞLU KONUŞKAN'a, tez çalışmamın anlizlerinde kıymetli vaktini ayırıp destek olan İstanbul Teknik Üniversitesi, Gıda Mühendiliği Bölümü Araştırma Görevlisi Duygu CEYLAN'a, lisans eğitimim ve meslek hayatımda her zaman yanımda olan desteğini esirgemeyen sayın Dr. Öğr. Üyesi Serap ANDAÇ ÖZTÜRK'e, lisans ve yüksek lisans hayatım boyunca maddi manevi her konuda desteği ile yanımda olan sayın meslektaşım Dyt. Sezer DAĞ'a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Öğrenim hayatım boyunca beni yüreklendiren ve destekleri ile benim her daim yanımda olan canım aileme, bu süreç zarfında bana olan anlayışı, saygı ve desteğini hiç esirgemeyen canım eşim Mustafa YILDIZ'a çok teşekkür ederim.

Son olarak babadan öte olan biricik amcam merhum Nevzat DEMİRBAŞ'a bize göstermiş olduğu tüm çabaları ve sevgisi için sonsuz teşekkür ediyorum. Bu tez çalışmamı amcam Nevzat DEMİRBAŞ'a ithaf ediyorum.

Eylül, 2022

Sedanur DEMİRBAŞ YILDIZ

ELMA KABUĞU İLE BESLENEN *TENEBRİO MOLİTOR* LARVALARININ ANTIOKSİDAN AKTİVİTELERİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Giderek azalan arazi ve su kaynakları, hızla artan nüfus ve iklim değışiklikleri sebebiyle sürdürülebilir gıdalara olan ilgili hızla artmaktadır. Sürdürülebilir bir protein kaynağı olan yenilebilir böceklerden, *Tenebrio molitor* geleneksel protein çeşitlerine benzer protein miktarına sahip olması, daha az tarım arazisi ve su kaynağına ihtiyaç duyularak yetiştirilmesi nedeniyle ekonomik olarak önem arz etmektedir. *T. molitor* larvalarının vücut kompozisyonundaki farklılığı kullanılan diyet modeli etkileyebilmektedir. Gıda üretiminde çok miktarda atık açığa çıkmakta ve bu atıkların önemli bölümünü sebze meyveler atıkları oluşturmaktadır. Gıda atıklarının çevreye atılmasıyla, biyoaktif bileşenlerin kaybı ve yüksek biyolojik aktivite sebebiyle çevre kirliliği oluşmaktadır. Bu tez çalışmasında, elma kabukları ile zenginleştirilmiş besiyerinde beslenen *T. molitor* larvalarının antioksidan aktivitesindeki değışimin ve kimyasal kompozisyonun incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, 50 adet larva farklı oranlarda (1:1, 1:2, 1:4) hazırlanmış mısır unu ve elma kabuğu içeren besiyerinde 12 gün boyunca inkübasyona bırakılmıştır. Sadece mısır unu ise referans grup (EA) olarak kullanılmıştır. Besiyerinden 0., 4., 8. ve 12. gün sonunda larvalar toplanmış ve ağırlık kazanımı, canlılık sayısı ve hacim değeri ölçülmüştür. Antioksidan aktiviteyi belirlemek amacıyla DPPH ve CUPRAC analizleri ile TPC ve TFC miktarlarına bakılmıştır. Larvaların ve besiyerinin fenolik profilindeki değışim HPLC cihazı ile incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda 1:1 elma kabuğu ve mısır unu (EB) oranının en yüksek ağırlık kazanımı, canlılık sayısı ve hacim değeri ulaştığı görülmüştür.

Kimyasal kompozisyon sonuçlarına göre EA ve EB besiyerindeki larvaların protein ve kül miktarında artış görülürken lipid miktarında azalma görülmüştür. TPC miktarı EB besiyerindeki larvalarda anlamlı bir değışiklik göstermezken, larval fermentasyon sonrası EB besiyerinde TPC miktarı 8. gün başlangıca kıyasla

istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur. Larval fermentasyon sonrası EB besiyerinin DPPH ve CUPRAC antioksidan analizlerinde de benzer bir eğilim tespit edilmiştir. TPC ve DPPH sonuçları arasında %77,5'lik pozitif bir korelasyon varken, TPC ve CUPRAC arasında %71,0'lık pozitif bir korelasyon bulunmaktadır. EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların TFC sonuçlarında anlamlı bir değişiklik görülmemiştir. HPLC analiz sonuçlarına göre *T. molitor* larvalarında başlangıçta gallik ve sinamik asit tespit edilmiştir. EB besiyerinde beslenen larvaların fenolik profilinde fermentasyon süresince anlamlı bir değişim görülmemiştir.

Sonuç olarak, elma kabuğu ile zenginleştirilmiş besiyerinde beslenen larvaların gelişme performanslarının iyileştiği, daha yüksek protein ve daha düşük yağ içeriğine sahip olduğu bulunmuştur. Larvaların antioksidan aktivitesinde olumlu yönde bir değişim tespit edilmezken larval fermentasyon sonrası besiyerinin TPC miktarında önemli bir artış bulunmuştur. Bu sonuçlar, atıkların larvalar vasıtasıyla katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülmesinin de mümkün olabileceği konusunda fikir vermektedir. Ancak, bu mekanizmanın tam olarak açığa kavuşturulması için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

Anahtar kelime: *T. molitor*, elma kabuğu, antioksidan aktivite

EXAMINATION THE ANTIOXIDANT ACTIVITY OF TENEBRIO MOLITOR LARVAE FED WITH APPLE PEEL

ABSTRACT

As a result of scarcity of agricultural land and water resources, rapidly increasing world population and climate change, the interest in sustainable food is increasing day by day. For this reason, edible insects as a sustainable protein source are gaining more importance day by day. *Tenebrio molitor*, one of the edible insects, provides great economic benefits in terms of having a similar protein amount to traditional protein varieties and requiring less agricultural land and water resources. Differences can be seen in the body composition of *T. molitor* larvae according to the applied diet. A large amount of waste is generated in the food industry, and a significant portion of these wastes are vegetables and fruits. Disposal of food waste into the environment causes both loss of bioactive components and environmental pollution due to its high biological activity. In the light of all this information, the aim of this thesis is to examine the change in antioxidant activity and chemical composition of *T. molitor* larvae fed on medium enriched with apple peels. For this purpose, 50 larvae were added to the corn flour and apple peel medium prepared in different ratios (1:1, 1:2, 1:4) and incubated for 12 days. Corn flour was used as a reference medium (EA). At the end of the 0th, 4th, 8th and 12th days from each medium, larvae were collected and weight gain, survival rate and volume were measured. In order to determine the antioxidant activity, DPPH and CUPRAC analyzes were performed, and TPC and TFC analyzes were also examined. The change in the phenolic profile of larvae and substrate was analyzed by HPLC. According to the results, it was seen that 1:1 apple peel and corn flour (EB) ratio had the highest weight gain, survival rate and volume.

According to the chemical composition of larvae fed on both EA and EB media, an increase was observed in the amount of protein and ash, while a decrease in the amount of lipid was found. While the amount of TPC did not statistically change in

larvae fed on EB medium, the amount of TPC in EB medium after larval fermentation was found to be statistically higher on the 8th day compared to the initial. A similar trend was detected in DPPH and CUPRAC antioxidant activity of EB medium after larval fermentation. While there is a positive correlation of 77.5% between TPC and DPPH results, there is a positive correlation of 71.0% between TPC and CUPRAC. TFC results of larvae fed on EA and EB medium did not show a statistical difference during fermentation. According to the results of HPLC, gallic and cinnamic acid were initially detected in *T. molitor* larvae. There was no statistically significant change in the phenolic profile of larvae fed on EB medium during fermentation.

As a conclusion, it was found that the growth performance of the larvae fed on the medium enriched with apple peel improved and had higher protein and lower fat content. While no positive change was detected in the antioxidant activity of the larvae, after larval fermentation the amount of TPC increased in EB medium. These results suggested that it is possible to convert the wastes into high value-added products by means of larvae. However, further researches are required to fully understand this conversion mechanism.

Keyword: *T. molitor*, apple peel, antioxidant activity

İÇİNDEKİLER

ONUR SÖZÜ	i
ÖNSÖZ.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	x
KISALTMALAR LİSTESİ	xi
I. GİRİŞ.....	1
II. GENEL BİLGİLER	3
A. Yenilebilir Böcekler.....	3
1. Antropoentomofaji Tarihi	3
2. Yem Sanayinde Entomofaji.....	4
3. Yenilebilir Böceklerin Sağlık Açısından Riskleri	5
4. Yenilebilir Böceklerin Besin İçerikleri.....	6
B. <i>Tenebrio Molitor</i>	7
1. <i>T. Molitor</i> 'un Biyolojik Sınıflandırılması ve İsimlendirilmesi	7
2. <i>T. Molitor</i> 'un Yaşam Döngüsü	2
3. <i>T. Molitor</i> 'un Besin İçeriği	3
C. Gıda Atığı Olarak Elma Kabuğu.....	10
1. Fenolik Bileşenler	11
2. Elmada Bulunan Fenolik Bileşenler	11
D. Hipotez.....	13
III. MATERYAL VE YÖNTEM	17
A. Materyal	17
B. Yöntem.....	17
1. Atıkların Hazırlanması.....	17

2. Besiyerlerinin Hazırlanması	18
3. Larva Ağırlık Kazanımı ve Hacim Ölçümü.....	18
4. Kimyasal Kompozisyon Analizleri.....	18
5. Fenolik Madde Ekstraksiyonu	19
6. Toplam Fenolik Madde (TPC) Miktarının Belirlenmesi	20
7. Toplam Flavonoid Madde (TFC) Tayini	20
8. Antioksidan Aktivitenin Belirlenmesi	21
9. HPLC Analizi ile Fenolik Madde Profilinin Tespiti.....	21
10. İstatistiksel Analiz	22
IV. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	23
A. Larvaların Ağırlık Kazanımı ve Hacimlerinin Belirlenmesi	23
B. Kimyasal Kompozisyon.....	25
C. Fenolik Bileşik Analizi	30
1. Toplam Fenolik Madde Miktarı (TPC).....	30
2. Toplam Flavonoid Madde Miktarı (TFC).....	32
D. HPLC ile Fenolik Profil Analizi	33
E. Antioksidan Aktivite Analizi	36
1. DPPH (2,2-difenil-1- pikrilhidrazil) Analizi	36
2. CUPRAC (Bakır İndirgeyici Antioksidan Kapasitesi) Analizi	38
V. SONUÇ VE ÖNERİLER	40
VI. KAYNAKLAR	42
ÖZGEÇMİŞ.....	52

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 T. molitor'un metamorfoz evreleri.	3
Şekil 2 Larvaların görüntüsü.....	25
Şekil 3 EA (a) ve EB (b) besiyerinde beslenen larvaların kimyasal kompozisyonları.	26
Şekil 4 EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların TPC miktarlarındaki değişim.....	31
Şekil 5 Larval fermentasyon sonrası EA ve EB besiyerlerinin TPC miktarlarındaki değişim.	31
Şekil 6 EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların TFC miktarlarındaki değişim.....	32
Şekil 7 Larval fermentasyon sonrası EA ve EB besiyerlerinin TFC miktarlarındaki değişim.	33
Şekil 8 Başlangıç larvaların (A) ve 12 gün EB besiyerinde beslenen larvaların (B) 280 nm'deki HPLC kromatogramları	34
Şekil 9 EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların DPPH aktivitesinde meydana gelen değişim.	37
Şekil 10 Larval fermentasyon sonrası EA ve EB besiyerinin DPPH aktivitesinde meydana gelen değişim.	38
Şekil 11 EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların CUPRAC aktivitesindeki değişim.	39
Şekil 12 Larval fermentasyon sonrası EA ve EB besiyerinin CUPRAC aktivitesindeki değişim.	39

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 1 Yenilebilir böceklerin bazı makro ve mikro besin içerikleri.	7
Çizelge 2 Tenebrio Molitorun Biyolojik Sınıflandırılması.....	2
Çizelge 3 T. molitor'un yaşam döngüsüne göre besin madde kompozisyonu	10
Çizelge 4 Bazı elma çeşitlerinin toplam fenolik madde miktarları.....	12
Çizelge 5 EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların ağırlık kazanımları	24
Çizelge 6 EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların hacim değerleri.....	24
Çizelge 7 EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların lipit içeriğindeki değişimler ...	26
Çizelge 8 EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların protein içeriğindeki değişimler	27
Çizelge 9 EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların kül içeriğindeki değişimler	28
Çizelge 10 EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların karbonhidrat içeriğinde meydana gelen değişim	29
Çizelge 11 EA besiyerinde beslenen larvaların fermentasyon süresince fenolik profilindeki değişim	35
Çizelge 12 EB besiyerinde beslenen larvaların fermentasyon süresince fenolik profilindeki değişim	35
Çizelge 13 Larval fermentasyon sonrası EB besiyerinin fenolik profilindeki değişim	36

KISALTMALAR LİSTESİ

ANOVA	: Varyasyon Analizi
CE	: Kateşin Eşdeğeri
CUPRAC	: Bakır İndirgeyici Antioksidan Kapasitesi
DPPH	: 2,2-difenil-1- pikrilhidrazil
GAE	: Gallik Asit Eşdeğeri
HPLC	: Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
TE	: Trolox Eşdeğeri
TFC	: Toplam Flavonoid Madde Miktarı
TPC	: Toplam Fenolik Madde Miktarı
EFSA	: Avrupa Gıda Güvenliği Otorite

I. GİRİŞ

Dünya nüfusunun önümüzdeki 30 yıl içerisinde 10 milyara ulaşacağı düşünülmekte olup, besin ihtiyaçlarına olan talebin de orantılı olarak artması beklenmektedir. Artan besin ihtiyaçlarını karşılayabilmek adına tarım arazisi ve su kaynaklarına olan talebin artması zaten giderek azalmakta olan bu kısıtlı kaynakların tükenme riskini ortaya çıkarmaktadır. Bu doğrultuda sürdürülebilir uygulamalar ile su, tarım ve enerji kaynaklarını koruyarak daha az kaynak kullanımıyla üretilen besinlere olan ilgi artmaktadır (Ojha vd., 2021; Waterhouse vd., 2016).

Sürdürülebilir besin kaynaklarına ulaşımın zorlaşması gelecekteki küresel sıkıntılar arasında olup var olan geleneksel protein kaynaklarına alternatif olarak sürdürülebilir protein kaynaklarının üretimi, öngörülen küresel sıkıntı için çözüm niteliği taşımaktadır (Castro vd., 2018). Birleşmiş Milletler (BM), yenilebilir böceklerin kullanımının dünyada oluşabilecek gıda talebi konusundaki sıkıntılara karşı umut vaat ettiğini belirtmektedir (Dobermann, Swift ve Field, 2017).

Besin ihtiyaçlarından özellikle hayvansal protein üretimi için kullanılan tarım arazilerine ve su kaynaklarına olan ihtiyacın fazla olması, daha verimli ve daha az kaynak kullanımı sebebiyle yenilebilir böceklerin tüketimi Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) tarafından kabul görmektedir (Lange ve Nakamura, 2021). Yenilebilir böceklerin tüketimi ile insan fizyolojisi için gerekli olan besin ihtiyaçlarını karşılanabileceği gibi çevreye ve ekonomiye sağlayacağı katkı ile gelecek için umut vaadeden ekonomik bir kaynak konumundadır (Lange ve Nakamura, 2021). Yapılan bir araştırmada 2050'de yaklaşık 9 milyar insanın hayvansal protein ihtiyacının yenilebilir böcekler ile karşılanabileceği bildirilmiştir (Waterhouse vd., 2016).

Literatür incelendiğinde *T. molitor* larvaları çeşitli sebze atıkları ile beslenmiş, sonucunda büyüme performansı, canlılık oranı ve kimyasal kompozisyonlarında iyileşme ortaya konmuştur (Rocha vd., 2021; Tan vd., 2018).

Dünya’da en çok üretilen meyveler arasında üçüncü sırada olan elma; jöle, meyve suyu ve reçel gibi ürünler için işlenmektedir. Bu işlemlerin sonucunda ise kullanılan elmanın yaklaşık %30’u kabuk şeklinde gıda atığı olmaktadır. Biyolojik olarak parçalanıp biyorafineriye katkı sağlayabilecek olan bu ürünün katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülmesi önem arz etmektedir. Değerli fenolik antioksidan maddelerin bulunduğu elma kabuğunun çevreye ve ekonomiye geri kazandırılarak küresel çapta fayda sağlanabileceği düşünülmektedir (Gulsunoglu vd., 2020; Henríquez vd., 2014).

Tüm bu bilgilerin ışığında yapılan bu tez çalışmasında EFSA’nin ilk yenilebilir böcek olarak kabul ettiği *Tenebrio molitor* larvaları elma kabuğu ile zenginleştirilmiş mısır unu ile besleyerek yüksek antioksidan aktiviteye sahip, iyi bir protein kaynağı haline getirip ekonomiye katkı sağlanması amaçlanmaktadır.

II. GENEL BİLGİLER

A.Yenilebilir Böcekler

Yenilebilir böceklerin birçok çeşidi bulunmakta olup bunlardan bazıları; Karınca, Kavun böceği, Cırcır böceği, Çekirge, Süne, Palmiye biti böceği, Yemek kurdu, Kara asker sineği, İpek böcekleri, Shea ağacı tırtılıdır. Toplam canlı hayvan kütlelerinin %95'ini oluşturan böcekler hayvanlar alemi için büyük çeşitlilik oluşturmaktadır (Castro vd., 2018). Yenilebilir böceklerin yaşam alanlarının %88'i karasal ekosistemlerken %12'si sucul ekosistemlerdir (Yen, 2015). Protein, lipid ve çeşitli inorganik maddelere sahip olan bu böcekler besin kaynağı olarak kullanılmaktadır (Anvo vd., 2016;Huis ,Itterbeeck, Klunder, 2013).

Geleneksel hayvansal protein üretimi; hava ve su kirliliği, tarım arazilerinin bozulması, küresel ısınma ve biyolojik çeşitlilik kaybı gibi çevreye zarar verici etkilere sahip olup gelecek için endişe uyandırmaktadır. Bu endişenin doğrultusunda, birçok ülkede besin kaynağı olarak kullanılan EFSA'nın da onayladığı yenilebilir böcekler konusu beslenme ve ekonomi için önemli hale gelmektedir. Geleneksel yetiştiricilikle karşılaştırıldığında, daha az araziye ihtiyaç duyulması, daha az su kaynağı kullanımı ve çevreye zarar veren sera gazının daha az salınımı, yenilebilir böceklerin sürdürülebilir bir kaynak yolunda ilerlemesi için önemli sebepler arasında yer almaktadır (Broekhoven vd., 2015).

1.Antropoentomofaji Tarihi

Antropoentomofaji olarak da tanımlayabileceğimiz insanların böcekleri besin kaynağı olarak tüketmesi uzun yıllara dayanan bir beslenme şekli olarak bilinmektedir. Antropoentomofajik eylemin; Avustralya, Çin, Botswana Amerika Birleşik Devletleri, Japonya, Kolombiya Venezuela, Mali, Kanada, Peru ve daha birçok ülkede gerçekleştirildiği bilinmektedir (Elorduy,Moreno ve Camacho, 2009). Dünya çapında bakıldığında Orta ve Güney Amerika, Avustralya ve Asya 'da 3000 etnik grup ve 113 ülkede insanların tükettiği bilinen yaklaşık 1500-2000 böcek türü olduğu ve bu

yenilebilir böceklerin tüketiminin Avrupa ve Kuzey Amerika'da önemli oranda az olduğu bilinmektedir (Nowak vd., 2016; Waterhouse vd., 2016). Özellikle ekonomik açıdan geri kalmış ülkelerde beslenme zorluğu ve gelişim geriliğini ekonomik yollarla engelleyebilmek adına yenilebilir böcekler önemli besin kaynağı olarak görülmektedir (Muslu, 2020).

Federal Gıda, İlaç ve Kozmetik Yasasına göre insanlar veya hayvanlar için besin kaynağı oluşturmak üzere üretilen yenilebilir böcekler, standartlaştırılmış aşamalara tabii tutulmaktadır. Bu doğrultuda, yenilebilir böceklerin hijyenik koşullar altında üretilmesi, paketlenmesi, depolanması ve hizmete sunulması gerekmektedir. Ayrıca, etiketleme de standartlara uygun bir şekilde yapılmalıdır (Castro vd., 2018).

Böcekler yaşam döngülerindeki evrelere bağlı olarak kızartılmış, haşlanmış, çiğ, kavrulmuş veya öğütülmüş olarak tüketilebilir. Farklı bölgelerin yenilebilir böcekleri, gelişim evrelerinin farklı aşamalarında tüketilebilmektedir. Genel olarak tüm kelebekler ve güveler (*Lepidoptera*), tırtıl olarak bilinen larva aşamasında tüketilir. *Hymenopteran* takımına ait böcekler büyük ölçüde larva veya pupa evrelerinde kullanılır. *Coleoptera* takımından böcekler hem ergin böcek hem de larva olarak tüketilirken *Orthoptera*, *Homoptera*, *Isoptera* ve *Hemiptera* takımına ait böcekler daha çok ergin dönemlerinde tüketilmektedir (Govorushko, 2019).

Batılı ülkelerde böceklerin besin kaynağı olarak kullanımının az olması, korku ve iğrenme gibi düşünceler sebebiyle ortaya çıkmaktadır. Entomofaji alanı ile ilgilenen kişiler ilkel halk olarak tanımlanmıştır. Ancak günümüzde sürdürülebilir besin talebinin artması ve çeşitli kuruluşlar tarafından yenilebilir böceklerin onaylanması ile birlikte bu görüşler azalmakta entomofajiye olan ilgi giderek artmaktadır (Dobermann vd., 2017).

2. Yem Sanayinde Entomofaji

Yenilebilir böceklerin besin değerleri oldukça yüksektir ve klasik olarak yem sanayinde kullanılan balık, soya fasulyesi vb. gibi bileşenlere karşı başarıyla ikame edilebilmektedirler. *Hermetia illucens* (kara asker sineği), *Tenebrio molitor* (sarı yemek kurdu), *Musca domestica* (karasinek larvaları) ve *Bombyx mori* (ipekböcekleri) yem sanayinde üretim için kullanılan başlıca türler arasındadır (Broekhoven vd., 2015).

Protein, insanlarda olduğu gibi hayvanlarda da önemli fizyolojik ihtiyaçların karşılanması için gereklidir. Bu nedenle; ucuz olması, kolay yetiştirilmesi, protein içeriğinin yüksek olması, elzem aminoasitleri barındırması ve biyoyararlılığının yüksek olması gibi sebeplerle yenilebilir böceklerin yem sanayinde kullanımı oldukça fazladır (Rumpold ve Schlüter, 2013). Özellikle 1970'li yıllara dayanan kanatlı hayvanların beslenmesinde yenilebilir böceklerin kullanımı potansiyel bir yem kaynağı olduğunu göstermektedir. Kısıtlı bilgi olsa da özellikle un kurtlarının kanatlı hayvan yeminde kullanımı ön plana  çıkmaktadır. Protein kalitesinin diğer bitkisel protein kaynaklı yemlere oranla yüksek oluşu protein ihtiyacının karşılanabileceğini göstermektedir (alışlar, 2017; Wang vd., 2005).

Yapılan bir çalışmada balık unu ile un kurtlarının tavukların yumurta verimine etkisine bakılmış, un kutlarının dahil edildiği yem ile beslenen tavuklarda %2-4 oranında verimin arttığı gösterilmiştir (alışlar, 2017). Mlcek ve diğerleri, (2014) diğer kaynaklara göre böceklerin yüksek yem dönüşüm oranına sahip olduğunu belirtmişlerdir. Yüksek yem dönüşümüne sahip olan yenilebilir böceklerin yem sanyisindeki protein talebini karşılayacağı düşünülmektedir.

3.Yenilebilir Böceklerin Sağlık Açısından Riskleri

Bu konu açısından kısıtlı çalışmanın mevcut olmasıyla beraber yapılmış çalışmalar, yenilebilir böceklerin yaşam alanına bağlı olarak çeşitli mikroorganizma, ilaç kalıntısı, ağır metal ve alerjen riski taşıyabileceğini bildirmektedir. Kabuklu deniz ürünlerinde olduğu gibi hassas bünyeye sahip bireylerde yenilebilir böcekler, alerjenik etki gösterebilmektedir (Muslu, 2020).

Yapılmış bir çalışmada yenilebilir böceklerde bulunan bazı bakterilerin sadece kavurarak ortadan kaldırılamadığı ve öncesinde mutlaka birkaç dakika kaynatılması gerektiğini belirtmişlerdir. Isıl işlemin fayda göstermediği durumlar için asitlendirme yöntemi denenmiş ve umut verici olduğu bildirilmiştir. Tüm bu risklerin bertaraf edilebilmesi için ısıl işlem ve depolama aşamalarının özenle yapılması gerekmektedir (Klunder vd., 2012).

4. Yenilebilir Böceklerin Besin İçerikleri

Yenilebilir böcekler, makro ve mikro besin içeriği ile fizyolojik ihtiyaçları karşılayabilecek potansiyelde bir besin kaynağıdır. Böcekler aminoasit ve yağ asiti profili bakımından zengin olup bakır, manganez, demir, magnezyum, fosfor, çinko ve selenyum mineralleri ile B grubu vitaminleri gibi çeşitli mikro besin öğelerini de içermektedir. Yenilebilir böceklerin makro ve mikro besin içerikleri böceğin türüne ve beslendiği ortama bağlı olarak değişkenlik gösterebildiği gibi çevre ve gelişim evrelerine bağlı olarak da değişkenlik gösterebilmektedir (Finke ve Oonincx, 2014; Lange ve Nakamura, 2021). Hayvansal protein kaynağı olan böceklerin protein miktarı özellikle böceğin beslenme şekline ve metamorfoz evresine bağlıdır. Böcekler genellikle bitkisel ve hayvansal kaynaklı birçok üründen daha yüksek protein içeriğine sahip olup yaklaşık olarak kuru ağırlıklarının %50-80'ine kadar protein içerebilmektedirler. Geleneksel hayvansal protein kaynaklarından 100 gr domuz ve sığır etinin kuru ağırlığında bulunan protein miktarı ile benzer aralıktadır. Bazı yenilebilir böcek çeşitlerinin protein miktarı; *Ephemeroptera* larvasının %26, *Odonata* larvasının %40-65, *Homoptera* larva ve yumurtalarının %40-57, *Hemiptera* böceğinin %42-73, *Coleoptera* larvasının %23-66 ve *Lepidoptera* böceğinin %20-70'dir (Lange ve Nakamura, 2021).

Lipitler yenilebilir böceklerde bulunan makro besin öğelerinin genellikle ikinci en büyük kısmını oluştururlar (Waterhouse vd., 2016). Böceklerde bulunan lipit türleri ve miktarları; diyete, böcek türüne ve metamorfik evresine bağlı olup miktarı %2-62 arasında değişmektedir (Williams vd., 2016). Yenilebilir böcekler doymamış yağ asitleri bakımından zengindir. Bu yönüyle insan sağlığına katkıda bulunabilirler. Böcek türüne bağlı olmakla birlikte, toplam yağ asitlerinin genellikle %75'i doymamış yağ asitlerinden oluşmaktadır. Bu özelliği ile geleneksel hayvansal kaynaklardan olan sığır ve domuzdan ayrılmaktadır. Yenilebilir böcekler; triaçilgliseroller, fosfolipidler, steroller, glikolipitler gibi çeşitli lipit türlerinden oluşur. Hücre zarı yapısına katılan, D vitamini, steroid hormonları ve safra tuzları için bir öncü görevine sahip olan kolesterol yenilebilir böceklerde bulunan en önemli sterol türevleridir. Hücre zarı yapısında rolü olan ikinci en önemli lipit çeşidi ise fosfolipitlerdir (Lange ve Nakamura, 2021; Sosa vd., 2014).

Çizelge 1 Yenilebilir böceklerin bazı makro ve mikro besin içerikleri.

Böcek	Protein (%)	Lipit (%)	Diğer nütrientler	Referans
Yemek kurdu	47-64	31-43	Zn, Fe, Cu, Mn, K, P, Vit B12; retinol ve β -karoten (Vit A)	(Finke, 2002)
Süne	33-36	50-63	K, Ca, Na, Mg, Fe, apeginin, kersitin, luteolin	(Musundire vd., 2016)
Dokumacı karınca	26-48,5	10-25	Mg, Na, Zn, Ca, Fe, B1, B2, B3 vitamini; Lif	(Huis vd., 2013)
Mopan tırtılı	48-80	16-20	Fe, Ca, Zn, K, P, Mg	(Van Huis vd., 2013)
Çekirge	57-69	3-67	Zn, Fe, Mn, Cu, Ca, lif	(Alegbeleye vd., 2012)
Siyah asker sineği	40-44	15-49	Mn, Zn, Ca, P; %7 Ham lif	(Hilaire vd., 2007)

B. Tenebrio Molitor

1. *T. Molitor*'un Biyolojik Sınıflandırılması ve İsimlendirilmesi

Insecta sınıfından olup 14.000'den fazla türü bilinen *Coleoptera* takımının en büyük beşinci familyası olan *Tenebrionidae* ailesinde bulunan *T. molitor*, küresel çapta yetiştiriciliği yapılan “karanlık böcekler” olarak bilinen yenilebilir bir böcek türüdür. *T. molitor*'un biyolojik sınıflandırması Çizelge 2'de verilmiştir (Gkinali vd., 2022; Kutluay, 2021).

T. molitor'un, “yemek kurdu” veya “sarı yemek kurdu” (*T. molitor* Linnaeus) veya “un kurdu” (*Ténébrion meunier*) olarak tanımlanmış bilimsel olarak kullanılan farklı isimleri mevcuttur (Turck vd., 2021).

Çizelge 2 *Tenebrio Molitor*un Biyolojik Sınıflandırılması (Kutluay, 2021).

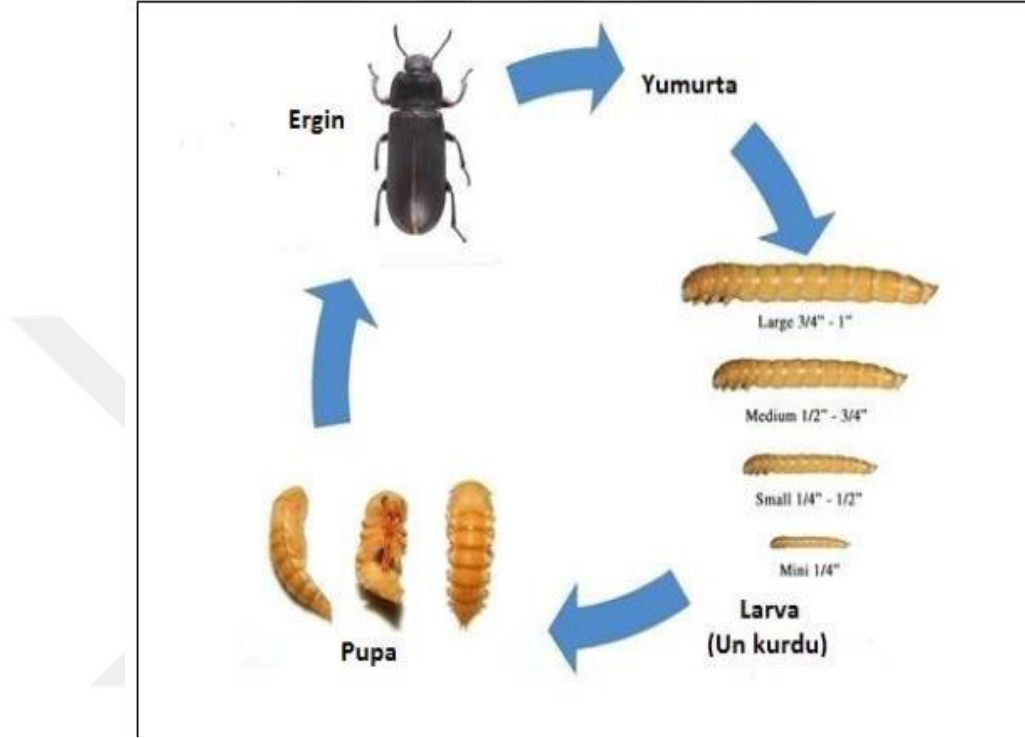
Alem	<i>Animalia</i>
Şube	<i>Arthropoda</i>
Altşube	<i>Hexapoda</i>
Sınıf	<i>Insecta</i>
Takım	<i>Coleoptera</i>
Alttakım	<i>Polyphaga</i>
Üst aile	<i>Tenebrionoidea</i>
Aile	<i>Tenebrionidae</i>
Altaile	<i>Tenebrioninae</i>
Oymak	<i>Tenebrionini</i>
Cins	<i>Tenebrio</i>
Tür	<i>T. molitor</i>

2. *T. Molitor*'un Yaşam Döngüsü

T. molitor, dört aşamalı yaşam döngüsüne sahip olup tam metamorfoz geçirmektedir. Yaşam döngüsünü 280-630 günde tamamlayan *T. molitor*; yumurta, larva, pupa ve ergin olarak dört evre geçirmektedir. (Çalışlar, 2017; Işık ve Kırkpınar, 2016).

Sıcaklık önemli bir etken olmakla beraber dışının döllenmiş yumurtayı bırakması ile ilk evre başlamaktadır. Yumurtalar yaklaşık olarak 1,7-1,8 mm uzunluğunda ve 0,6-0,7 mm genişliğinde beyaz, parlak ve fasulye şeklindedir ve yapışkan bir mukus şeklinde olup teker teker veya kümeler halinde bulunabilmektedir. 4-12 gün süren yaşam döngüsünün ilk evresi olan yumurta evresinden ikinci evre olan larva evresine geçilmektedir. Yumurtadan yeni çıkmış olan larvalar küçük ve beyaz renkte olup zaman içerisinde sarı renge dönerek kitinden oluşan sert bir iskelete sahip olmaktadır. Bu olgunlaşma süresi 3-4 ayı bulabilmektedir. Larvalar, yaklaşık olarak 25 mm uzunluğa ve 0,2 g ağırlığa ve silindirik yapıya ulaştığında tam olarak karakterize edilebilmektedir Üçüncü evre olan pupa evresi 8-9 gün sürmekte olup sarı

renkte, 1 cm uzunluğundadır. Pupaların ağız ve anüsleri olmadığı için beslenmezler. Pupa evresinden sonra üreme yeteneği kazandığı son evre olan ergin döneme geçiş yaparak metamorfozu tamamlamaktadır. Sıcaklık değişimlerine dayanıklı olan *T. molitor*'un 20-30°C aralığında optimum büyümesi sağlanabilmektedir (Çalışlar, 2017; Gkinali vd., 2022; Spang, 2013).



Şekil 1 *T. molitor*'un metamorfoz evreleri(Sabırlı, 2019).

3. *T. Molitor*'un Besin İçeriği

Beslenme şekli omnivor olan *T. molitor* genellikle depolanmış tahıllar ile beslenmekte ve bu sebeple depo zararlısı olarak da bilinmektedir. Bazı toplumlarda zararlı olarak görülse de besin içeriğinin zenginliği nedeniyle çoğu ülkede kızartılmış veya haşlanmış şekilde tüketilebilen ve ekonomik geliri düşük ülkelerde insanların beslenme ihtiyaçlarını karşılayan en önemli yenilebilir böceklerden biridir. Beslendiği diyet kompozisyonu *T. molitor*'un besin bileşimi için önemlidir. Beslendiği diyete ek olarak böceğin besin bileşimi aynı zamanda yaşamsal evresine göre de değişiklik gösterebilmektedir. Çizelge 3'te yaşam döngüsüne göre besin madde kompozisyonları gösterilmiştir (Elorduy vd., 2002; Tang vd., 2018). *T. molitor*, yüksek protein ve lipit içeriğine sahip oluşu nedeniyle uygun bir gıda olarak kabul edilmektedir (Efsa, 2015).

Çizelge 3 *T. molitor*'un yaşam döngüsüne göre besin madde kompozisyonu (Elorduy vd., 2002).

	Larva evresi (g/100g km)	Pupa evresi (g/100g km)	Ergin evre (g/100g km)
Yağ	37,7± 2,4	36,7± 1,8	20,8± 1,3
Protein	47,7±1,3	53,1± 0,5	60,2± 1,8
Mineral	3,0± 0,3	3,2± 0,0	2,7± 0,5
Selüloz	5,0± 0,5	5,1± 1,6	16,3± 2,1

Yapılan bir çalışmada *T. molitor* larvalarının, % 44-69 protein ile % 23-47 yağ oranına sahip olduğu gösterilmiştir (Veldkamp vd., 2012). Başka bir çalışmada ise %52,35 protein, %24,7 yağ oranı tespit edilmiştir (Zielińska vd., 2015). Sabuncuoğlu ve diğerlerinin, (2018) yaptıkları araştırmada ise %55,4 protein, %28,93 yağ ve %7,59 karbonhidrat içeriğine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Başka bir araştırmada ise % 53,22 protein, %34,54 yağ ve %6,26 karbonhidrat olarak *T. molitor*'un besin bileşenlerini incelemişlerdir (Ghosh vd., 2017;Sosa vd., 2014). *T. molitor*, diğer yenilebilir böceklerde olduğu gibi makro ve mikro nütrientlerin yanı sıra alkaloidler, flavonoidler, terpenoidler ve fenoller gibi biyoaktif maddeler de içermektedir (Adámková vd., 2020).

C. Gıda Atığı Olarak Elma Kabuğu

İnsan sağlığı ve beslenmesi üzerine olan olumlu etkilerinden dolayı meyve ve sebze kullanımı Dünya çapında hızla artmaktadır. Meyve ve sebzelerin içinde barındırdığı polifenoller, flavonoidler, vitamin ve mineraller gibi değerli fitokimyasal maddelerin katkısıyla hastalıkların önlenmesi ve tedavisinde etkilerinin olduğu bilinmektedir. Bu yararlı etkisi sebebiyle meyve ve sebzelerin kullanımının artması, ve bunların endüstride ürüne işlenmesi ile birlikte kabuk, tohum, küspe gibi yan ürün miktarları da artış göstermektedir (Carranza vd., 2016;Velasco ve Beltrán, 2014).

Elma, dünya genelinde en çok tüketilen meyvelerden biridir. Çeşitli vitamin, biyoaktif bileşen, yüksek lif içermekte ve kalori olarak orta seviyede enerji

vermektedir (Feliciano vd., 2010). Taze olarak tüketilmesinin yanısıra, meyve suyu, reçel, jöle, şarap ve kurutulmuş olarak da tüketilmektedir. Elmanın farklı ürünlere işlenmesi ile kabuk, posa gibi yan ürünleri ortaya çıkmaktadır. Yan ürünler, elmanın yaklaşık %30'unu oluşturmaktadır. Bu oranın büyüklüğü ve içerdiği biyoaktif bileşenler sebebiyle, atıkların değerlendirilmesi hem biyolojik açıdan parçalanabilirliğinin yüksek olması sebebiyle çevre kirliliğini engellemek, hem de katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülmesi ile ekonomiye katkı sağlaması açısından önem arz etmektedir (Gulsunoglu vd., 2020).

1. Fenolik Bileşenler

Biyoaktif bileşiklerin en önemli sınıfını oluşturan fenolik bileşiklerin, önemli derece yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğu bilinmektedir (Li, Du ve Ma, 2011). Polifenoller olarak da bilinen bileşikler, bitkisel kaynakların genellikle tüm kısımlarında bulunmaktadır. Kimyasal yapılarında hidroksil (OH) grubu veya grupları ile aromatik halkalar bulunmaktadır (Demircan, 2016). Fenolik bileşikler, kimyasal yapılarında içerdikleri hidroksil gruplarının pozisyonuna ve sayısına göre sınıflandırılmaktadır. Flavonoller, flavanoller, flavonlar, flavanonlar, hidroksisinnamik asitler, kalkonlar, benzoik asitler, antosiyaninler, dihidrokalkonlar ve dihidroflavonoller gibi alt gruplara ayrılmaktadır (Chen vd., 2012).

Yapılan çalışmalarda fenolik bileşiklerin; diyabet, kardiyovasküler, nörodejeneratif, osteoporoz veya kanser gibi hastalıkların önlenmesinde yardımcı olabileceği bildirilmiştir (Scalbert vd., 2005). Fenolik bileşiklerin miktarı ve biyolojik aktivitesi gıdanın işlenmesine göre değişkenlik gösterebilmekte olup gıda işleme aşamalarında kayba uğrayabilir veya var olan gastrik asit ve enzimlerden etkilenebilir. Tüm bunların sonucunda prevantif yani hastalıklara karşı koruyucu etkisini yitirebilmektedir (Demircan, 2016).

2. Elmada Bulunan Fenolik Bileşenler

Elma dört mevsim satışa sunulan ve insan sağlığına katkıları sebebiyle yaklaşık 3 milyon ton olmak üzere çok fazla tüketilen bir meyve çeşididir. Önemli fenolik madde kaynağı olan elmalar, kırmızı-mor meyvelerden sonra gelen en önemli antioksidan kapasiteye sahip meyvelerdendir (Massias vd., 2015; Serra vd., 2012).

Elmanın yapısında; hidroksisinnamik asitler, flavan-3-ol'ler, dihidrokalkonlar ve flavonoller olmak üzere dört fenolik grup bulunmakta olup, 60'dan fazla fenolik bileşen içerdiği bilinmektedir. Hidroksisinnamik asit grubundan en fazla rastlanan klorojenik asit, dihidrokalkon grubundan floridzin, flavan-3-ol grubundan kateşinler ve prosiyanidinler, flavonoller grubundan kuersetin ve kuersetin glikozitleri elmanın içeriğinde olduğu bilinen fenolik bileşiklerdir (Demircan, 2016). Bu fenolik maddelerin dağılımı mevsim, meyvenin olgunluğu, ışığa maruziyet süresi, depolama ve işleme gibi faktörler ile önemli oranda değişmektedir (Feliciano vd., 2010).

Elmanın kısımlarına bakıldığında kabuk kısmı diğer kısımlarına oranla daha fazla biyoaktif bileşen içermektedir (Leccese, Bartolini ve Viti, 2009). Elmanın kabuk kısmında en yaygın olarak bulunan bileşikler; epikateşin, kateşin, klorojenik asit, floridzin ve kuersetindir (Karaman vd., 2013). Yapılan çalışmalarda elma kabuğunda; kuersetin, floridzin ve klorojenik asit gibi fenolik bileşiklerin iç kısımlarına oranla daha fazla bulunduğu belirtilmiştir (Massias vd., 2015). Farklı elma çeşitlerinin fenolik madde miktarları Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4 Bazı elma çeşitlerinin toplam fenolik madde miktarları

Elma Çeşidi	Fenolik madde miktarı	Kaynak
Braeburn	3212 ± 146 mg KE/kg (kabuk)	(Imeh ve Khokhar, 2002)
Idared	588.9 ± 83.2 mg GAE/100 g (kabuk)	(Wolfe, Wu ve Liu, 2003)
Gala	309 ± 5 mg GAE/100 g (kabuk)	(Imeh ve Khokhar, 2002)
Red Delicious	1845 ± 4 mg KE/kg (kabuk)	(Wolfe vd., 2003)
Rome Beauty	500.2 ± 13.7 mg GAE/100 g (kabuk)	(Karadeniz ve Ekşi, 2001)
Starking	1333 ± 3.5 KE mg/kg (toplam)	(Karadeniz ve Ekşi, 2001)
Amasya	1078±38.9 KE mg/kg (toplam)	(Karadeniz ve Ekşi, 2001)

Elmanın kabuk kısmı, yenilebilir kısımlarından daha fazla antioksidan kapasiteye sahiptir. İçerdiği fenolik bileşikler, inflamasyon ve oksidatif hasar gibi birçok hastalığın temelinde rol oynayan olayları önlemekte büyük önem taşımaktadır (Denis vd., 2013). Tüm bu faydalı etkilerinden, gerek elmanın işlenmesi sırasında gıda atığı olarak atılması gerekse gıda tarım ilaçlarının oluşturduğu risk korkusu ile insanların soyarak tüketmesi ile mahrum kalınmaktadır (Erdoğan ve Demirci, 2014).

Meyvelerin biyoaktif bileşen miktarları meyvenin çeşidine ve olgunlaşma süresine bağlı olarak değişmektedir (Erdoğan ve Demirci, 2014).

D. Hipotez

Bu tez çalışmasında, elma kabuğu ile zenginleştirilmiş besiyerinde beslenen *T. molitor* larvalarının antioksidan aktivitelerinde ve fenolik profillerinde meydana gelen değişimin incelenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, larvaların kimyasal kompozisyonunda meydana gelen değişimler ve yaşamsal faaliyetleri de incelenmiştir. Çalışmanın hipotezleri aşağıda verilmiştir.

H₀: Elma kabuğu ilave edilmiş besiyerinde beslenen larvaların antioksidan aktivitesi değişmemiştir.

H₁: Elma kabuğu ilave edilmiş besiyerinde beslenen larvaların antioksidan aktivitesi artmıştır.

III. MATERYAL VE YÖNTEM

A. Materyal

Bu tez çalışması, İstanbul Aydın Üniversitesi Araştırma Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, Mira Canlı Hayvan ve Böcek Turizm İnşaat Tarım Sanayi Co. (Antalya, Türkiye)'den temin edilen *Tenebrio molitor* larvaları ile yerel marketlerden temin edilen Starking çeşidine ait olan elma kabukları ve mısır unu kullanılmıştır.

Bu tez çalışmasında kullanılan kimyasallar; metanol (HPLC-grade), etanol, formik asit, CuCl_2 , neocuproine, amonyum asetat, Na_2CO_3 , formik asit, HCl, K_2SO_4 , $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, NaOH, borik asit, Folin-Ciocalteu, gallik asit, NaNO_2 , AlCl_3 , petrol eteri analitik saflıkta Merck İlaç Ecza ve Kimya Tic. A.Ş.'den temin edilmiştir.

B. Yöntem

1. Atıkların Hazırlanması

Starking çeşidine ait yerel marketlerden temin edilen elmalar öncelikle yıkanmış ve daha sonra soyulmuştur. Soyulan elma kabukları -20°C 'de dondurulmuştur. Dondurulan elma kabukları liyofilizatör kullanılarak kurutulmuştur. Liyofilizatörde (Teknosem, İstanbul, Türkiye) kurutma, 24 saat süre ile 0,001 mBar basınç altında -55°C 'de gerçekleştirilmiştir. Liyofilizatör yönteminde ürün içindeki su süblimasyon yoluyla uzaklaştırılarak kuruma sağlanmaktadır. Bu sayede gıdanın temel özellikleri ve içerdiği değerli biyoaktif bileşenleri kaybetmeden kuruması sağlanmaktadır. Kurutulan elma kabukları, daha sonra paslanmaz çelik öğütücü (IKA, Wilmington, North Carolina, ABD) kullanılarak toz haline getirilmiş ve analizlerde kullanılmak üzere -20°C 'de depolanmıştır.

2. Besiyerlerinin Hazırlanması

Çalışmada referans ve 3 deneme grubu olmak üzere 4 farklı besiyeri modeli oluşturulmuştur. Referans grubunda (EA) 25 gram mısır unu kullanılmıştır. Toz haline getirilen elma kabukları 1:1, 1:2 ve 1:4 oranlarında mısır unu ile karıştırılmış ve toplam 25 gram olacak şekilde kavanozlara aktarılmıştır. Deneme grupları için kullanılan oranlar şu şekilde hazırlanmıştır: 1:1 (EB) (12,5 g mısır unu + 12,5 g elma kabuğu), 1:2 (EC) (8,25 g mısır unu + 16,75 g elma kabuğu) ve 1:4 (ED) (6,25 mısır unu + 18,75 g elma kabuğu). Hazırlanan kavanozların her birine 50 adet *T. molitor* larvası ilave edilmiş ve 30°C’de inkübasyona bırakılmıştır. Larval fermentasyonun 0., 4., 8. ve 12. gününde kavanozlar inkübasyondan alınmış ve larvalar toplanarak canlılık sayısı, ağırlık kazanımı ve hacim değerleri aşağıda detayları verilen şekilde ölçülmüştür. Larvalar ve larval fermentasyon sonrası besiyeri sonraki analizler için -20°C’de depolanmıştır.

3. Larva Ağırlık Kazanımı ve Hacim Ölçümü

Larval fermentasyon sonrası kavanozlar etüvden alınmış ve her kavanozdaki larva canlılık sayısı ve ağırlık kazanımları hassas terazi kullanılarak ölçülmüştür. Başlangıç larva ağırlığına göre, canlılık sayısı (Denklem 1) ve ağırlık kazanımı (Denklem 2) aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır.

Denklem 1

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

Denklem 2

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

Denlem 2’de kullanılan M_1 : inkübasyon sonrası toplam ağırlık, M_0 : inkübasyon öncesi toplam ağırlıktır.

Larva hacimleri uzunluk, genişlik ve kalınlığın çarpılması ile hesaplanmıştır. Larvaların başlangıçta sahip olduğu hacmin ve inkübasyon sonrası kazandığı hacmin hesaplanmasında 10’ar adet larva kullanılmış ve dijital kumpas yardımıyla ölçümler alınmıştır. Hacim sonuçları mm^3 cinsinden verilmiştir.

4. Kimyasal Kompozisyon Analizleri

Ağırlık kazanımı tespit edilen larvaların kimyasal kompozisyonunu belirlemek amacıyla toplam protein, toplam yağ, nem ve kül analizleri yapılmıştır. Karbonhidrat miktarı ise toplam ağırlıktan bu değerlerin çıkarılması ile elde edilmiştir. Yapılan analizlerin detayları aşağıda açıklanmıştır.

a. Toplam protein analizi

Toplam protein miktarını belirlemek amacıyla Kjeldahl yöntemi kullanılmıştır (AOAC, 2000). Cam tüplere 0,5 g örnek tartılmış ve üzerine 12 g K₂SO₄, 0.3 g CuSO₄.5H₂O ve 25 mL H₂SO₄ eklenmiş ve tüpler yakma ünitesine yerleştirilmiştir. Yakma işlemine 200°C ile başlanmış ve 30 dakikada bir kademli olarak arttırılmış ve son olarak 400°C'de yakma işlemi tamamlanmıştır. Yakma işlemi tamamlanan örnekler distilasyon ünitesine yerleştirilmiş ve üzerine 100 mL %40'luk NaOH ilave edilerek 5 dakika boyunca distilasyon yapılmıştır. Distillatlara, indikatör olarak bromokresol yeşili ve metil kırmızısı eklenmiş 25 mL borik asit (%4'lük) içeren erlenlerde toplanmış ve daha sonra 0,1 N HCl ile titre edilmiştir. Harcanan HCl miktarına göre örneklerin içerdiği protein miktarı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuçlar kuru madde (km) üzerinden % cinsinden ifade edilmiştir.

Denklem 3

$$\% \text{ Toplam protein} = [(V_t - V_0) \times N \times 14 \times 6.25 \times 100] / (m \times 1000)$$

Formülde kullanılan N: HCl'nin normalitesini, m: numunenin ağırlığını (g), V_t: örnek için harcanan HCl'nin mL cinsinden hacmini, V₀: şahit için harcanan HCl'nin mL cinsinden hacmini, 6.25: protein dönüşüm faktörünü, 14: nitrojenin molar kütesini ifade etmektedir.

b. Toplam lipit analizi

Larvaların lipit içeriği (AOAC, 2000)'de belirtilen Soxhlet yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Kurutulmuş larvalardan 0,5 g tartılmış ve Soxhlet aparatına yerleştirilmiştir. Çözgen olarak petrol eteri kullanılmış ve ekstraksiyon işlemi 2 saat süre ile gerçekleştirilmiştir. Daha sonra Rotary evaporatör kullanılarak çözgen uzaklaştırılmış ve toplam lipit miktarı km üzerinden % olarak verilmiştir.

d. Nem analizi

Larvaların nem analizi (AOAC, 2000) metoduna göre gravimetrik olarak belirlenmiştir. Örneklerin kurutulması için liyofilizatör kullanılmıştır. Kurutma sonrası larvalar antioksidan aktivite tayini ve fenolik madde tayini için kullanılacağından dolayı kurutma işlemi liyofilizatörde yapılmıştır. Kurutma işlemi 24 saat süre ile 0,001 mBar basınç altında -55°C’de yapılmıştır. Larvaların nem miktarı aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

Denlem 4

$$\% \text{ Nem} = [(M_1 - M_2) / m] \times 100$$

Formülde kullanılan M_1 : Yaş örnek ağırlığını (mg), M_2 : Kurutulmuş örnek ağırlığını (mg), m : Yaş örnek ağırlığını (mg) ifade etmektedir.

e. Kül analizi

Örneklerin kül miktarları (AOAC, 2000) metoduna göre gravimetrik olarak belirlenmiştir. Darası alınan krozelere örnekler koyularak tartılmıştır. Tartılan örnekler yakma fırınında 550°C’de 6 saat süreyle yakılmıştır. Yakma işlemi tamamlanan örnekler desikatöre alınarak sabit tartıma gelmesi beklenmiş ve ağırlıkları kaydedilmiştir. Örneklerin kül miktarı km cinsinden % olarak verilmiştir.

f. Karbonhidrat tayini

Karbonhidrat tayini; larva toplam kuru ağırlığından protein, lipit ve kül miktarı çıkarılarak hesaplanmıştır. Sonuçlar km bazında % cinsinden ifade edilmiştir.

5. Fenolik Madde Ekstraksiyonu

Larvaların ve larval fermentasyon sonrası besiyerinin antioksidan aktivitelerini, fenolik madde miktarını ve profilini belirlemek amacıyla çözgen ekstraksiyonu yöntemi kullanılmıştır. Larval fermentasyon sonrası besiyerinden 1 g alınan numune tartılarak falkon tüplerine konulmuştur ve üzerine 2,5 mL %80’lik metanol (%0,1 formik asit ilaveli) ilave edilerek 30 dakika ultrasonik banyoda tutulmuştur. Daha sonra falkonlar 10 dakika 4000 rpm’de santrifüj edilmiş ve üstte kalan sıvı kısım yeni bir falkon tüpüne aktarılmıştır. Kalan katı kısma tekrar 2,5 mL %80’lik metanol (%0,1 formik asit ilaveli) eklenip aynı işlemler tekrarlanmış ve santrifüj sonrası elde edilen

sıvı kısımlar aynı falkonda toplanarak antioksidan aktivite ve fenolik madde analizleri için -20°C’de muhafaza edilmiştir.

Larvaların ekstraksiyonu için 0,1 g örnek tartılarak üzerine 0,75 mL %80’lik metanol (%0,1 formik asit ilaveli) ilave edilmiş ve 30 dakika boyunca ultrasonik banyoda tutulmuştur. Ardından 10 dakika 4000 rpm devirde 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 yukarıda bahsedilen işlemler aynen tekrarlanmıştır. Sıvı kısımlar tek bir falkonda toplanarak, antioksidan aktivite ve fenolik madde analizleri için -20°C’de depolanmıştır.

6. Toplam Fenolik Madde (TPC) Miktarının Belirlenmesi

Toplam fenolik madde içeriğinin belirlenmesi için Folin-Ciocalteu yöntemi kullanılmıştır (Singleton, Orthofer ve Lamuela-Raventós, 1999). Cam tüplere 200 µL uygun oranlarda seyreltilmiş larva ve substrat ekstraktları konulmuştur. Ekstraktların üzerine 1,5 mL Folin solüsyonu (0,2 N) eklenmiş ve 6 dakika inkübasyona bırakılmıştır. Daha sonra 1,2 mL Na₂CO₃ (%7.5) eklenmiş ve oda sıcaklığında 90 dakika karanlık ortamda reaksiyona bırakılmıştır. Reaksiyon sonrası örneklerin absorbansları 765 nm dalga boyunda spektrofotometrede okunmuştur. Okunan absorbansların konsantrasyona çevrimi için gallik asit standardı kullanılarak kalibrasyon eğrisi hazırlanmıştır. Sonuçlar, mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/g km cinsinden verilmiştir.

7. Toplam Flavonoid Madde (TFC) Tayini

Toplam flavonoid madde içeriği kolorimetrik yöntemle tespit edilmiştir (Dewanto vd, 2002). Bu yöntemde 1 mL uygun seyreltmeleri yapılan larva ve substrat ekstraktları tüplere konulmuş ve üzerine sırasıyla 0,3 mL %5’lik NaNO₂ (t=0 dk anında), 0,3 mL %10’luk AlCl₃ (t=5 dk anında) ve 2 mL 1M NaOH (t=6 dk anında) ilave edilmiştir. Son olarak 2,4 mL su ilave edilerek karıştırılmış ve 510 nm dalga boyunda spektrofotometrede absorbansları okunmuştur. Standart olarak kateşin kullanılmış ve sonuçlar mg kateşin eşdeğeri (CE)/100 g km olarak ifade edilmiştir.

8. Antioksidan Aktivitenin Belirlenmesi

Antioksidan aktivitenin belirlenmesi için DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) ve CUPRAC (Bakır indirgeyici antioksidan kapasitesi) analizleri yapılmıştır. Örneklerin DPPH radikalini süpürme etkileri 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil radikalinin mor-menekşe renginin giderilmesi yoluyla ölçülmektedir. CUPRAC yönteminde ise örneklerin antioksidan aktivitesi bakır iyonunu indirgeme kapasitesine göre belirlenmektedir. Bu yöntemlerin detayları aşağıda verilmiştir.

a. DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) analizi

DPPH analizi, Rai ve diğerlerinin, (2006) yöntemine göre yapılmıştır. Bu yöntemde 0,1 mL uygun oranlarda seyreltilmiş larva ve substrat ekstraktının üzerine 2 mL DPPH solüsyonu eklenmiştir. Daha sonra 30 dakika boyunca oda sıcaklığında ve karanlık ortamda bekletilen örneklerin absorbansları 517 nm dalga boyunda spektrofotometrede okunmuştur. Antioksidan aktivite sonuçları mg trolox eşdeğeri (TE)/100 g cinsinden ifade edilmiştir.

b. CUPRAC (Bakır İndirgeyici Antioksidan Kapasitesi) analizi

CUPRAC analizi Apak ve diğerlerinin, (2004) belirlediği yöntem kullanılarak yapılmıştır. Uygun oranlarda seyreltilmiş 1 mL larva ve substrat ekstraktı, 1 mL (10^{-2} mM), 1 mL neokuproin (7,5 mM) ve 1 mL NH_4 (pH 7,0) ile karıştırılmıştır. Hemen ardından 1 mL distile su karışıma ilave edilerek oda sıcaklığında karanlık ortamda 30 dakika bekletilmiştir. Örneklerin absorbansı 450 nm dalga boyunda spektrofotometrede okunmuştur. Sonuçlar mg TE/100 g km olarak verilmiştir.

9. HPLC Analizi ile Fenolik Madde Profiline Tespiti

Larva ve substrat ekstraktlarında bulunan fenolik bileşiklerin belirlenmesi amacıyla HPLC cihazı ile fenolik profil analizi Capanoglu ve diğerlerinin, (2008) yöntemine göre yapılmıştır. Ekstraktlar, 0,45 μ m'lik filtrelerden geçirildikten sonra HPLC sistemine verilmiştir. HPLC sistemi Waters 600 kontrol birimi, Waters 996 photodiodearray (PDA) dedektör ve 40 °C'deki kolon inkübatöründen oluşmaktadır. Kullanılan kolon, C18 kolondur (25 cm x 4.60 mm, 5 μ m). Çözgen sistemi olarak A (%0,05 trifloroasetik asit ile asitlendirilmiş su) ve B (%0,05 trifloroasetik asit içeren asetonitril) kullanılmıştır. Akış hızı dakikada 1 mL şeklinde ayarlanmış ve ekstrakttaki

bileşenlerin ayrılması, %5'den %30'a kadar çıkan lineer asetonitril gradiyenti kullanılarak 60 dakikalık analiz süresince gerçekleştirilmiştir. Örneklerde tespit edilen gallik ve sinamik asit 280 nm dalga boyunda tanımlanırken, kuersetin türevleri 360 nm dalga boyunda tanımlanmıştır. Elde edilen piklerin tanımlamaları mevcut standartlar kullanılarak yapılırken, alan-konsantrasyon çevrimi standartlar ile hazırlanan kalibrasyon eğrileri ile yapılmıştır. Sonuçlar $\mu\text{g/g}$ km cinsinden verilmiştir.

10. İstatistiksel Analiz

Tüm denemeler üç tekrarlı olarak yapılmıştır. İstatistiksel analizler Minitab 18 (Minitab Inc. Coventry, İngiltere) programı kullanılarak yapılmıştır. Örnekler arasındaki farklılıklar One-way Anova kullanılarak Tukey farklılık testine göre 0,05 önem düzeyinde belirlenmiştir.

IV. BULGULAR VE TARTIŞMA

A. Larvaların Ağırlık Kazanımı ve Hacimlerinin Belirlenmesi

Bu tez çalışması, mısır unu ile beslenen bir referans grubu ve 1:1, 1:2, 1:4 oranlarında mısır unu:elma kabuğu ile beslenen üç farklı çalışma grubundan oluşmaktadır. Referans ve çalışma grupları, fermentasyonun 0., 4., 8. ve 12. günlerinde inkübasyondan alınarak ağırlık kazanımları, canlılık sayısı ve hacim ölçümleri yapılmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda 1:2 ve 1:4 oranında hazırlanan çalışma gruplarına ait larvaların ağırlık kazanımlarına bakıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir artış olmadığı belirlenmiş olup analizlere 1:1 oranında hazırlanmış çalışma grubu ile devam edilmiştir (sonuçlar gösterilmemiştir). İlerleyen kısımlarda referans besiyeri EA, 1:1 mısır unu:elma kabuğu ile hazırlanan besiyeri ise EB olarak ifade edilecektir.

Çizelge 5’de, EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların 0., 4., 8. ve 12. günlerdeki ağırlık kazanımları verilmiştir. Fermentasyon süresinin artışı ile her iki besiyerinde de ağırlık kazanımı istatistiksel olarak anlamlı bir artış göstermiştir ($p < 0,05$). EA besiyerinde beslenen larvalar 12. gün sonunda başlangıca göre %58,65 oranında ağırlık artışı gösterirken, EB besiyerinde beslenen larvalarda ise %62,21 oranında ağırlık artışı gözlenmiştir. Çeşitli diyet modellerinin varlığı böceklerde ağırlık kazanımını etkilemektedir (Nijhout, 2003). Yapılan benzer bir çalışmada prina ve buğday ile beslenen *T. molitor* larvalarının büyüme performansında artış sağlandığı görülmüştür (Ruschioni vd, 2020).

Çizelge 5 EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların ağırlık kazanımları

	EA (mg) ($\bar{X} \pm SS$)*	EB (mg) ($\bar{X} \pm SS$)
0. Gün	5,58 ± 0,28 ^b	5,58 ± 0,28 ^B
4. Gün	6,39 ± 0,98 ^b	6,51 ± 0,97 ^B
8. Gün	7,82 ± 0,60 ^{ab}	7,00 ± 0,85 ^{AB}
12. Gün	8,85 ± 1,45 ^a	9,05 ± 1,04 ^A

*Ortalama değer ± standart sapma

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

Çizelge 6'da EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların 0., 4., 8. ve 12. günlerdeki hacimleri verilmiştir. Fermentasyon süresince EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların hacim artışları 12. gün sonunda başlangıca göre istatistiksel olarak anlamlı bir artış göstermiştir. EA besiyerinde beslenen larvaların hacimleri %47,48 oranında artarken EB besiyerinde beslenen larvaların hacimleri ise %74,10 oranında artmıştır. Şekil 2'de ise EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların görselleri bulunmaktadır. Hacim artışı ve ağırlık kazanımının fermentasyon süresi ile birlikte arttığı görselde de görülmektedir.

Çizelge 6 EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların hacim değerleri

	EA(mm ³)($\bar{X} \pm SS$)*	EB(mm ³)($\bar{X} \pm SS$)
0. Gün	27,72 ± 9,75 ^b	27,72 ± 9,75 ^C
4. Gün	30,63 ± 11,62 ^b	40,52 ± 12,84 ^B
8. Gün	32,31 ± 11,22 ^b	39,27 ± 9,57 ^B
12. Gün	40,88 ± 13,57 ^a	48,25 ± 11,52 ^A

*Ortalama değer ± standart sapma

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

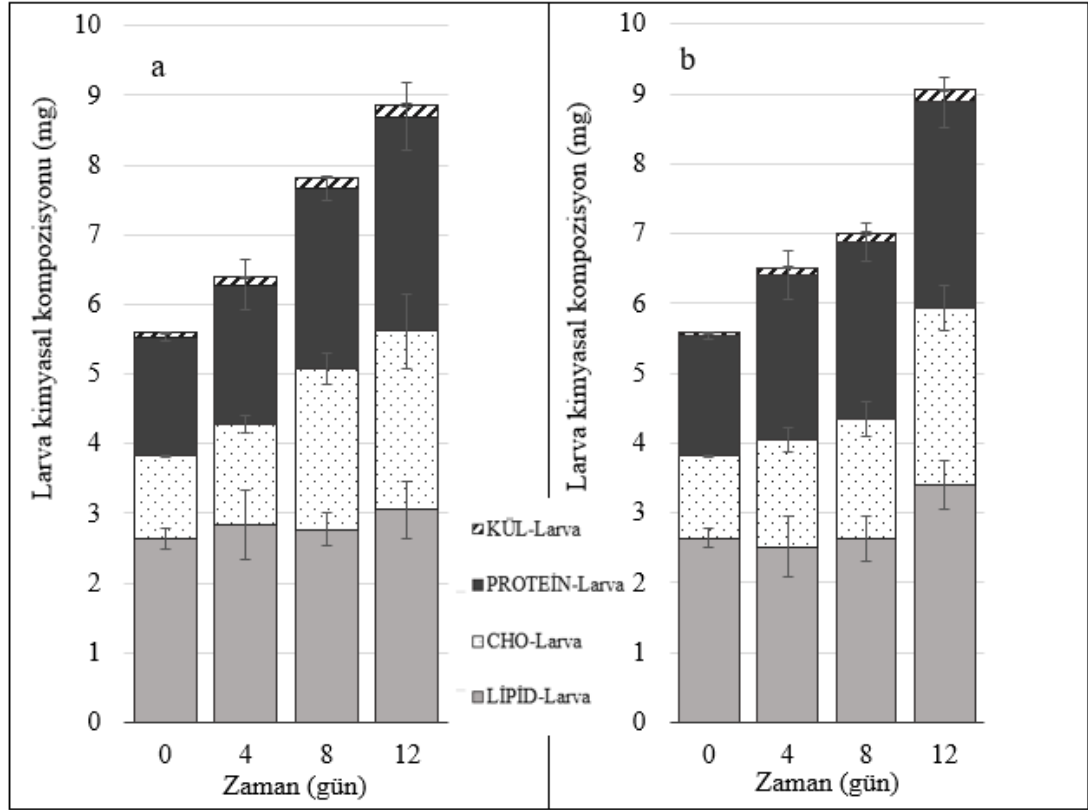


Şekil 2 Larvaların görüntüsü(A: EA besiyerinde beslenen larvalar, B: EB besiyerinde beslenen larvalar)

Başlangıçta her bir besiyerine ilave edilen 50 adet larvanın, 12 gün fermentasyon sonrası canlılık oranı EA besiyerinde beslenen larvalarda %96,6 iken, EB besiyerinde beslenen larvalarda %99,3 olarak bulunmuştur. Bu durumda elma kabuğu ile zenginleştirilmiş besiyerinde larvaların canlı kalma oranlarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Tan ve diğerlerinin, (2018) yaptığı bir çalışmada, *T. molitor* larvalarının canlılık oranı muz kabukları (%97,5) ile beslenen larvalarda en yüksek oranda bulunurken, bunu sırasıyla karpuz kabuğu (%95,0), karpuz kabuğu+muz kabuğu+yumurta kabuğu karışımı (%94,6), beyaz ekmek (kontrol grubu, %90,4) ve yumurta kabuğunun (%86,4) izlediğini rapor etmişlerdir. *T. molitor* larvaları diyet lif içeriği yüksek atıklarla beslendiğinde büyüme performansları daha iyi olmaktadır. Tan ve diğerlerinin, (2018) yaptığı çalışmada en fazla büyüme performansının yüksek miktarda diyet lif içeren muz kabuklarında görülmesi ve bu tez çalışmasında elma kabukları ile zenginleştirilmiş besiyerinde büyüme performansının kontrol grubuna oranla daha yüksek olması bu durumu kanıtlar niteliktedir.

B. Kimyasal Kompozisyon

Şekil 3’de EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların fermentasyon süresince kimyasal kompozisyonunda meydana gelen değişim verilmiştir. Larvaların başlangıçtaki nem miktarı %69,5 iken, EB besiyerinde beslenen larvalarda 12. gün sonunda nem miktarı %47,4’e düşmüş, EA besiyerinde beslenen larvalarda ise %50,5’e düşmüştür. *T. molitor* larvalarının düşük nem içeriğine sahip organik atıklarda bile gelişim gösterebileceği bilinmektedir (Huis, 2013).



Şekil 3 EA (a) ve EB (b) besiyerinde beslenen larvaların kimyasal kompozisyonları.

Larvaların başlangıç kimyasal kompozisyonu kuru madde cinsinden %47,17 lipit, %30,59 protein, %1,05 kül ve %21,19 karbonhidrat olarak bulunmuştur. EA besiyerinde beslenen larvaların kimyasal kompozisyonu 12. gün sonunda kuru madde cinsinden %34,54 lipit, %34,78 protein, %1,81 kül ve %28,87 karbonhidrat olmak üzere değişim göstermiştir. EB besiyerinde beslenen larvaların kimyasal kompozisyonu ise 12. gün sonunda kuru madde cinsinden %37,67'si lipit, %32,51'i protein, %1,87'u kül ve %27,95'i karbonhidrat olarak belirlenmiştir.

Çizelge 7 EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların lipit içeriğindeki değişimler

	Lipit (%) [*]			
	Başlangıç	4. gün	8. gün	12. gün
EA	47,17 ^a	44,16 ^b	35,35 ^c	34,53 ^c
EB	47,17 ^A	38,42 ^B	37,56 ^B	37,67 ^B

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

Larvaların EA ve EB besiyerinde fermentasyon süresince lipit miktarındaki değişim Çizelge 7’de verilmiştir. EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların lipit içeriğinde 12. gün sonunda sırasıyla %26,9 ve %20,1’lik bir düşüş gözlenmiştir. EA besiyerinde beslenen larvaların lipit içeriğinde, EB besiyerinde beslenen larvalara kıyasla daha fazla bir düşüş görülmüştür. Bu durum, elma kabuğu ile zenginleştirilmiş besiyerinde larval gelişimin referans besiyerine göre daha uygun olması ile açıklanabilir. Larvalardaki lipit miktarları diyetten gelmekte veya onlar tarafından sentezlenmekte olup vücutta depolanır, parçalanır, işlenir ve daha sonra kullanım yerine taşınır. Yüksek enerji ihtiyacı olduğu dönemlerde ise enerji deposu görevi görmektedir (Lucas, Oliveira, Rocha ve Prentice, 2020). Larvalardaki yağ miktarındaki bu azalmanın enerjideki dönüşüm için kullanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Literatürde, larvaların lipit içeriğinin kullanılan substrat bileşiminden etkilendiği rapor edilmektedir. Havuç ile zenginleştirilmiş besiyerinde beslenen *T. molitor* larvalarının lipit içeriği, azalan nem miktarı ile herhangi bir değişim göstermemiştir (Oonincx vd., 2015). Ancak, Urs ve Hopkins, (1973)’in yapmış olduğu bir çalışmada besiyerinin nem içeriği arttıkça lipit içeriğinde de artış olduğu rapor edilmiştir. Oonincx ve diğerlerinin, (2015) yaptığı bir çalışmada referans besiyeri ile beslenen *T. molitor* larvalarının toplam lipit içeriği farklı oranlarda lipit ve proteinlerle zenginleştirilmiş besiyerinde beslenen larvalara kıyasla daha yüksek bulunmuş ve zenginleştirilmiş besiyerinde beslenen larvaların lipit içeriklerinin geniş bir aralıkta değiştiğini rapor etmişlerdir.

Çizelge 8 EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların protein içeriğindeki değişimler

	Protein (%)*			
	Başlangıç	4. gün	8. gün	12. gün
EA	30,59 ^c	31,17 ^c	33,16 ^b	34,78 ^a
EB	30,59 ^C	36,18 ^A	36,11 ^A	32,51 ^B

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

Protein miktarlarındaki değişim incelendiğinde, EA besiyerinde beslenen larvaların protein içerikleri %30,59’dan 12. gün sonunda maksimum değeri olan

%34,78'e yükselmiştir. EB besiyerinde beslenen larvaların protein içeriği ise %30,59'dan 4. gün sonunda %36,18'e yükselmiş ve 8. günde protein içeriğinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim görülmemiştir. Ancak, 12. gün sonunda bir miktar düşüş gözlenmiştir. Tüm gruplar birlikte istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, EB besiyerinde beslenen larvaların 4. ve 8. günde sahip olduğu protein miktarı diğerlerine kıyasla anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Yapılan bir çalışmada bitki atıkları ile beslenen *T. molitor* larvalarının, kontrol grubuna oranla daha yüksek protein ve daha düşük yağ içeriğine sahip olduğu belirtilmiştir (Li, Zhao ve Liu, 2013). Tan ve diğerlerinin, (2018) yapmış olduğu bir çalışmada *T. molitor* larvaları ekme içeren bir besiyerinde beslendiğinde protein miktarı %41,51 iken muz kabukları, karpuz kabuğu, yumurta kabuğu içeren besiyerinde beslendiğinde sırasıyla %38,53, %43,38 ve %42,49 olarak bulunmuştur. Farklı diyet uygulamaları larvaların protein içeriğinde istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar vermemiştir. Literatürde farklı sonuçların bulunması, kullanılan substratların farklılığından kaynaklandığını düşündürmektedir. Ayrıca, *T. molitor* larvalarının liften zengin bir diyetle beslenmesi, daha yüksek protein ve daha düşük lipit miktarına sahip olmasına sebep olmaktadır. Bu durum ise literatürde, larvaların vücutlarında yüksek proteine sahip olmalarından dolayı yağ depolayamadığı şeklinde açıklanmıştır. Diyetteki lif oranının değiştirilmesi ile protein ve yağ oranı ayarlanmış larvalar yetiştirmek mümkün olabilmektedir (Zhang vd., 2019)

Çizelge 9 EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların kül içeriğindeki değişimler

	Kül (%)*			
	Başlangıç	4. gün	8. gün	12. gün
EA	1,05 ^b	1,85 ^a	1,95 ^a	1,81 ^a
EB	1,05 ^B	1,81 ^A	1,89 ^A	1,87 ^A

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

EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların fermentasyon süresince değişimi Çizelge 9'da verilmiştir. Her iki grup için de, larvaların kül miktarı 4. günde başlangıç kül miktarından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstererek artmıştır ($p < 0,05$).

Ancak fermentasyonun diğer günlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. Harsányi ve diğerlerinin, (2020) yapmış olduğu bir çalışmada, sebze atıkları ve bahçe atıkları ile beslenen *T. molitor* larvalarının kül içeriği kontrol grubuna (tavuk yemi) oranla daha yüksek bulunmuştur. (Mancini vd., 2019)*T. molitor* larvalarını ekmek, kurabiye ve her ikisinin 1:1 kombinasyonu ile beslemişler ve larvaların kül miktarlarını sırasıyla %1,88, %0,70 ve %1,29 bulmuşlardır. Bu durum larvaların gelişimi için kullanılan substratların kül miktarıyla orantılı olması şeklinde açıklanabilir.

Çizelge 10 EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların karbonhidrat içeriğinde meydana gelen değişim

	Karbonhidrat (%)*			
	Başlangıç	4. gün	8. gün	12. gün
EA	21,19 ^b	22,82 ^b	29,55 ^a	28,88 ^a
EB	21,19 ^C	23,60 ^B	24,44 ^B	27,95 ^A

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

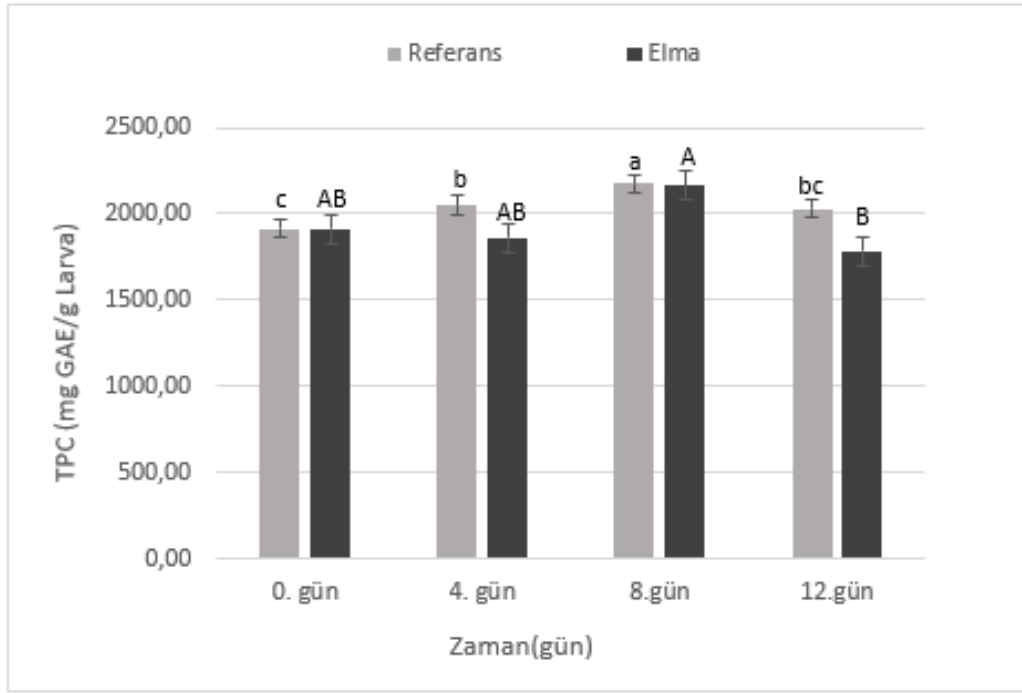
Karbonhidrat miktarına bakıldığında, larvaların başlangıç değeri %21,19 iken EA besiyerinde beslenen larvalarda 8. günde maksimum değerine ulaşmış, ancak 12. günle kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır (Çizelge 10). EB besiyerinde beslenen larvalarda 4. gün başlangıç karbonhidrat değerine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülürken, 8. günde bir fark bulunamamıştır. Ancak, 12. günde istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde artış göstermiş ve maksimum seviyesine ulaşmıştır ($p<0,05$). EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların 12. günde içerdiği karbonhidrat miktarları arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığı görülmüştür. Larvaların fermentasyon sonuna doğru karbonhidrat miktarında görülen artış, larvaların büyümeleri ile birlikte kitin tabakasında meydana gelen artış ile açıklanabilir (Zhang vd., 2019)

C. Fenolik Bileşik Analizi

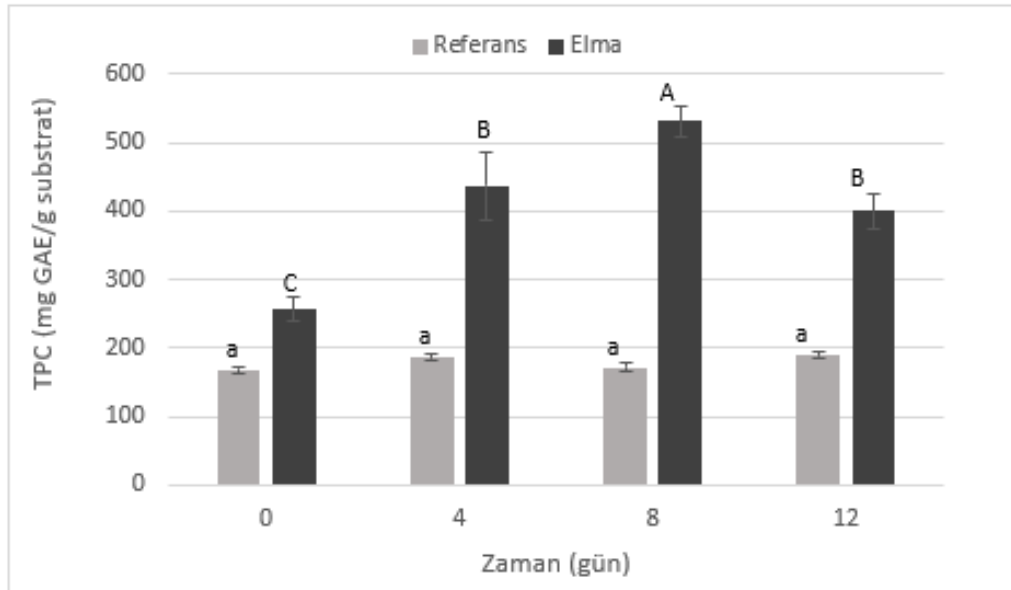
1. Toplam Fenolik Madde Miktarı (TPC)

EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların fermentasyon süresince TPC miktarında meydana gelen değişim Şekil 4’de gösterilmiştir. EB besiyerinde beslenen larvaların TPC miktarı başlangıçta 1911,31 mg GAE/g iken 8 gün fermentason sonrası maksimum seviyesine (2165,19 mg GAE/g) yükselmiştir. EA besiyerinde beslenen larvaların en yüksek TPC miktarı 8. günde görülmüştür. İstatistiksel olarak karşılaştırıldığında her iki besiyerinde de beslenen larvaların 8. gündeki TPC miktarlarında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür ($p>0,05$). EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların TPC miktarları 12. günde istatistiksel olarak azalma görülmüştür.

Larval fermentasyon sonra EA ve EB besiyerinin TPC miktarındaki değişim incelenmiş ve sonuçlar Şekil 5’de verilmiştir. EA besiyerinin TPC miktarı başlangıçta 168,15 mg GAE/g iken 12. gün sonunda bu değer 189,68 mg GAE/g’a yükselmiştir. Ancak, EA besiyerinin TPC miktarı larval fermentasyon süresince istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik göstermemiştir. EB besiyerinin TPC miktarı 255,89 mg GAE/g’dan 8. gün sonunda 531,06 mg GAE/g yükselmiş, 12. günde ise bu değer 400,82 mg GAE/g’a düşmüştür ($p<0,05$). EA besiyerinin EB besiyerine kıyasla daha yüksek TPC miktarına sahip olması fenolik maddeler açısından zengin olan elma kabuğu ile zenginleştirilmesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 4 EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların TPC miktarlarındaki değişim. Aynı grupta farklı harfler ile gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$).



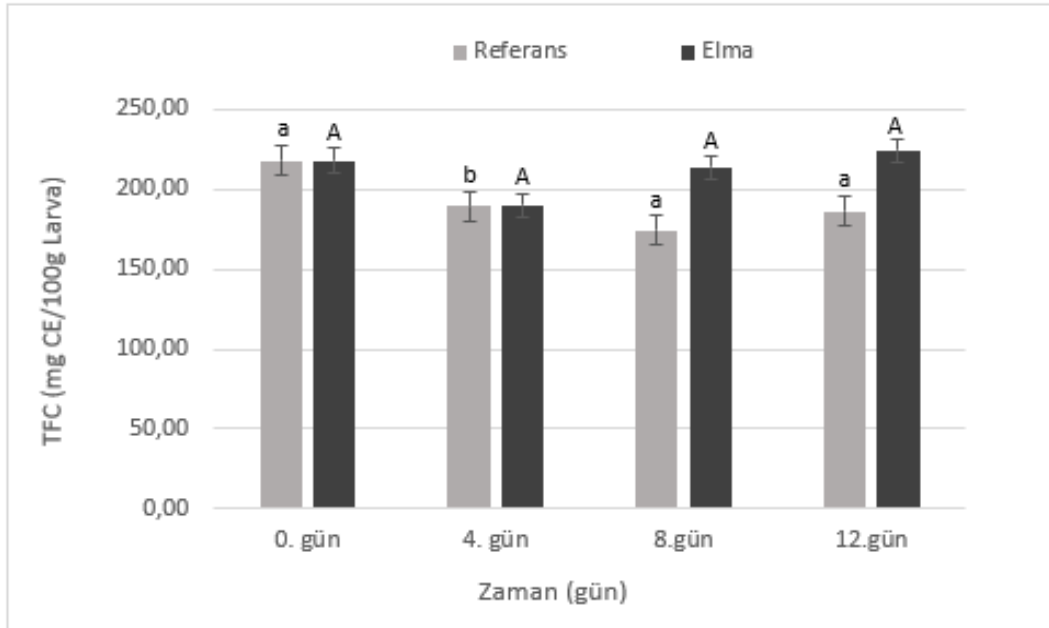
Şekil 5 Larval fermentasyon sonrası EA ve EB besiyerlerinin TPC miktarlarındaki değişim. Aynı grupta farklı harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$).

Literatürde elma kabuğunda bulunan TPC miktarının %88'inin bağlı formda bulunduğu rapor edilmiştir (Gulsunoglu vd., 2019). Bağlı formda bulunan fenolik bileşikler hücre duvarı bileşenlerine (pektin, selüloz, lignin, hemiselüloz) bağlı formda

bulunmaktadır. Bağlı formda bulunan fenolik bileşikler alkali, asit veya fermentasyon uygulamaları ile serbest hale geçebilmektedir. Bu tez çalışmasında da larval fermentasyon sonrası EB besiyerinde TPC miktarının artması larvaların sahip olduğu ekstraselüler enzim sistemleri ve bağırsak mikrobiyotası sebebiyle elma kabuklarının selülozik yapısının parçalanması ve bağlı fenoliklerin salınması şeklinde açıklanabilir (Willis vd., 2010)

2. Toplam Flavonoid Madde Miktarı (TFC)

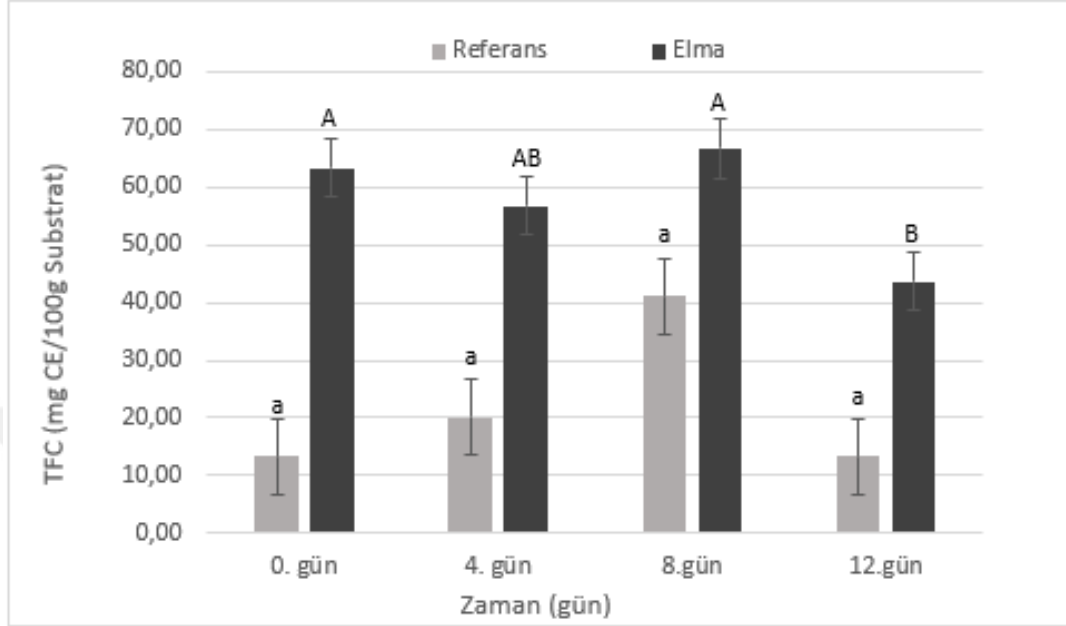
Flavonoidler fenolik bileşiklerin bir alt grubudur ve bitkilerde en çok bulunan ikincil metabolit ürünleridir (Mutha ve diğ., 2021). Elma kabuğunda yüksek miktarda flavonoid grubu fenoliklerden kuersetin ve türevleri bulunur (Gulsunoglu ve diğ., 2019). Bu sebeple flavonoid madde miktarının belirlenmesi önemlidir. EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların TFC miktarında fermentasyon süresince meydana gelen değişim Şekil 6’da verilmiştir. Larval fermentasyon sonrası EA ve EB besiyerlerinin TFC miktarına ait veriler Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 6 EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların TFC miktarlarındaki değişim. Aynı grupta farklı harfler ile gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır ($p < 0,05$).

EB besiyerinde beslenen larvaların başlangıç TFC miktarı 218,16 mg CE/100 g iken 12. gün sonunda 224,46 mg CE/100 g'a yükselmiştir. Ancak fermentasyon süresince görülen bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunamamıştır. EA besiyerinde

beslenen larvaların başlangıç TFC miktarı 218,16 mg CE/100 g'dan 186,39 mg CE/100 g'a azalmış olsa da fermentasyon süresince istatistiksel olarak anlamlı bir değişim gözlenmemiştir ($p>0,05$).



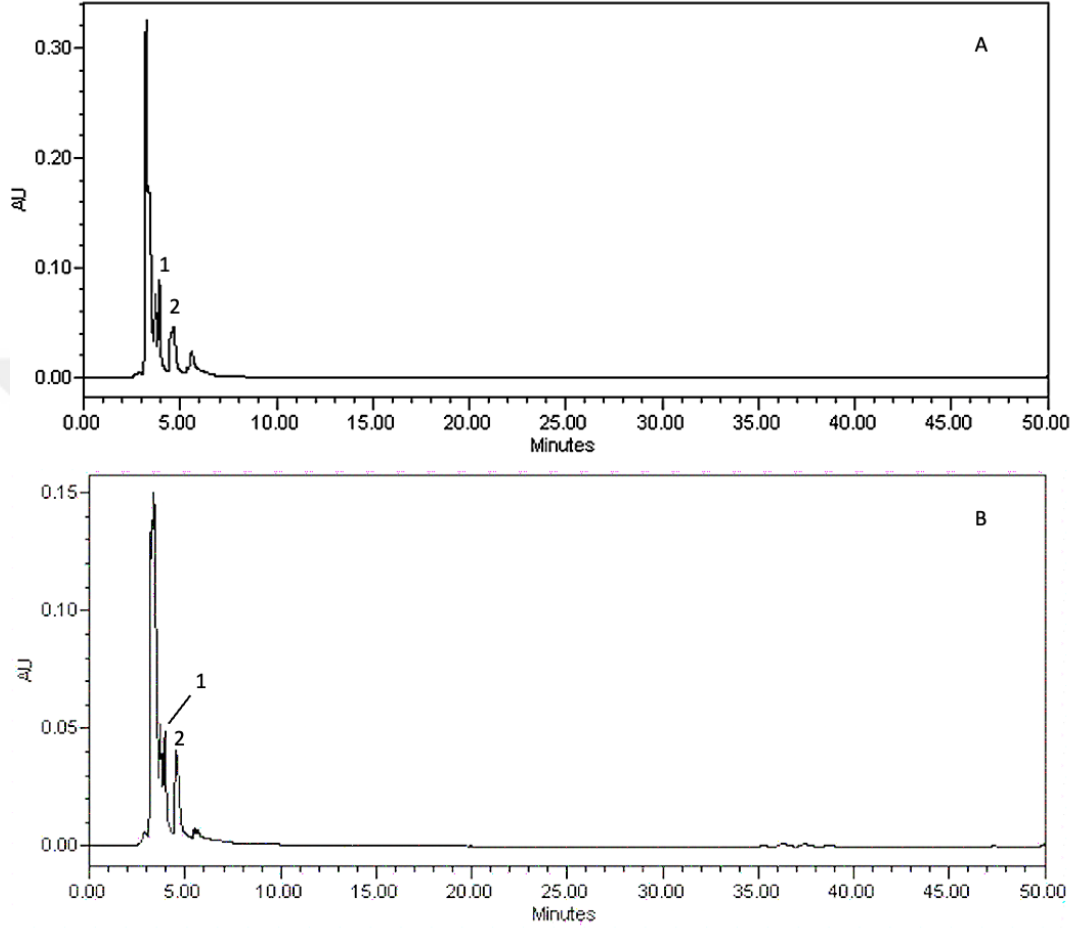
Şekil 7 Larval fermentasyon sonrası EA ve EB besiyerlerinin TFC miktarlarındaki değişim. Aynı grupta farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$).

EB besiyerinin TFC miktarı başlangıç (63,25 mg CE/100 g) değeri ile 4. ve 8. günde anlamlı bir değişim göstermezken ($p>0,05$), 12. gün sonunda 43,61 mg CE/100 g'a düşmüştür ($p<0,05$). EA besiyerinin başlangıç TFC miktarı 13,35 mg CE/100 g iken 8. Günde 24,80 mg CE/100 g ve 12. günde 13,32 mg CE/100 g bulunmuştur. Ancak EA besiyerinin larval fermentasyon sonrası TFC miktarı gün bazında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir ($p>0,05$).

D. HPLC ile Fenolik Profil Analizi

EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların fermentasyon süresince fenolik profilinde meydana gelen değişim sırasıyla Çizelge 11 ve Çizelge 12'de verilmiştir. Şekil 8'de ise başlangıç larva ve 12 gün EB besiyerinde beslenen larvaların HPLC kromatogramları verilmiştir. EA besiyerinde beslenen larvalarda gallik ve sinamik asit tanımlanmıştır. Gallik asit miktarı fermentasyon süresince istatistiksel olarak bir değişiklik göstermezken, sinamik asit miktarı fermentasyon süresince azalmıştır. EB

besiyerinde beslenen larvalarda da gallik ve sinamik asit tanımlanmış ve bu fenoliklerin miktarları fermentasyon süresince istatistiksel olarak bir farklılık göstermemiştir. Ancak, EB besiyerinde beslenen larvalarda sinamik asit miktarı referans gruba göre 4. ve 8. ve 12. günlerde daha yüksek bulunmuştur.



Şekil 8 Başlangıç larvaların (A) ve 12 gün EB besiyerinde beslenen larvaların (B) 280 nm'deki HPLC kromatogramları (1: gallik asit, 2:sinamik asit)

Çizelge 11 EA besiyerinde beslenen larvaların fermentasyon süresince fenolik profilindeki değişim

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

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

Çizelge 12 EB besiyerinde beslenen larvaların fermentasyon süresince fenolik profilindeki değişim

Fenolik bileşik	Konsantrasyon ($\mu\text{g/g km}$) *			
	Başlangıç	4. gün	8. gün	12. gün
Gallik asit	173 \pm 18,8 ^A	124,5 \pm 14,2 ^A	168 \pm 31,2 ^A	138,66 \pm 4,03 ^A
Sinamik asit	53,53 \pm 5,89 ^A	45,36 \pm 12,22 ^A	43,03 \pm 3,89 ^A	39,98 \pm 3,22 ^A

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

Larval fermentasyon sonrası EB besiyerinin fenolik profili incelenmiş ve sonuçlar Çizelge 13’de gösterilmiştir. EB besiyerinde 4 kuersetin türevi tespit edilmiştir. Bundan sonraki kısımlarda farklı kuersetin türevleri KT1, KT2, KT3 ve KT4 kısaltmaları şeklinde kullanılacaktır. HPLC-PDA analizinde elde edilen UV spektrumlar kuersetin standardı ile tanımlanmış, ancak farklı tutulma zamanında çıkan piklerin kuersetinin hangi türevi olduğu standard eksikliği sebebiyle tam olarak tanımlanamamıştır. İlerleyen çalışmalarda LC-MS/MS cihazında bu tanımlamalar yapılabilir. Fakat bu tez çalışması kapsamında bu analiz yapılmamıştır.

Çizelge 13 Larval fermentasyon sonrası EB besiyerinin fenolik profilindeki değişim

Fenolik bileşik	Konsantrasyon ($\mu\text{g/g km}$) *			
	Başlangıç	4. gün	8. gün	12. gün
KT1	81,1 \pm 1,42 ^A	38,69 \pm 10,68 ^B	43,64 \pm 0,63 ^B	70,14 \pm 3,41 ^A
KT2	29,70 \pm 0,57 ^B	31,97 \pm 3,02 ^B	39,97 \pm 0,81 ^A	27,18 \pm 1,26 ^B
KT3	38,31 \pm 1,58 ^A	33,8 \pm 9,51 ^A	32,92 \pm 14,12 ^A	35,83 \pm 2,68 ^A
KT4	46,35 \pm 1,49 ^B	57,75 \pm 3,29 ^A	56,38 \pm 2,3 ^A	47,22 \pm 0,29 ^B

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

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda KT1 diğer türevler içinde en yüksek konsantrasyona sahiptir. KT1, 4. ve 8. günlerde başlangıca göre bir düşüş gösterirken 12. günde tekrar yükselmiştir. KT2 ise fermentasyonun 8. gününde en yüksek seviyesine ulaşırken 12. günde tekrar bir düşüş gözlenmiştir. KT3 fermentasyon süresince istatistiksel olarak herhangi bir değişim göstermemiştir. KT4 ise fermentasyonun 4. ve 8. günlerinde en yüksek seviyesine ulaşırken 12. günde tekrar başlangıç seviyesine geri dönmüştür.

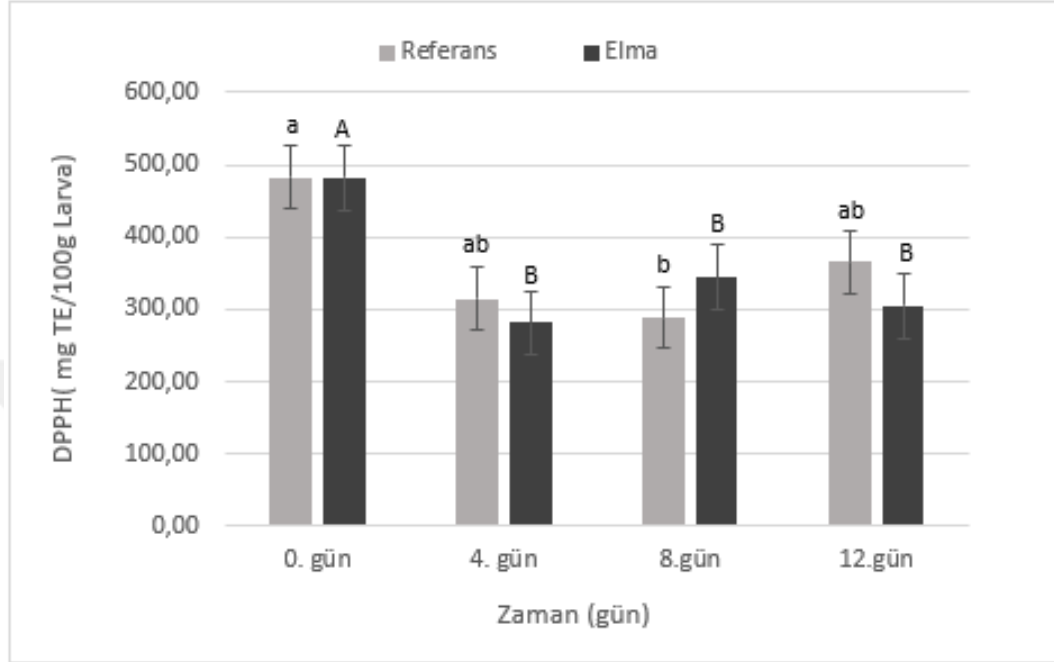
E. Antioksidan Aktivite Analizi

EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların ve larval fermentasyon sonrası besiyerinin antioksidan aktivitesi iki farklı ölçüm metodu olan DPPH ve CUPPRAC yöntemleri kullanılarak tespit edilmiştir. CUPPRAC yönteminde, bakır iyonlarının indirgenmesi ile antioksidan aktivite tayini yapılırken, DPPH’de ise DPPH radikalinin süpürülmesi ile aktivite tayini yapılmaktadır. En az iki farklı antioksidan yönteminin kullanılması, analiz edilen örneklerin antioksidan aktivitesini daha net bir şekilde ortaya koyabilmek açısından önemlidir.

1. DPPH (2,2-difenil-1- pikrilhidrazil) Analizi

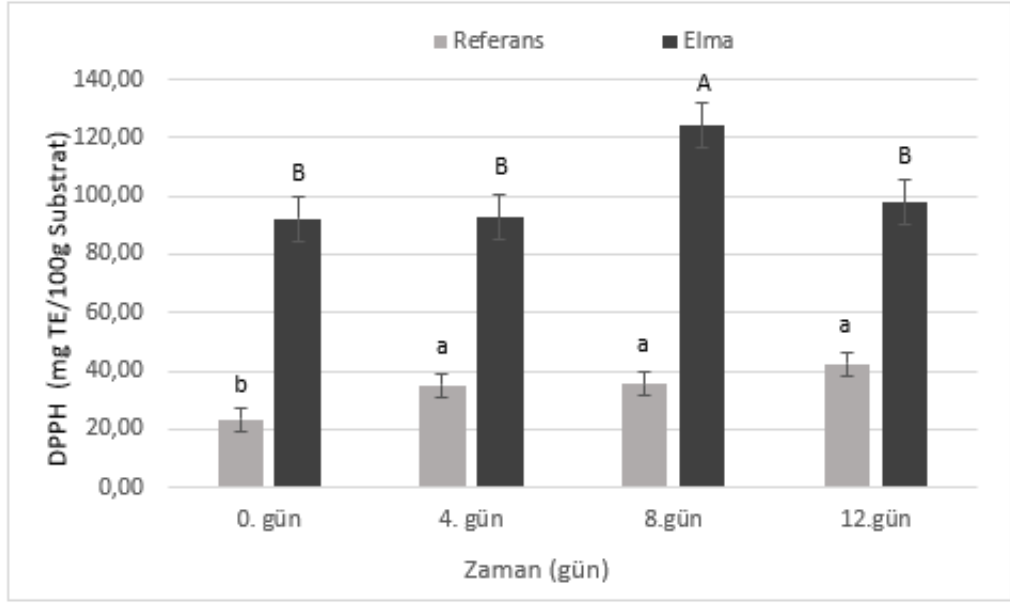
DPPH analizi sonucunda EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların antioksidan aktivitesinde meydana gelen değişim Şekil 9’da gösterilmiştir. EB besiyerinde beslenen larvaların başlangıç DPPH aktivitesi 498,4 mg TE/100 g iken 12. gün

sonunda 305,7 mg TE/100 g'a düşmüştür. Fermentasyonun 4. gününde istatistiksel olarak anlamlı bir düşüş gözlenmiş, ancak diğer günlerde meydana gelen değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunamamıştır. EA besiyerinde beslenen larvalarda 8. günde başlangıca göre istatistiksel olarak anlamlı bir düşüş görülmüştür.



Şekil 9 EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların DPPH aktivitesinde meydana gelen değişim. Aynı grupta farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır ($p<0,05$).

Larval fermentasyon sonucu EA ve EB besiyerinin DPPH aktivitesinde meydana gelen değişim Şekil 10'da verilmiştir. EA besiyerinin DPPH aktivitesi başlangıçta 23,37 mg TE/100 g iken 12. gün sonunda 42,26 mg TE/100 g'a istatistiksel olarak anlamlı bir artış göstermiştir. EB besiyerinin başlangıç DPPH aktivitesi 91,63 mg TE/100 g iken 8. gün sonunda 124,16 mg TE/100 g'a istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde artarak maksimum seviyesine ulaşmıştır. Ancak, 12. günde 97,91 mg TE/100 g'a düşmüş ve başlangıç seviyesine geri dönmüştür.



Şekil 10 Larval fermentasyon sonrası EA ve EB besiyerinin DPPH aktivitesinde meydana gelen değişim. Aynı grupta farklı harfle gösterilen ortalamalar birbirinden farklıdır ($p < 0,05$).

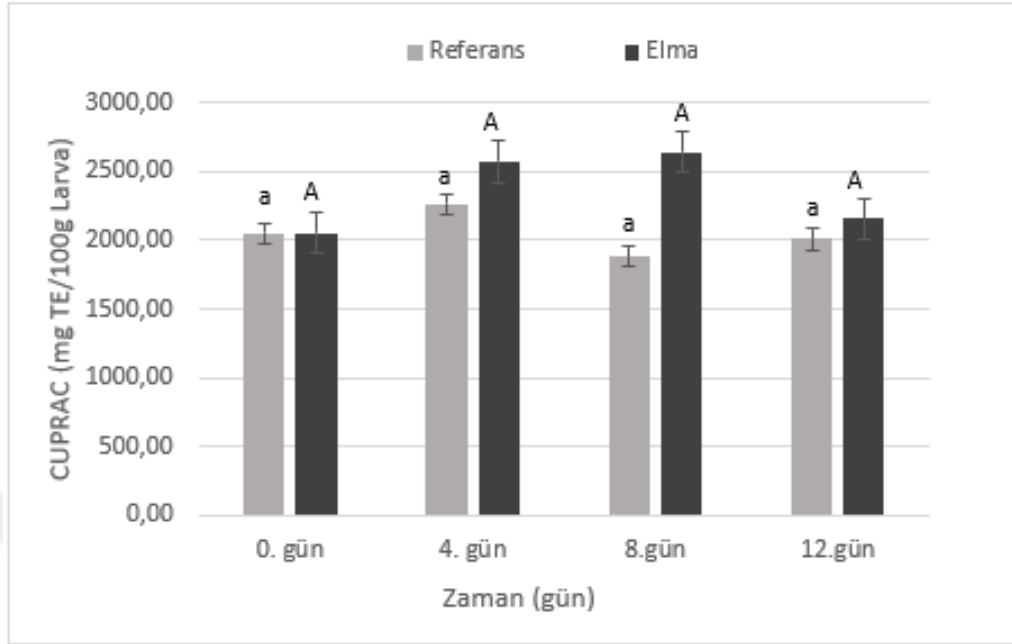
Elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, EB besiyerinin TPC miktarı 8. günde diğer günlere kıyasla daha yüksek bulunmuştur. EB besiyerinde TPC miktarı ve DPPH antioksidan aktivite sonuçları arasında Pearson korelasyonuna göre pozitif yönlü ($r=0,775$) güçlü bir ilişki bulunmaktadır.

2. CUPRAC (Bakır İndirgeyici Antioksidan Kapasitesi) Analizi

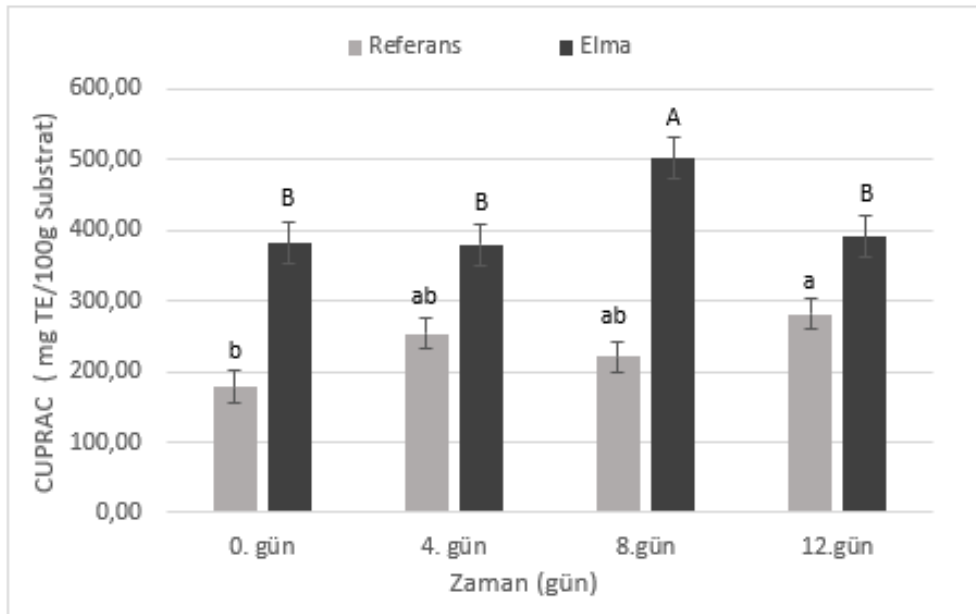
EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların CUPRAC aktivite sonuçları Şekil 11’de verilmiştir. EB besiyerinde beslenen larvalarda başlangıç CUPRAC aktivite değeri 2009,89 mg TE/100 g iken 12 gün boyunca yapılan fermentasyonda istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. EA besiyerinde beslenen larvalara bakıldığında EB besiyerinde olduğu gibi istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik gözlenmemiştir.

Larval fermentasyon sonrası EA ve EB besiyerinin CUPRAC aktivitesinde meydana gelen değişim Şekil 12’de gösterilmiştir. EB besiyerinde maksimum aktivite 8. günde görülürken diğer günler arasında istatistiksel olarak bir farklılık bulunamamıştır. Başlangıç CUPRAC aktivitesi 385,50 mg TE/100 g iken 8. gün sonunda 501,45 mg TE/100 g’e yükselmiştir. EA besiyerinde ise başlangıç CUPRAC aktivitesi 178,14 mg TE/100 g iken 12. gün sonunda anlamlı bir şekilde artarak maksimum seviyesine (281,50 mg TE/100 g) ulaşmıştır. DPPH aktivitesinde olduğu

gibi, EB besiyerinin CUPRAC aktivitesi ile TPC miktarı arasında Pearson korelasyonuna göre pozitif yönlü ($r=0,710$) güçlü bir ilişki bulunmaktadır.



Şekil 11 EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların CUPRAC aktivitesindeki değişim. Aynı grupta farklı harf ile gösterilenler birbirinden farklıdır ($p<0,05$).



Şekil 12 Larval fermentasyon sonrası EA ve EB besiyerinin CUPRAC aktivitesindeki değişim. Aynı grupta farklı harf ile gösterilenler birbirinden farklıdır ($p<0,05$).

V. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, farklı konsantrasyonlarda elma kabuğu ile zenginleştirilmiş besiyerinde beslenen *T. molitor* larvalarının fenolik madde miktarı ve profillerinin ortaya konulması ve antioksidan kapasitesindeki değişim incelenmiştir. Ayrıca, larvaların gelişme performansı ve kimyasal kompozisyonu da belirlenmiştir. Farklı konsantrasyonlarda (1:1, 1:2 ve 1:4) yapılan denemeler sonucunda en iyi veriler 1:1 oranında kullanılan EB besiyerinde elde edilmiştir. Diğer konsantrasyonlarla karşılaştırıldığında, EB besiyerinde beslenen larvalarda daha fazla ağırlık kazanımı, hacim ve canlılık oranı görülmüştür. EB besiyeri kontrol grubu ile kıyaslandığında ise daha fazla ağırlık kazanımı, hacim ve canlılık oranı tespit edilmiştir. Bitkisel atıklarla zenginleştirilmiş besiyerleri larvaların gelişim performanslarını arttırıcı etki göstermektedir. Bu sebeple larvaların beslenmesinde bitkisel atıkların büyük bir potansiyele sahip olduğu söylenebilir.

Kullanılan diyet modeli sonucunda, EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların lipit miktarında azalma görülürken, protein, kül ve karbonhidrat miktarında artış görülmüştür. Farklı besiyeri kullanımı ile farklı kimyasal kompozisyona sahip larvalar üretmek mümkün olabilmektedir. Bu çalışmada kullanılan elma kabukları, yağ ve protein açısından iyi bir kaynak konumunda değilken, lif ve antioksidanlar açısından iyi bir kaynaktır. Yüksek lif içeriğine sahip atıklar ile beslenen larvalarda yüksek protein ve düşük lipit içeriği ile sonuçlanırken, yüksek nem içeriğine sahip besiyerinde beslenen larvalarda yüksek lipit miktarı görülebilmektedir. Bu sebeple, larvaların kullanım amacına göre besiyerinin kimyasal kompozisyonunun ayarlanması gerekli olmaktadır.

Larvaların TPC sonuçlarına göre en yüksek konsantrasyon hem EA hem EB besiyerinde beslenen larvalarda 8. günde maksimum düzeyine ulaştığı görülmüştür. Larval fermentasyon sonrası EA besiyerinde herhangi bir değişim gözlenmezken EB besiyerinde maksimum TPC miktarı 8. günde bulunmuştur. Larval fermentasyon sonrası EB besiyerindeki TPC sonuçları ile antioksidan analiz sonuçları arasında

pozitif yönlü bir korelasyon bulunmuştur. EA ve EB besiyerinde beslenen larvaların antioksidan aktiviteleri DPPH yönteminde başlangıca göre bir düşüş gözlenirken, CUPRAC analizinde ise başlangıca kıyasla anlamlı bir farklılık göstermemiştir. İki yöntem sonucunda bulunan farklı sonuçlar, antioksidanların farklı radikallere karşı farklı reaksiyon göstermesi ile açıklanabilmektedir.

HPLC analizi sonucunda larvalarda gallik ve sinamik asit tespit edilmiştir. EB besiyerinde beslenen larvalarda fermentasyon süresince anlamlı bir farklılık görülmemiştir. EA besiyerinde beslenen larvalarda ise gallik asit miktarında anlamlı bir değişim gözlenmezken, sinamik asit miktarında azalma görülmüştür. EB besiyerinde başlangıçta dört farklı kuersetin türevi tespit edilmiştir. Larval fermentasyon sonrası EB besiyerinde üç kuersetin türevinde artış tespit edilirken diğerinde farklılık tespit edilememiştir. Elma kabuğu fenolik bileşiklerden kuersetin ve türevlerini içermektedir. Larval fermentasyon sonrası bazı kuersetin türevlerinde artış olması larvaların salgıladığı enzimler vasıtasıyla bağlı formdan serbest forma geçerek artış gösterebilmektedir. Ayrıca, kuersetin türevlerinin birbirine dönüşümü de mümkün olabilmektedir. Ancak, bu mekanizmanın tam olarak açıklanabilmesi için ileri kromatografik yöntemlerin kullanılarak tanımlamaların yapılması gerekmektedir.

Sonuç olarak, elma kabuğu ile zenginleştirilmiş besiyerinde *T. molitor* larvalarının yaşamsal faaliyetleri kontrol gruba kıyasla daha yüksek bulunurken, antioksidan aktivite ve fenolik birikimi ile ilgili beklenen sonuçlara ulaşamamıştır. İlerleyen çalışmalarda farklı gıda atıkları denenerek potansiyelleri araştırılabilir. Ayrıca, direk atık kullanımından ziyade fenolikler ekstrakte edilerek de substrata ilave edilebilir. Bu sayede, *T. molitor* larvaları yüksek protein içeriğinden dolayı insan tüketimi için alternatif bir kaynak olmasının yanısıra antioksidan özellikleri iyileştirilerek fonksiyonel bir besine dönüştürülebilir. Ancak, toksikolojik ve mikrobiyolojik değerlendirmelerinin yapılması, insan sağlığı için herhangi bir sorun teşkil etmeyeceğinin öncelikle kanıtlanması gerekmektedir.

VI. KAYNAKLAR

MAKALELER

- ADAMKOVA, A., MLCEK, J., ADAMEK, M., BORKOVCOVA, M., BEDNAROVA, M., HLOBÍLOVA, V., JURIKOVA, (2020). "Tenebrio molitor (coleoptera: Tenebrionidae)-optimization of rearing conditions to obtain desired nutritional values." **Journal of Insect Science**, 20(5), 1–10. doi:10.1093/jisesa/ieaa100
- ALEGBELEYE, W. O., OBASA, S. O., OLUDE, O. O., OTUBU, K. VE JÌMOH, (2012). "Preliminary evaluation of the nutritive value of the variegated grasshopper (*Zonocerus variegatus* L.) for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell. 1822) fingerlings." **Aquaculture Research**, 43(3), 412–420. doi:https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.02844.x
- ANVO, P. M., TOGUYÉNI, A., OTCHOUMOU, A. K., ZOUNGRANA-KABORÉ, C. Y. VE KOUMELAN, E. P., (2016). "Nutritional qualities of edible caterpillars *Cirina butyrospermi* in southwestern of Burkina Faso." **International Journal of Innovation and Applied Studies**, 18(2), 639–645.
- 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:https://doi.org/10.1021/jf048741x
- ÇALIŞLAR, S. (2017). "Un Kurdu Böceğinin Besin İçeriği ve Kanatlı Hayvan Beslemede Kullanım İmkânları." **Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi**, 6, 226–232. doi:10.17100/nevbiltek.334157
- CAPANOGLU E, BEEKWİLDER J, BOYACIOĞLU D, HALL R, D. V. R. (2008). "Changes in antioxidant and metabolite profiles during production of tomato paste." **J Agric Food Chem**, 56, 964–973.

- CHEN, C. S., ZHANG, D., WANG, Y. Q., LÌ, P. M. VE MA, F. W. (2012). "Effects of fruit bagging on the contents of phenolic compounds in the peel and flesh of 'Golden Delicious', 'Red Delicious', and 'Royal Gala' apples." **Scientia Horticulturae**, *142*, 68–73. doi:10.1016/J.SCIENTA.2012.05.001
- 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:10.1016/J.TIFS.2021.07.012
- CASTRO, R. J. S., OHARA, A., AGUÍLAR, J. G. DOS S. VE DOMÍNGUES, M. A. F. (2018). "Nutritional, functional and biological properties of insect proteins: Processes for obtaining, consumption and future challenges." **Trends in Food Science & Technology**, *76*, 82–89. doi:10.1016/J.TIFS.2018.04.006
- DENİS, M. C., FURTOS, A., DUDONNÉ, S., MONTAUDÍS, A., GAROFALO, C., DESJARDINS, Y., ... LEVY, E. (2013). "Apple Peel Polyphenols and Their Beneficial Actions on Oxidative Stress and Inflammation." **PLoS ONE**, *8*(1). doi:10.1371/journal.pone.0053725
- DEWANTO, V., WU, X., ADOM, K. K. VE LÌU, 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:https://doi.org/10.1021/jf0115589
- DOBERMANN, D., SWİFT, J. A. VE FİELD, L. M. (2017). "Opportunities and hurdles of edible insects for food and feed." **Nutrition Bulletin**, *42*(4), 293–308. doi:10.1111/nbu.12291
- ERDOĞAN, S. S. VE DEMİRCİ, M. (2014). "Elmanın fenolik bileşen ve lif içeriği." **Bahçe**, *43*(1–2), 41–52.
- FELİCÍANO, R. P., ANTUNES, C., RAMOS, A., SERRA, A. T., FİGUEIRA, M. E., DUARTE, C. M. M., ... BRONZE, M. R. (2010). "Characterization of traditional and exotic apple varieties from Portugal. Part 1 – Nutritional, phytochemical and sensory evaluation." **Journal of Functional Foods**, *2*(1), 35–45. doi:10.1016/J.JFF.2009.12.004

- FİNKE, M. D. (2002). "Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores." **Zoobiology**, 21(3), 269–285. doi:https://doi.org/10.1002/zoo.10031
- FİNKE, M. D. VE OONİNCX, D. (2014). "Insects as Food for Insectivores." **Mass Production of Beneficial Organisms: Invertebrates and Entomopathogens**, 583–616. doi:10.1016/B978-0-12-391453-8.00017-0
- 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:10.1016/J.ASPEN.2017.04.003
- GKİNALI, A. A., MATSAKİDOU, A., VASİLEİOU, 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:10.1016/J.TIFS.2021.11.024
- GOVORUSHKO, S. (2019). "Global status of insects as food and feed source: A review." **Trends in Food Science & Technology**, 91, 436–445. doi:10.1016/J.TIFS.2019.07.032
- GULSUNOGLU, Z., KARBANÇIOĞLU-GULER, F., RAES, K., & KİLİC-AKYİLMAZ, M. (2019). "Soluble and insoluble-bound phenolics and antioxidant activity of various industrial plant wastes." **International Journal of Food Properties**, 22(1), 1501–1510.
- GULSUNOGLU, Z., PURVES, R., KARBANÇIOĞLU-GULER, F. VE KİLİC-AKYİLMAZ, M. (2020). "Enhancement of phenolic antioxidants in industrial apple waste by fermentation with *Aspergillus* spp." **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, 25, 101562. doi:10.1016/J.BCAB.2020.101562
- HARSÁNYI, E., JUHÁSZ, C., KOVÁCS, E., HUZSVAI, L., PİNTÉR, R., FEKETE, G., ... & GYURÍCZA, C. (2020). "Evaluation of organic wastes as substrates for rearing *Zophobas morio*, *Tenebrio molitor*, and *Acheta domesticus* larvae as alternative feed supplements." **Insects**, 11(9), 604.
- HENRÍQUEZ, C., CÓRDOVA, A., ALMONACÍD, S. VE SAAVEDRA, J. (2014).

- "Kinetic modeling of phenolic compound degradation during drum-drying of apple peel by-products." **Journal of Food Engineering**, 143, 146–153. doi:10.1016/J.JFOODENG.2014.06.037
- HERNÁNDEZ-CARRANZA, P., ÁVILA-SOSA, R., GUERRERO-BELTRÁN, J. A., NAVARRO-CRUZ, A. R., CORONA-JIMÉNEZ, E. VE OCHOA-VELASCO, C. E. (2016). "Optimization of Antioxidant Compounds Extraction from Fruit By-Products: Apple Pomace, Orange and Banana Peel." **Journal of Food Processing and Preservation**, 40(1), 103–115. doi:10.1111/jfpp.12588
- IMEH, U. VE KHOKHAR, S. (2002). "Distribution of Conjugated and Free Phenols in Fruits: Antioxidant Activity and Cultivar Variations." **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 50(22), 6301–6306. doi:https://doi.org/10.1021/jf020342j
- IŞIK, 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.
- JANTZEN DA SILVA LUCAS, A., MENEGON DE OLIVEIRA, L., DA ROCHA, M. VE PRENTICE, C. (2020). "Edible insects: An alternative of nutritional, functional and bioactive compounds." **Food Chemistry**, 311(December 2019), 126022. doi:10.1016/j.foodchem.2019.126022
- KARADENİZ, F. VE EKŞİ, A. (2001). "Elma Suyunda Fenolik Madde Dağılımı Üzerine Araştırma." **Tarım Bilimleri Dergisi**, 7(3), 135–141. doi:DOI: 10.1501/Tarimbil_0000000667
- KARAMAN, Ş., TÜTEM, E., BAŞKAN, K. S. VE APAK, R. (2013). "Comparison of antioxidant capacity and phenolic composition of peel and flesh of some apple varieties." **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 93(4), 867–875. doi:10.1002/jsfa.5810
- KLUNDER, H. C., WOLKERS-ROOÏJACKERS, J., KORPELA, J. M. VE NOUT, M. J. R. (2012). "Microbiological aspects of processing and storage of edible insects." **Food Control**, 26(2), 628–631. doi:10.1016/J.FOODCONT.2012.02.013
- LANGE, K. VE NAKAMURA, Y. (2021). "Edible insects as a source of food

- bioactives and their potential health effects." **Journal of Food Bioactives**, *14*, 4–9. doi:10.31665/jfb.2021.14264
- 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
- LECCESE, A., BARTOLINI, S. VE VITI, R. (2009). "Antioxidant properties of peel and flesh in 'goldrush' and 'fiorina' scab-resistant apple (*Malus domestica*) cultivars." **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, *37*(1), 71–78. doi:10.1080/01140670909510251
- LI, L., ZHAO, Z. VE LIU, 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
- LI, P. M., DU, G. R. VE MA, F. W. (2011). "Phenolics concentration and antioxidant capacity of different fruit tissues of astringent versus non-astringent persimmons." **Scientia Horticulturae**, *129*(4), 710–714. doi:10.1016/J.SCIENTA.2011.05.024
- MANCINI, S., FRATINI, F., TURCHI, B., MATTIOLI, S., DAL BOSCO, A., TUCCINARDI, T., ... & PACI, G. (2019). "Former foodstuff products in *Tenebrio molitor* rearing: Effects on growth, chemical composition, microbiological load, and antioxidant status." **Animals**, *9*(8), 484.
- MASSIAS, A., BOISARD, S., BACCAUNAUD, M., LEAL CALDERON, F. VE SUBRA-PATERNAULT, P. (2015). "Recovery of phenolics from apple peels using CO₂ + ethanol extraction: Kinetics and antioxidant activity of extracts." **The Journal of Supercritical Fluids**, *98*, 172–182. doi:10.1016/J.SUPFLU.2014.12.007
- 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

- MUSLU, M. (2020). "Sağlık Geliştirilmesi ve Sürdürülebilir Beslenme İçin Alternatif Bir Kaynak Yenilebilir Böcekler." **Gıda / the Journal of Food**, **45(5)**, 1009–1018. doi:10.15237/gida.gd20071
- MUSUNDİRE, R., OSUGA, I. M., CHESETO, X., IRUNGU, J. VE TORTO, B. (2016). "Aflatoxin contamination detected in nutrient and anti-oxidant rich edible stink bug stored in recycled grain containers." **PLoS ONE**, **11(1)**, 1–16. doi:10.1371/journal.pone.0145914
- NİJHOUT, H. F. (2003). "The control of body size in insects." **Developmental Biology**, **261(1)**, 1–9. doi:https://doi.org/10.1016/S0012-1606(03)00276-8
- NOWAK, V., PERSIJN, D., RİTTENSCHÖBER, D. VE CHARRONDİERE, U. R. (2016). "Review of food composition data for edible insects." **Food Chemistry**, **193**, 39–46. doi:10.1016/j.foodchem.2014.10.114
- OCHOA-VELASCO, C. E. VE GUERRERO-BELTRÁN, J. Á. (2014). "Postharvest quality of peeled prickly pear fruit treated with acetic acid and chitosan." **Postharvest Biology and Technology**, **92**, 139–145. doi:10.1016/J.POSTHARVBIO.2014.01.023
- OJHA, S., BEKHİT, 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:10.1016/j.cofs.2021.08.003
- OONİNCX, D. 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." doi:10.1371/journal.pone.0144601
- RAİ, 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:10.1016/J.JEP.2005.09.025
- RAMOS-ELORDUY, J., GONZÁLEZ, E. A., HERNÁNDEZ, A. R. VE PİNO, J. M. (2002). "Use of Tenebrio molitor (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens." **Journal of economic entomology**, **95(1)**, 214–220. doi:10.1603/0022-0493-95.1.214

- RAMOS-ELORDUY, J., PİNO MORENO, J. M. VE MARTÍNEZ CAMACHO, V. H. (2009). "Edible aquatic Coleoptera of the world with an emphasis on Mexico." **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, 5. doi:10.1186/1746-4269-5-11
- RUMPOLD, B. A. VE SCHLÜTER, O. K. (2013). "Nutritional composition and safety aspects of edible insects." **Molecular Nutrition Food Research**, 57(5), 802–823. doi:https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735
- RUSCHIONİ, S., LORETO, N., FOLIGNİ, R., MANNOZZİ, C., RAFFAELLİ, N., ZAMPORLİNİ, F., ... MOZZON, M. (2020). "Addition of olive pomace to feeding substrate affects growth performance and nutritional value of mealworm (*Tenebrio molitor* L.) larvae." **Foods**, 9(3). doi:10.3390/foods9030317
- SABUNCUOĞLU, M. K., TURGUD, F. K. VE ŞAMLI, H. E. (2018). "Bazı Böcek Türlerinin Yemlerde Kullanım Olanakları." **Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi**, 15(02), 73–77.
- SCALBERT, A., MANACH, C., MORAND, C., RÉMÉSY, C. VE JİMÉNEZ, L. (2005). "Dietary Polyphenols and the Prevention of Diseases." **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 45(4), 287–306. doi:https://doi.org/10.1080/1040869059096
- SERRA, A. T., ROCHA, J., SEPODES, B., MATİAS, A. A., FELİCİANO, R. P., DE CARVALHO, A., ... FİGUEİRA, M. E. (2012). "Evaluation of cardiovascular protective effect of different apple varieties – Correlation of response with composition." **Food Chemistry**, 135(4), 2378–2386. doi:10.1016/J.FOODCHEM.2012.07.067
- SİNGLETON, V. L., ORTHOFER, R. VE LAMUELA-RAVENTÓS, R. M. (1999). "Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent." **Methods in Enzymology**, 299, 152–178. doi:10.1016/S0076-6879(99)99017-1
- ST-HILAIRE, S., CRANFİLL, K., MCGUIRE, M. A., MOSLEY, E. E., TOMBERLİN, J. K., NEWTON, L., IRVİNG, S. (2007). "Fish Offal Recycling by the Black Soldier Fly Produces a Foodstuff High in Omega-3 Fatty Acids." **World Aquaculture Society**, 38(7), 309–313. doi:https://doi.org/10.1111/j.1749-

7345.2007.00101.x

- SUN-WATERHOUSE, D., WATERHOUSE, G. I. N., YOU, L., ZHANG, J., LIU, Y., MA, L., ... DONG, Y. (2016). "Transforming insect biomass into consumer wellness foods: A review." **Food Research International**, 89, 129–151. doi:10.1016/J.FOODRES.2016.10.001
- TAN, S. W., LAI, K. S., & LOH, J. Y. (2018). "Effects of food wastes on yellow mealworm *Tenebrio molitor* larval nutritional profiles and growth performances." **Examines Mar. Biol. Oceanogr**, 2, 173–177.
- TANG, Y., DEBNATH, T., CHOI, E.-J., KIM, Y. W., RYU, J. P., JANG, S., ... KIM, E.-K. (2018). "Changes in the amino acid profiles and free radical scavenging activities of *Tenebrio molitor* larvae following enzymatic hydrolysis." **Plos One**. doi:10.1371/journal.pone.0196218
- TURCK, D., CASTENMILLER, J., DE HENAUW, S., HIRSCH-ERNST, K. I., KEARNEY, J., MACIUK, A., KNUTSEN, H. K. (2021). "Safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283." **EFSA Journal**, 19(1), 1–29. doi:10.2903/j.efsa.2021.6343
- TZOMPA-SOSA, D. A., YI, L., VAN VALENBERG, H. J. F., VAN BOEKEL, M. A. J. S. VE LAKEMON, C. M. M. (2014). "Insect lipid profile: aqueous versus organic solvent-based extraction methods." **Food Research International**, 62, 1087–1094. doi:10.1016/J.FOODRES.2014.05.052
- URS, K. C. D., & HOPKINS, T. L. (1973). "Effect of moisture on the lipid content and composition of two strains of *Tenebrio molitor* L.(Coleoptera, Tenebrionidae)." **Journal of Stored Products Research**, 8(4), 299–305.
- VAN BROEKHOVEN, S., OONINCX, D. G. A. B., VAN HUIS, A. VE VAN LOON, J. J. A. (2015). "Growth performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (Coleoptera: Tenebrionidae) on diets composed of organic by-products." **Journal of Insect Physiology**, 73, 1–10. doi:10.1016/J.JINSPHYS.2014.12.005
- VAN HUIS, A. (2013). "Potential of insects as food and feed in assuring food security." **Annual review of entomology**, 58, 563–583.

- WANG, D., SHAO, W. Z., CHUAN, X. Z., YAO, Y. B., SHI, H. A. VE YING, N. X. (2005). "Evaluation on nutritional value of field crickets as a poultry feedstuff". **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, 18(5), 667–670. doi:10.5713/ajas.2005.667
- WILLIAMS, J. P., WILLIAMS, J. R., KIRABO, A., CHESTER, D. VE PETERSON, M. (2016). "Nutrient Content and Health Benefits of Insects." **Insects as Sustainable Food Ingredients**, 61–84. doi:10.1016/B978-0-12-802856-8.00003-X
- WILLIS, J. D., OPPERT, C., & JURAT-FUENTES, J. L. (2010). "Methods for discovery and characterization of cellulolytic enzymes from insects." **Insect Science**, 17(3), 184–198.
- WOLFE, K., WU, X. VE LIU, R. H. (2003). "Antioxidant Activity of Apple Peels." **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 51(3), 609–614. doi:https://doi.org/10.1021/jf020782a
- YEN, A. L. (2015). "Insects as food and feed in the Asia Pacific region: Current perspectives and future directions." **Journal of Insects as Food and Feed**, 1(1), 33–55. doi:10.3920/JIFF2014.0017
- ZHANG, X., TANG, H., CHEN, G., QIAO, L., LI, J., LIU, B., ... & LIU, X. (2019). "Growth performance and nutritional profile of mealworms reared on corn stover, soybean meal, and distillers' grains." **European Food Research and Technology**, 254(12), 2631–2640.
- ZIELIŃSKA, E., BARANIĄK, B., KARASZ, 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:10.1016/J.FOODRES.2015.09.008

ELEKTRONİK KAYNAKLAR

- VAN HUIS 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.

TEZLER

DEMİRCAN, E. (2016). “Elma Kabuklarından Elde Edilen Fenolik Bileşiklerin Lipozom İle Enkapsülasyonu.” İstanbul Teknik Üniversitesi.

KUTLUAY, G. (2021). “Maya ve kompost ile beslenen un kurdunun (tenebrio molitor) büyüme performansı.” Türkiye Cumhuriyeti Ankara Üniversitesi

SABIRLI, H. (2019). “Bıldırcınlarda Rasyona Farklı Seviyelerde Un Kurdu (Tenebrio Molitor) İlavesinin Performans Ve Karkas Özelliklerine Etkisi.”” T.C. Selçuk Üniversitesi.

DIĞER KAYNAKLAR

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

EFSA. (2015). “Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed.” EFSA Journal (C. 13). doi:10.2903/j.efsa.2015.4257

SPANG, B. (2013). “Insects as food: Assessing the food conversion efficiency of the mealworm (Tenebrio molitor).”

VELDKAMP, T., VAN DUINKERKEN, G., VAN HUIS, A., LAKEMOND, C. M. M., OTTEVANGER, E., G.;, B. VE VAN BOEKEL, M. A. J. S. (2012).” Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets - a feasibility study.” Wageningen UR Livestock Research (C. (report 63).

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Sedanur DEMİRBAŞ YILDIZ

ÖĞRENİM DURUMU: Lisans

Lisans : 2020, İstanbul Aydın Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik

Yüksek Lisans : İstanbul Aydın Üniversitesi, Beslenme ve Diyetetik Ana bilim Dalı

Yayınlar: 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.