

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

YÜKSEK BASINÇTA UYGULANAN KARBONDİOKSİTİN KURU İNCİR
ZARARLISI *Carpophilus hemipterus* (L.) (COLEOPTERA: NITIDULIDAE)'A
KARŞI ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ

Nesrin ORMANOĞLU

BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

ANKARA
2025

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

YÜKSEK BASINÇTA UYGULANAN KARBONDİOKSİTİN KURU İNCİR ZARARLISI *Carpophilus hemipterus* (L.) (COLEOPTERA: NITIDULIDAE)'A KARŞI ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ

Nesrin ORMANOĞLU

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bitki Koruma Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mevlüt EMEKÇİ

Türkiye incir, kayısı, kuru üzüm ve fındık gibi kuru meyve ve sert kabukluların yıllık 1.5 milyar ABD Doları ihracat geliri ile dünya genelinde en büyük üreticisi ve ihracatçısıdır. Kuru meyve ve sert kabuklularda zararlı böceklerle savaşım, genellikle toksik fümigantların kullanımına dayanmaktadır. Pestisitlerin insan, hayvan ve çevresel sağlık üzerindeki olumsuz etkilerine yönelik artan endişeler, aynı zamanda daha kısa uygulama sürelerine duyulan ihtiyaç, alternatif yöntemlerin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle, bu araştırma, Metil bromid (MeBr) ve diğer toksik fümigantların alternatifi olarak yüksek basınç CO₂ uygulaması üzerine odaklanmıştır. Araştırmada kurutulmuş incirin en önemli zararlılarından biri olan ekşilik böceği, *Carpophilus hemipterus*, model organizma olarak kullanılmıştır. Zararlının yumurta (0-24, 24-48 sa), larva (genç ve olgun larva), pupa (0-24, 24-48, 48-72 sa) ve ergin evreleri laboratuvarında 20, 25 ve 30°C olmak üzere üç farklı sıcaklıkta, değişik sürelerde 5 ve 10 bar basınç CO₂ gazına maruz bırakılmıştır. Elde edilen verilere göre tüm biyolojik evrelerde basınç miktarı, sıcaklık ve uygulama süresinin ölüm oranı üzerinde önemli bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Yüksek basınç CO₂ (5 ve 10 bar) uygulamasında tüm sıcaklık koşullarında mutlak ölümün sağlanması için en uzun uygulama süresi (sırasıyla 29 ve 9 sa) gerektiren biyolojik evrenin olgun larva; en kısa uygulama süresi (sırasıyla 3 ve 1 sa) gerektiren evrenin ise genç larva olduğu tespit edilmiştir. Basınç ve sıcaklığın artmasıyla tüm biyolojik evrelerde mutlak ölümün sağlanması için gereken uygulama süresinin kısaldığı gözlenmiştir. Yüksek basınç CO₂ uygulamalarının hedeflenen tür/evre, basınç, sıcaklık, uygulama süresi ve kalite yönünden çalışılması ve bu alandaki çalışmaların artması önemlidir.

Şubat 2025, 58 sayfa

Anahtar Kelimeler: Kurutulmuş meyve, Kuru incir, Metil Bromid Alternatifi, Yüksek Basınç, Karbondioksit, Sıcaklık, *Carpophilus hemipterus*, Yumurta, Larva, Pupa, Ergin

ABSTRACT

PhD Thesis

DETERMINATION OF THE EFFICACY OF HIGH PRESSURE CARBON DIOXIDE
AGAINST THE DRIED FRUIT BEETLE, *Carpophilus hemipterus* (L.)
(COLEOPTERA: NITIDULIDAE)

Nesrin ORMANOGLU

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Plant Protection

Supervisor: Prof. Dr. Mevlüt EMEKCI

Türkiye is the world's largest producer and exporter of dried fruits&nuts such as figs, apricots, raisins and hazelnut with a total annual export revenue of USD 1.5 billion. The control of insect pests in dried fruits and nuts relies heavily on the use of toxic fumigants. Increasing concerns about the adverse effects of pesticides on human, animal and the environmental health, as well as the need for shorter fumigation periods necessitate the development of alternative methods. Therefore, this research focuses on high-pressure CO₂ treatments as an alternative to methyl bromide (MeBr) and other toxic fumigants, using *Carpophilus hemipterus*, a major pest of dried figs, as the model organism. Eggs (0-24, 24-48h), larvae (young and mature), pupae (0-24, 24-48, 48-72h) and adults of the pest were exposed to CO₂ at the pressures of 5 and 10 bars for different exposure periods under the laboratory at three different temperatures of 20, 25 and 30°C. The data obtained indicate that pressure level, temperature and exposure periods have a significant impact on mortality rates across all biological stages. In high-pressure CO₂ (5 and 10 bars) treatments, the biological stage requiring the longest exposure periods to achieve absolute mortality under all temperature conditions was the mature larva (29 and 9h), while the stage requiring the shortest periods was the young larva (3 and 1h). It was determined that increasing pressure and temperature reduced the exposure duration required to achieve absolute mortality in all stages. Comprehensive studies on high-pressure CO₂ treatments are needed, focusing on target species or biological stages, pressure levels, temperature conditions, exposure durations, and quality aspects, highlighting the importance of advancing research in this field.

February 2025, 58 page

Key Words: Dried fruits, Dried fig, Methyl bromide alternative, High pressure, Carbon dioxide, Temperature, *Carpophilus hemipterus*, Eggs, Larvae, Pupae, Adults

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımı yönlendiren, araştırmalarımın her aşamasında bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyerek akademik hayatıma katkıda bulunan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mevlüt EMEKÇİ'ye, değerli katkılarıyla çalışmalarım süresince desteklerini esirgemeyen Tez İzleme Komitesi hocalarım; Sayın Prof. Dr. Ahmet Güray FERİZLİ (Ankara Üniversitesi Bitki Koruma Anabilim Dalı) ve Sayın Prof. Dr. Recep AY'a (Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bitki Koruma Anabilim Dalı), tezin değerlendirme sürecinde katkı sunan jüri üyesi hocalarım; Sayın Prof. Dr. Selma ÜLGENTÜRK (Ankara Üniversitesi Bitki Koruma Anabilim Dalı) ve Sayın Prof. Dr. Levent ÜNLÜ'ye (Selçuk Üniversitesi Bitki Koruma Anabilim Dalı) teşekkürlerimi sunarım.

Manevi desteğini her zaman hissettiğim arkadaşlarım Dr. Yasemin AYDIN, Arş. Gör. İpek YAŞAR (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bitki Koruma Bölümü), Doç. Dr. Gülsüm PALACIOĞLU (Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Bitki Koruma Bölümü), Dr. Tuğba AKDENİZ FIRAT (Ankara Ziraî Mücadele Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü), Büşra SADIÇ ULU'ya (Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü) ve yol arkadaşım Mehmet BULUTAN'a teşekkür ederim.

Hayatım boyunca birçok fedakarlıklar göstererek yanımda olan, beni bugünlere getiren, en büyük şansım sevgili annem Nurcan ORMANOĞLU'na, desteklerini her zaman yüreğimde hissettiğim kardeşlerim Nilgün ORMANOĞLU, Rabia ORMANOĞLU ve Tuğba ORMANOĞLU'na sonsuz teşekkür ederim.

Bu tez çalışması TÜBİTAK 1002 (Proje no: 122O165) projesi tarafından desteklenmiştir.

Nesrin ORMANOĞLU
Ankara, Şubat 2025

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	
ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	10
3.1 Materyal.....	10
3.1.1 Çalışmada kullanılan tür.....	10
3.2 Yöntem	11
3.2.1 <i>Carpophilus hemipterus</i> 'un yetiştirilmesi	11
3.2.2 <i>Carpophilus hemipterus</i> 'un biyolojik evrelerinin elde edilmesi	12
3.2.2.1 Yumurta evresi.....	12
3.2.2.2 Larva evresi	13
3.2.2.3 Pupa evresi.....	14
3.2.2.4 Ergin evresi.....	14
3.3 Yüksek Basınç Cihazı	15
3.4 Biyolojik Evre Denemeleri	16
3.4.1 Yumurta evresi denemeleri	16
3.4.2 Larva evresi denemeleri	18
3.4.3 Pupa evresi denemeleri	19
3.4.4 Ergin evresi denemeleri	20
3.5 İstatistiksel Analiz	22
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	23
4.1 Biyolojik Evreler Üzerinde Basınç ve Sıcaklık Etkisi.....	23
4.1.1 Yumurta evresine olan etkisi	23
4.1.2 Larva evresine olan etkisi.....	29
4.1.3 Pupa evresine olan etkisi	36
4.1.4 Ergin evresine olan etkisi	43
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	47
KAYNAKLAR	52
ÖZGEÇMİŞ.....	56

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Azot	N ₂
Celsius	°C
Dakika	dk
Gram	g
Karbondiyoksit	CO ₂
Magnezyum Fosfit	PH ₃
Metil Bromid	MeBr
Mililitre	ml
Saat	sa
Santimetre	cm
Yüzde	%

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 <i>Carpophilus hemipterus</i> besin hazırlanışı ve kültür kavanozu	12
Şekil 3.2 a) <i>Carpophilus hemipterus</i> 'un ambalaj tülü üzerine bırakılan yumurtaları b) 0-24 sa yumurta c) 24-48 sa yumurtaların binoküler görüntüsü	13
Şekil 3.3 <i>Carpophilus hemipterus</i> larvası	13
Şekil 3.4 <i>Carpophilus hemipterus</i> pupası	14
Şekil 3.5 <i>Carpophilus hemipterus</i> ergini	15
Şekil 3.6 a) Yüksek basınç cihazı b) CO ₂ tüpü c) Gaz tahliye cihazı	16
Şekil 3.7 Uygulama için stereoskobik binoküler mikroskop altında incelenerek içerisinde bir miktar besin bulunan deneme kaplarına aktarılan yumurtalar ve yüksek basınç cihazı içine yerleştirilen deneme kapları	18
Şekil 3.8 Uygulama için deneme kaplarına alınan ve uygulama sonrası petri kaplarına aktarılan olgun larvalar	19
Şekil 3.9 a) Uygulama için deneme kaplarına alınan 0-24 sa yaşlı pupalar b) uygulama öncesi (üst), uygulama sonrası (alt) pupa c) Ergin çıkışları kontrol edilen petri kapları.....	20
Şekil 3.10 Uygulama için deneme kaplarına alınan ve uygulama sonrası bir miktar besinle birlikte petri kaplarına alınan erginler	21
Şekil 4.1 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 5 bar yüksek basınç CO ₂ 'e maruz bırakılan 0-24 sa yaşlı <i>Carpophilus hemipterus</i> yumurtalarında belirlenen ölüm oranları (%)	26
Şekil 4.2 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 5 bar yüksek basınç CO ₂ 'e maruz bırakılan 24-48 sa yaşlı <i>Carpophilus hemipterus</i> yumurtalarında belirlenen ölüm oranları (%)	26
Şekil 4.3 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 10 bar yüksek basınç CO ₂ 'e maruz bırakılan 0-24 sa yaşlı <i>Carpophilus hemipterus</i> yumurtalarında belirlenen ölüm oranları (%)	28
Şekil 4.4 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 10 bar yüksek basınç CO ₂ 'e maruz 24-48 sa yaşlı <i>Carpophilus hemipterus</i> yumurtalarında belirlenen ölüm oranları (%)	28
Şekil 4.5 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 5 bar yüksek basınç CO ₂ 'e maruz bırakılan <i>Carpophilus hemipterus</i> genç larvalarında belirlenen ölüm oranları (%).....	32
Şekil 4.6 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 5 bar yüksek basınç CO ₂ 'e maruz bırakılan <i>Carpophilus hemipterus</i> olgun larvalarında belirlenen ölüm oranları (%).....	33

Şekil 4.7 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 10 bar yüksek basınç CO ₂ 'e maruz bırakılan <i>Carpophilus hemipterus</i> genç larvalarında belirlenen ölüm oranları (%).....	35
Şekil 4.8 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 10 bar yüksek basınç CO ₂ 'e maruz bırakılan <i>Carpophilus hemipterus</i> olgun larvalarında belirlenen ölüm oranları (%).....	35
Şekil 4.9 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 5 bar yüksek basınç CO ₂ 'e maruz bırakılan 0-24 sa yaşlı <i>Carpophilus hemipterus</i> pupalarında belirlenen ölüm oranları (%)	39
Şekil 4.10 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 5 bar yüksek basınç CO ₂ 'e maruz bırakılan 24-48 sa yaşlı <i>Carpophilus hemipterus</i> pupalarında belirlenen ölüm oranları (%)	39
Şekil 4.11 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 5 bar yüksek basınç CO ₂ 'e maruz bırakılan 48-72 sa yaşlı <i>Carpophilus hemipterus</i> pupalarında belirlenen ölüm oranları (%)	40
Şekil 4.12 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 10 bar yüksek basınç CO ₂ 'e maruz bırakılan 0-24 sa yaşlı <i>Carpophilus hemipterus</i> pupalarında belirlenen ölüm oranları (%)	42
Şekil 4.13 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 10 bar yüksek basınç CO ₂ 'e maruz bırakılan 24-48 sa yaşlı <i>Carpophilus hemipterus</i> pupalarında belirlenen ölüm oranları (%)	42
Şekil 4.14 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 10 bar yüksek basınç CO ₂ 'e maruz bırakılan 48-72 sa yaşlı <i>Carpophilus hemipterus</i> pupalarında belirlenen ölüm oranları (%)	43
Şekil 4.15 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 5 bar yüksek basınç CO ₂ 'e maruz bırakılan <i>Carpophilus hemipterus</i> erginlerinde belirlenen ölüm oranları (%)	46
Şekil 4.16 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 10 bar yüksek basınç CO ₂ 'e maruz bırakılan <i>Carpophilus hemipterus</i> erginlerinde belirlenen ölüm oranları (%)	46

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1	Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 5 bar yüksek basınç CO ₂ uygulamasına maruz bırakılan <i>Carpophilus hemipterus</i> 'un yumurta evresine ait varyans analiz tablosu	23
Çizelge 4.2	Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 10 bar yüksek basınç CO ₂ uygulamasına maruz bırakılan <i>Carpophilus hemipterus</i> 'un yumurta evresine ait varyans analiz tablosu	24
Çizelge 4.3	Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 5 bar yüksek basınç CO ₂ uygulamasına maruz bırakılan <i>Carpophilus hemipterus</i> 'un yumurta evresine ait ölüm oranları (% , ortalama±standart hata).....	25
Çizelge 4.4	Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 10 bar yüksek basınç CO ₂ 'e maruz bırakılan <i>Carpophilus hemipterus</i> 'un 0-24 ve 24-48 sa yaşlı yumurtalarına ait ölüm oranları (% , ortalama±standart hata)	27
Çizelge 4.5	Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 5 bar yüksek basınç CO ₂ uygulamasına maruz bırakılan <i>Carpophilus hemipterus</i> 'un larva evresine ait varyans analiz tablosu	29
Çizelge 4.6	Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 10 bar yüksek basınç CO ₂ uygulamasına maruz bırakılan <i>Carpophilus hemipterus</i> 'un larva evresine ait varyans analiz tablosu	30
Çizelge 4.7	Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 5 bar yüksek basınç CO ₂ uygulamasına maruz bırakılan <i>Carpophilus hemipterus</i> 'un larva evresine ait ölüm oranları (% , ortalama±standart hata).....	31
Çizelge 4.8	Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 10 bar yüksek basınç CO ₂ uygulamasına maruz bırakılan <i>Carpophilus hemipterus</i> 'un larva evresine ait ölüm oranları (% , ortalama±standart hata).....	34
Çizelge 4.9	Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 5 bar yüksek basınç CO ₂ uygulamasına maruz bırakılan <i>Carpophilus hemipterus</i> 'un pupa evresine ait varyans analiz tablosu	36
Çizelge 4.10	Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 10 bar yüksek basınç CO ₂ uygulamasına maruz bırakılan <i>Carpophilus hemipterus</i> 'un pupa evresine ait varyans analiz tablosu	37
Çizelge 4.11	Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 5 bar yüksek basınç CO ₂ uygulamasına maruz bırakılan <i>Carpophilus hemipterus</i> 'un pupa evresine ait ölüm oranları (% , ortalama±standart hata).....	38
Çizelge 4.12	Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 10 bar yüksek basınç CO ₂ uygulamasına maruz bırakılan <i>Carpophilus hemipterus</i> 'un pupa evresine ait ölüm oranları (% , ortalama±standart hata).....	41
Çizelge 4.13	Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 5 bar yüksek basınç CO ₂ uygulamasına maruz bırakılan <i>Carpophilus hemipterus</i> 'un ergin evresine ait varyans analiz tablosu	44

Çizelge 4.14 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 10 bar yüksek basınç CO ₂ uygulamasına maruz bırakılan <i>Carpophilus hemipterus</i> 'un ergin evresine ait varyans analiz tablosu	44
Çizelge 4.15 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 5 ve 10 bar yüksek basınç CO ₂ uygulamasına maruz bırakılan <i>Carpophilus hemipterus</i> 'un ergin evresine ait ölüm oranları (%; ortalama±standart hata).....	45

1. GİRİŞ

Türkiye gerek üretim alanı gerekse ekolojik yapısı itibarıyla meyve üretiminde kendine yeterliliği ve ihracat potansiyeli olan ülkelerden biridir. Dünya meyveciliğinde Türkiye'nin konumuna bakıldığında, üretim potansiyeli ve ekonomik önemi en fazla olan 22 meyve türünden beş tanesinin (fındık, ayva, incir, kayısı ve kiraz) üretiminde dünya lideri olduğu görülmektedir (Gül ve Akpınar 2006, Navarro vd. 2014). FAO'nun sunduğu 2022 verilerine göre Türkiye incirde 350.000 ton üretim kapasitesi ve 95.314 ton ihracat kapasitesi ile dünyada birinci sıradadır (FAO 2022). Ülkemizin en önemli ihraç ürünlerinden biri olan kuru incirin dünya pazarındaki yerini koruyabilmesi; istenilen kalitede ürünün elde edilmesine ve ürünün raf ömrü süresince kalitesini korumasına bağlıdır. Bu süreci etkileyen birçok faktörün en önemlilerinden biri de zararlı böceklerdir.

Kuru incirin zararlılardan elimine edilmesinde hasat sonrası kullanılan en etkili fumigant metil bromidin (MeBr) ozon tabakasına verdiği zarar nedeniyle 2015 yılında yasaklanmasının ardından alternatif yöntemlerin araştırıldığı çalışmalar ivme kazanmıştır. Bu yöntemler içerisinde başta fosfin fümigasyonu olmak üzere sülfürlü florid, yüksek basınç CO₂, kontrollü atmosfer, ekstrem sıcaklıklar ve ozon uygulamaları yer almaktadır (Donahaye ve Navarro 1989, Fields ve White 2002, Finkelman vd. 2006, Navarro vd. 2007, Şen vd. 2009, Hulasare vd. 2010, Karakoyun ve Emekci 2010, Aksoy vd. 2012, Navarro vd. 2014, Tütüncü ve Emekci 2014). Ülkemizde ise yaygın olarak fosfin fumigasyonu ve derin dondurma (şoklama) yöntemleri kullanılmaktadır (Gençdağ vd. 2019). Kuru incir fumigasyonunda amaç, zararlılarda en düşük dozda ve en kısa sürede mutlak ölüme ulaşmaktır. Metil bromid kullanılarak yapılan fumigasyonlarda 24 saatlik uygulamalar yeterli olmaktadır; fosfin kullanılan uygulamalarda mutlak ölümün sağlanması için gereken uygulama süresi sıcaklığa ve zararlı türüne bağlı olarak görece (3-15 gün) daha uzundur. Bunun yanı sıra, depolanmış ürün zararlısı böceklerde direnç gelişimine neden olduğu yapılan birçok çalışmada vurgulanmaktadır (Benhalima vd. 2004, Pimentel vd. 2009, Emery vd. 2011, Nayak vd. 2020). Derin dondurma (şoklama) yöntemi ise ürünün sıfırın altında -18 ve -20°C

sıcaklıklarda 24-48 sa tutulması şeklinde gerçekleştirilmektedir ancak yüksek enerji maliyeti gerektiren bir uygulamadır (Emekci vd. 2004, Yatkın 2013).

Kuru meyvede hasat sonrası kullanılan toksik fümigantlara alternatif olarak CO₂ uygulamaları önemli bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır. Karbondioksit, yeterli süre ve uygun sıcaklıklarda yüksek konsantrasyonlarda uygulandığında böcekler ve diğer birçok zararlı için toksik etkiye sahiptir. Ayrıca kalıntı riski ve yanıcı özelliği olmadığı için güvenli bir gazdır. Ülkemizde organik kuru incirde hasat sonrası, üründe bulunan zararlılarla savaşım için PVC fümigasyon birimleri içerisinde CO₂ uygulaması yapan firmalar vardır (Şahin ve Konak 2004). Bir fümigant olarak atmosfer basıncında uygulanan CO₂, fosfin veya metil bromitten daha yavaş etki göstermektedir. Normal atmosfer basıncında CO₂ uygulamalarının hedef zararlının tüm biyolojik evreleri üzerinde etkili olabilmesi için sıcaklığa da bağlı olarak birkaç günden birkaç haftaya kadar süre geçmesi gerekmektedir (Banks ve Annis 1990, Fleurat-Lessard 1990). Ülkemizde kuru incirin pazarlanma süreci Ağustos ayı ortasından itibaren başlar ve üretimin büyük bir kısmı Kasım ayı ortasına kadar özellikle Avrupa ülkelerine ihraç edilir. Avrupa pazarına olabildiğince erken girme baskısı nedeniyle, fümigasyon süresinin uzunluğu ihracatçılar için önemli bir sorun olmaktadır (Sen vd. 2010).

Karbondioksit uygulamasının etkinliğini arttırmanın bilinen iki yolu, sıcaklığı ve basıncı yükseltmektir (Nielsen 2001). Gazların çözünürlüğünün yüksek basınç altında arttığı bilinmektedir. Dolayısıyla yüksek basınç koşullarında CO₂'in toksik etkisi böcek hemolimfnde çözünürlüğünün artması ile artan asitliğin (pH değerinin düşmesi) sonucu olarak açıklanmaktadır (Ulrichs vd. 1997). Yüksek basınçlı gazın böceklerin dokuları üzerinde genişlemeye neden olan fiziksel bir etkisi olduğu da bildirilmiştir (Nakakita ve Kawashima 1994). Bu nedenle gazın yüksek basınç sisteminden hızlı şekilde tahliye edilmesinin böceğin hücre zarlarını tahrip ettiği; dolayısıyla zararlının ölümünde rol oynadığı belirtilmiştir (Stahl 1985, Caliboso vd. 1994). Adler (1994), 10°C sıcaklıkta %90 CO₂ içeren bir ortamda *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) yumurtalarını öldürmek için gereken sürenin 35 gün, 30°C'de ise bu sürenin 3 gün olduğunu bildirmiştir. Yine aynı türün yumurta evresi ile yapılan başka bir çalışmada ise 10°C sıcaklıkta %99 CO₂ içeren 20 bar basınç ortamında %100 ölüm oranına

ulaşmak için gereken surenin 3 saat olduğu tespit edilmiştir (Prozell ve Reichmuth 1991). Yuksek basınç CO₂ uygulamaları hem uygulama suresinin kısalığı, hem de uygulamadan hemen sonra ürünün tüketime sunulabilmesi açısından önemli bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır (Riudavets vd. 2010).

Yuksek basınç koşullarında CO₂ gazı uygulaması, özellikle nem içeriği düşük ürünlerde zararlılar ile savaşında kullanılan bir yöntemdir. Yuksek basınç CO₂ uygulamaları için gerekli olan ekipmanların görece yuksek ilk kurulum maliyeti gerektirmesi nedeniyle, bu sistemin daha çok baharat, fındık, incir, tıbbi bitkiler ve diğer özel ihracat ürünleri gibi yuksek değerli ürünler için kullanımının pratik olabileceği düşünülmektedir (Navarro 2006). Yanı sıra, incirde olduğu gibi, kısa uygulama suresini zorunlu kılan şartların varlığında geçerli bir alternatif olarak kabul edilebilir. Zehirli kimyasal bileşiklerin kullanılmadığı ve dolayısıyla kalıntı riski taşımayan bu uygulama ile organik olarak üretilecek olan ürünün artan katma değerinin ekonomiye ayrıca olumlu yönde katkısının olacağı öngörülmektedir.

Türkiye için önemli ihracat ürünlerinden biri olan kuru incirin organik yöntemlerle kısa surede zararlılardan arındırılması, dolayısıyla katma değerinin artması, ülke ekonomimiz açısından oldukça önemlidir. Bu tez çalışması kapsamında kuru incirin ana zararlılarından ekşilik böceği olarak bilinen *Carpophilus hemipterus* (Coleoptera: Nitidulidae)’a karşı toksik fumigantlara alternatif olmak üzere yuksek basınç CO₂ uygulamasının etkinliği araştırılmıştır. alışmalar *C. hemipterus*’un tüm biyolojik evreleri (yumurta, larva, pupa ve ergin) ile 3 farklı sıcaklık (20, 25 ve 30°C) ve iki farklı basınç (5 ve 10 bar) seviyesinde yürütülmüştür.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Yüksek basınç CO₂ uygulamalarının *Carpophilus hemipterus*'a etkinliği ile ilgili olarak literatürde çalışma bulunmaması nedeniyle, yapılan kaynak araştırması diğer depo zararlılarını da içerecek şekilde genişletilerek tarihsel akış içinde aşağıda verilmiştir.

Mitsura vd. (1973), yüksek basınç altında 4 farklı gazın (karbondioksit, hidrojen, nitrojen ve nitroz oksit) etkinliğini küf akarı *Tyrophagus putrescentiae* (Acari: Acaridae) üzerinde değerlendirdikleri çalışmada en güçlü etkiyi CO₂ gazının gösterdiğini tespit etmişlerdir. On dk süreyle 16 bar yüksek basınç CO₂'e maruz kalan *T. putrescentiae*'nin tüm evrelerinin öldüğünü bildirmişlerdir. Mitsura vd. (1973)'nin bu çalışması yüksek basınç CO₂ yönteminin zararlı arthropodların mücadelesinde kullanıldığı ilk çalışmadır.

Fleurat-Lessard (1990), CO₂ basıncının 1'den 20 bara yükseltilmesinin buğday biti *S. granarius* larvalarının ölmesi için gereken süreyi 18 günden 4 saate kadar düşürdüğünü bildirmiştir. Başka bir çalışmada *S. granarius*'un tüm evrelerinde mutlak ölümün sağlanması için 20 bar basınç altında 60 dk'lık bir uygulamanın yeterli olduğu tespit edilmiştir (Prozell ve Reichmuth 1991).

Nakakita ve Kawashima (1994), mısır biti *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae)'ın larva, pupa ve erginlerini 20 bar basınçta, yumurtalarını ise 30 bar basınçta öldürmek için sadece 5 dk'lık bir uygulamanın yeterli olduğunu bildirmiştir.

Reichmuth ve Wohlgemuth (1994), 20 bar basınçta CO₂ uygulamasının *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae)'nın farklı yaştaki yumurtaları üzerindeki etkinliğini değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar, 25°C sıcaklıkta, 8 sa ve daha genç yaştaki yumurtaların ölümü için 40 dk; 1 ve 4 gün yaşlı yumurtaların ölümü için ise 20 dk'nın yeterli olduğunu bildirmektedir.

Ulrichs vd. (1997), yüksek basınç CO₂ uygulamasının ve uygulama sonrası gazın sistemden tahliye hızının *Lasioderma serricorne* (Coleoptera: Anobiidae) üzerindeki etkinliği değerlendirmişlerdir. *L. serricorne* yumurtalarının mutlak ölümü için 25°C’de 25, 30, 35 ve 40 bar basınç altında sırasıyla 80, 52, 36 ve 20 dk süreli bir uygulamanın yeterli olduğu tespit edilmiştir. Larva ve ergin evrelerinin yumurta evresine kıyasla daha hassas olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, ayrıca 20 bar basınçta 5 dk sabit uygulama süresinin ardından 1 ve 2 dk olarak uyguladıkları gaz tahliye süresi sonunda *L. serricorne* erginlerinde sırasıyla %40 ve %100 ölüm elde ederek, gaz tahliye süresinin etkinlik üzerinde önemli etkisinin olduğunu göstermiştir.

Prozell vd. (1997), 12 farklı depolanmış ürün zararlısı (7 coleopter, 5 lepidopter) türün tüm biyolojik evrelerinin konulduğu bir ton çuvallanmış (kakao çekirdekleri, fındık ve tütün) değişik sıcaklık ve sürelerde 20-40 bar basınç aralığında CO₂ uygulaması gerçekleştirmiştir. 10°C’de 20 bar basınçta tüm türlerin mutlak ölüm için gereken uygulama süresi yaklaşık 3 sa; 20°C’de 30 ve 37 bar basınçta sırasıyla 1 sa ve 20 dk olarak tespit edilmiştir.

Başka bir çalışmada yüksek basınçta CO₂ uygulamasının *L. serricorne* ile mücadeledeki etkinliği farklı sıcaklıklarda araştırılmıştır. Denemelerde 20 bar CO₂ ile 15°C sıcaklıkta etkili mücadele için gerekli süre 120 dk olurken, 25°C’de 95 dk, 35°C’de ise 20 dk olarak bulunmuştur. Sıcaklık 15°C’ye düşürüldüğünde ise etkili mücadele için gereken sürenin %25 arttığı gözlenmiştir (Ulrichs ve Reichmuth 1997).

Locatelli (1999), 25°C sıcaklıkta 20 bar basınçta *P. interpunctella* yumurtalarının (2-4 gün) ölümü için 40 dk; *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae)’nin tüm evrelerinin ölümü için ise 45 dk CO₂ uygulamasının yeterli olduğunu bildirmiştir.

Nielsen (2001), yüksek basınç CO₂ uygulamasının *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae)’nın yumurta evresi, *Stegobium paniceum* (Coleoptera: Anobiidae) ve *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae)’in ergin evresi üzerinde etkinliğini araştırmıştır. Beş bar yüksek basınç CO₂ uygulamasında, 5 sa uygulama süresi sonunda

elde edilen ölüm oranlarını *E. kuehniella*'da %30, *S. paniceum*'da %76, *O. surinamensis*'te %62 olarak bildirmiştir. On bar yüksek basınçta, 2 sa uygulama süresi sonunda ise ölüm oranlarının sırasıyla %98, %100 ve %98 olduğunu ifade etmiştir.

Moreno-Marí vd. (2002), yüksek basınç CO₂'in *S. oryzae* ve *O. surinamensis* yumurta ve erginleri üzerindeki etkinliğini; 3 farklı sıcaklık (20, 40 ve 60°C), 4 farklı basınç (1, 25, 60 ve 100 bar) ve 3 farklı sürede (1, 30 ve 60 dk) değerlendirmişlerdir. Her iki türün erginlerini öldürmek için her üç sıcaklıkta 25 bar basınçta 5 dk'lık bir uygulamanın yeterli olduğunu tespit etmişlerdir. *S. oryzae* yumurta ve erginlerini öldürmek için ise 20 ve 40°C'de 25 bar basınçta 30 dk'lık bir uygulamanın yeterli olacağı tespit edilmiştir. Araştırmacılar, 60°C sıcaklıkta 1 bar basınç altında 60dk'lık bir uygulama sonunda her iki tür için %100 ölüm oranına ulaşıldığını gözlemlemişlerdir.

Shazali vd. (2004), bÖrölce tohum böceği *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Chrysomelidae)'un farklı yaşlardaki yumurtalarına yüksek basınç CO₂ gazının etkinliğini, farklı basınç değerleri ve uygulama sürelerinde araştırmıştır. Araştırmacılar, 30 bar basınçta 20 dk'lık uygulama ile mutlak ölümü gerçekleşen 0-24 saatlik yumurtaların en dayanıklı yumurta yaşı olduğunu; 20 bar basınçta 10 dk'lık uygulama ile mutlak ölümü gerçekleşen 5 günlük yumurtaların ise en hassas yumurta yaşı olduğunu tespit etmişlerdir. Yumurtaların toleransının yaşla birlikte azaldığının gözlemlendiği bu çalışmada basınç seviyesi ve maruz kalma süresinin de ölüm oranını etkilediği bildirilmiştir.

Şen vd. (2009), metil bromid (24 saat süreyle 60 g m⁻³ MeBr), magnezyum fosfit (5 gün süreyle 1.0 g ve 2.0 g PH₃/ton incir), atmosferik CO₂ (gaz geçirmez PVC birimlerde 5 gün süreyle) ve yüksek basınç CO₂ (25 bar basınçta, 2 sa süreyle) uygulamalarının kuru incir zararlısı *Ephesia cautella* (Lepidoptera: Pyralidae) ve *Carpoglyphus lactis* (Acari: Carpoglyphidae)'in tüm biyolojik evreleri üzerinde etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Karbondioksit uygulamaları dikkate alındığında, normal atmosfer basıncında uygulanan CO₂'in etkin bir mücadele açısından 5 günlük uygulama gerektirdiği, yüksek basınç CO₂ (25 bar) ile yapılan denemelerde ise 2 saatlik bir uygulamanın yeterli olduğu gözlenmiştir.

Riudavets vd. (2010), *O.surinamensis*, *Cryptolestes ferrugineus* ve *L. serricorne*, *S. oryzae*, *Rhizoperta dominica*, *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera); *E. kuehniella*; *Liposcelis bostrychophila* (Psocoptera) ve *T. putrescentiae* (Acari) üzerinde yüksek basınç CO₂'in iki farklı basınçta (15 ve 20 bar) etkinliği araştırmışlardır. Karbondioksitin 20 bar basınçta 60 dk uygulanması, *L. serricorne* ve *L. bostrychophila* türleri hariç, diğer türlerde mutlak ölüm için yeterli olmuştur. 20 bar basınçta *L. serricorne* yumurtasının diğer biyolojik evrelere göre oldukça toleranslı olduğu tespit edilmiştir. Akarlardan *T. putrescentiae*'de ise 15 bar basınçta 30 dk, 20 bar basınçta ise 15 dk'lık uygulamada mutlak ölüme ulaşılmıştır. Denemede kullanılan tüm türlerde ergin evresi genel olarak 20 bar basınçta 15 dk uygulama ile öldüğünden, en hassas biyolojik evre olarak bildirilmiştir. Tek istisna, mutlak ölüm için 60 dk uygulama gerektiren *L. serricorne* erginleri olmuştur. Her iki basınç seviyesinde (15 ve 20 bar) yumurta ve pupa evreleri en belirgin tolerans gösteren gelişim evreleri olarak gözlenmiş ve %100 ölüm elde etmek için 20 barda 30 dk bir uygulamanın yeterli olduğu bildirilmiştir.

Yüksek basınç CO₂ uygulamasının 20 bar basınçta farklı sıcaklık ve sürelerde *C. maculatus*'un tüm gelişim evreleri üzerindeki etkisinin araştırıldığı başka bir çalışmada, tüm gelişim evrelerinin ölümü için gerekli olan süre 24°C sıcaklıkta 180 dk; 25°C sıcaklıkta ise 120 dk olarak tespit edilmiştir. Ergin evrede mutlak ölümün sağlanması için 1 dk'lık bir uygulamanın yeterli olduğu bulunmuştur. Tüm evreler içerisinde ise en dayanıklı evrenin larva ve pupa olduğu bildirilmiştir (Kutbay vd. 2011). ,

Aksoy vd. (2012), depolanmış tahıl zararlısı *S. oryzae*'nin mutlak ölümü için 25°C sıcaklıkta 45 dk süreli 20 bar yüksek basınç CO₂ uygulamasının yeterli olduğunu bildirmiştir. Genel olarak, atmosferik koşullarda yapılan CO₂ uygulamalarına kıyasla, basıncı artırmanın %100 ölüm için gerekli olan maruz kalma süresini dolayısıyla uygulama süresini azalttığı ifade edilmiştir.

Noomhorm vd. (2013), normal atmosfer basıncında CO₂ uygulamasının, *S. zeamais* ve un biti, *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae)'un tüm biyolojik evrelerinin

ölümü için sırasıyla 6 ve 3 günlük uygulamayı gerektirirken; 8 bar yüksek basınç CO₂ uygulamasında bu sürenin sırasıyla 5 sa ve 2.5 saate düştüğü tespit edilmiştir.

Başka bir çalışmada, iki farklı sıcaklık (22 ve 33°C) ve 5 farklı basınçta (1-5 bar) uygulanan CO₂ ve N₂ (azot) gazının börülce tohum böceği *C. maculatus* ve un biti *T. castaneum* üzerindeki etkinliği araştırılmıştır. Sıcaklıktan bağımsız olarak, basınç altında CO₂'in diğer iki gazdan daha etkili olduğu tespit edilmiştir. *T. castaneum*'un ise 22°C sıcaklıkta basınç altında N₂'e daha duyarlı olduğu gözlenmiştir. Her iki böcek türünde de en yüksek ölüm oranının gözlemlendiği ergin evresi en hassas evre iken; pupa evresi ise en toleranslı evre olarak tespit edilmiştir (El Bana vd. 2015).

Ebian vd. (2017), depolanan ürünlerde zararlı iki sekonder böcek türü (*O. surinamensis* ve *S. paniceum*) üzerinde CO₂, N₂ ve atmosferik basıncın etkisini değerlendirmişlerdir. Böcekler 20°C'de 5 farklı basınçta (1-5 bar) ve iki farklı sürede (1 ve 2 gün) basınçlı gaza maruz bırakılmıştır. Araştırmada, *O. surinamensis* için en yüksek ölüm oranları CO₂ gazı uygulaması ile elde edilmiş, bunu sırasıyla N₂ ve atmosferik basınç uygulamaları izlemiştir. Azot ve atmosferik basınçta her iki böcek türünde de yumurta evresi en toleranslı evre olarak belirlenirken; ergin evresinin tüm basınç seviyeleri ve uygulama sürelerinde en hassas evre olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca *S. paniceum*'un larva evresinin yüksek basınç CO₂'e diğer evrelere göre daha toleranslı olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir.

Başka bir çalışmada altı coleopter (*R. dominica*; *S. paniceum*; *O. surinamensis*; *T. confusum*; *Bruchus lentis*; *C. maculatus*) ve 2 lepidopter (*P. interpunctella*; *Corcyra cephalonica*) türü olmak üzere 8 depolanmış ürün zararlısı türün yumurta, larva, pupa ve ergin evreleri üzerinde 18 bar yüksek basınç CO₂'in etkinliği araştırılmıştır. Uygulamadan 15-20 gün sonra yapılan değerlendirme sonuçlarına göre, *C. maculatus* dışındaki türlerde tüm evrelerde %100 ölüm elde etmek için 90 dk'lık uygulamanın yeterli olduğu; *C. maculatus*'ta ise 120 dk'lık uygulama ile %100 ölüm elde edildiği bildirilmiştir (Serrani vd. 2020).

Kuru kayısıda zarar oluşturan *T. castaneum* ve *R. dominica* türleri üzerinde yüksek basınç CO₂'in etkinliğinin araştırıldığı bir diğer çalışmada 20 sa süreyle 0.1 bar ila 0.5 bar arasındaki 5 farklı basınç seviyesinde denemeler yürütülmüş ve her iki türde basınç seviyesinin artmasıyla ölüm oranlarının arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, 0.5 bar basınçta uygulanan CO₂'in kuru kayısının kalite unsurlarından renk, kırılgenlık, sertlik, tatlılık, ekşilik, asitlik, nem yüzdesi gibi çeşitli fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir (Sadeghi vd. 2021).

3. MATERİYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Çalışmada kullanılan tür

Çalışmada Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Depolanmış Ürün Zararlıları Laboratuvarında yetiştirilen *Carpophilus hemipterus* kültürü kullanılmıştır.

Hasat öncesi ve sonrasında incir meyvesinin ana zararlılarından biri olan ve ekşilik böceği olarak bilinen *Carpophilus hemipterus* (Linnaeus 1758), Coleoptera takımı, Nitidulidae familyası içindeki *Carpophilus* cinsine bağlıdır (Parsons 1943).

Carpophilus hemipterus yumurtaları beyaz renkli, sosis şeklinde ve 0.8 mm boyundadır. Olgun larvalar beyaz renkli ve yaklaşık 4-6 mm boyundadır. Baş ve abdomen sonu amber kahverengidir. Vücut üzeri iğne benzeri kıllarla kaplıdır ve abdomen sonunda biri diğerinin hemen önünde olacak şekilde 2 adet büyük uzantı yer almıştır. Pupalar beyaz renkli ve yaklaşık 2 mm boyunda ve serbest tiptedir. Erginleri yaklaşık 3-5 mm boyunda, kahverengi veya parlak siyah renklidir. Uçma yeteneğine sahip olan erginlerde antenin son üç segmenti diğer segmentlere göre daha geniş ve topuzlu yapıdadır. Prothorax'ın ön köşesinde diş benzeri amber kahverengi loblar bulunur. Bacaklar açık kırmızı kahverenginden amber rengine kadar değişiklik göstermektedir. Elitra abdomeni tam olarak örtmez. (Parsons 1943).

Carpophilus hemipterus erginleri 3-4 ay yaşar ve dişileri ortalama olarak 1000 adet yumurta bırakabilmektedir. Yumurtalar 1-4 günde açılır. Larva 4 gömlek değiştirir ve gelişimini 4-15 günde tamamlar. Prepupa evresi 3-8 gün, pupa evresi ise 4-16 gün sürer. Kışı doğada bitki artıkları arasında, odun kırıntıları arasında ergin halde; depolarda ergin veya pupa halinde geçirirler. Mart sonu nisan başı kışlaklardan çıkan erginler birçok farklı ürünle beslenir. İncir, üzüm, erik, trabzon hurması, elma, armut, şeftali,

kayısı, portakal, limon, nar, ayva vb. meyvelerin yaş ve kuru dönemlerinde; ceviz, yer fıstığı, fındık, kakao, mısır, mısır unu, pirinç, yulaf, baklagiller, baharat tıbbi bitkiler vb. gıda maddelerinde zarar oluşturmaktadır. Hem larva hem de ergin evresinin incirde doğrudan beslenmesinin yanı sıra *Aspergillus* spp., *Alternaria* spp. ve *Penicillium* spp. gibi funguslara taşıyıcılık yaparak ihracatta sorunlara yol açan ve insan sağlığına da zarar veren aflatoksin oluşumuna neden olmaktadır (Karakoyun 2011, Yatkın 2013).

Denemeler zararlının yumurta (0-24, 24-48 sa), genç larva (5-6 gün), olgun larva (10-12 gün), pupa (0-24, 24-48, 48-72 sa) ve ergin evreleri ile yürütülmüştür.

3.2 Yöntem

3.2.1 *Carpophilus hemipterus*'un yetiştirilmesi

Carpophilus hemipterus 25°C sıcaklık ve %75±5 orantılı nem koşullarındaki klimatize iklim odasında yetiştirilmiştir. *Carpophilus hemipterus*'un yetiştirilmesinde mısır unu (62 g), glukoz (45 g), şeker (22 g), maya (25 g), su (500 ml) propiyonik asit, metil 4-hidroksibenzoat ve agaragar (9 g)'dan oluşan besin karışımı kullanılmıştır (Donahaye ve Navarro (1989). Sıcak tabla üzerinde ısıtılarak hazırlanan besin, soğuduktan sonra kültürlerin beslenmesinde kullanılmak üzere parçalar halinde kesilerek buzdolabında muhafaza edilmiştir.

Başlangıç kültüründe 150-200 adet ergin birey ve besin, cam kavanoz içerisine konularak ağızları hava girişini sağlamak amacıyla ambalaj tülü ile kapatılmıştır (Şekil 3.1). Ardından, 25°C sıcaklık ve %75 orantılı nem koşullarına ayarlanmış klimatize iklim odasına bırakılmıştır.

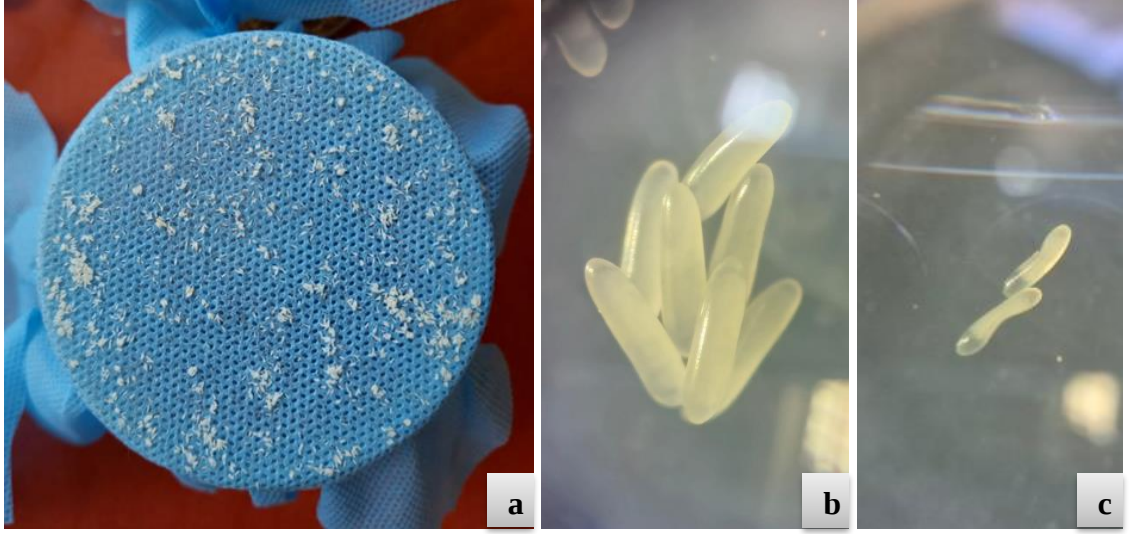


Şekil 3.1 *Carpophilus hemipterus* besin hazırlanışı ve kültür kavanozu

3.2.2 *Carpophilus hemipterus*'un biyolojik evrelerinin elde edilmesi

3.2.2.1 Yumurta evresi

İçerisinde besin bulunan kavanozlara bırakılan yumurtalardan çıkan larvalar 25°C sıcaklıkta ortalama 20 günde gelişimini tamamlamakta ve ergin çıkışları başlamaktadır. Yumurta elde etmek amacıyla bu kavanozlardan yumuşak pens yardımıyla toplanan erginler, içinde besin bulunan kavanozlara aktararak kavanozun ağzı iki kat ambalaj tülü ile kapatılmıştır. Aktarılan erginler klimatize iklim odasında 24 sa bekletildikten sonra dişi bireylerin ambalaj tülünün gözenekleri arasına bıraktığı yumurtalar bir petriye aktarılmış ve böylece 0-24 saatlik yumurtalar elde edilmiştir (Şekil 3.2.a,b). Bu şekilde elde edilen yumurtalar böcek yetiştirme odasında 24 sa daha bekletilerek 24-48 sa yaşlı yumurtalar elde edilmiştir (Şekil 3.2.c).



Şekil 3.2 a) *Carpophilus hemipterus*'un ambalaj tülü üzerine bırakılan yumurtaları b) 0-24 sa yumurta c) 24-48 sa yumurtaların binoküler görüntüsü

3.2.2.2 Larva evresi

Elde edilen 0-24 saatlik yumurtalar, kavanoz içerisindeki besinin üzerine aktarılmış ve klimatize iklim odasına bırakılmıştır. Yapılan gözlemlerde yumurtaların 48 saatten sonra açılmaya başladığı ve çıkış yapan genç larvaların yaklaşık 10-12 gün sonra prepupa evresine geçtiği tespit edilmiştir. Belirtilen süreye göre kültür kavanozlarının kontrolü yapılarak yaklaşık 5-6 günlük larvalar genç larva; 10-12 günlük hareketli larvalar ise olgun larva olarak kabul edilerek denemelerde kullanılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 *Carpophilus hemipterus* larvası

3.2.2.3 Pupa evresi

Pupa elde etmek amacıyla, 0-24 saatlik yumurtaları içeren kültür kavanozları larva elde etmek için kullanılan yöntemle oluşturulmuştur. Gelişme süresinin 12. gününden itibaren kavanozdaki larvalar her gün aynı saatte olacak şekilde kontrol edilerek pupa olanlar yumuşak pens yardımıyla alınıp petri kabı içerisinde toplanmış ve üzerine tarih kaydı yapılarak böcek yetiştirme odasına yerleştirilmiştir (Şekil 3.4). 0-24 saatlik pupaların klimatize iklim odasında 24 ve 48 sa bekletilmesiyle sırasıyla 24-48 sa ve 48-72 sa yaşlı pupalar elde edilmiş ve denemelerde 0-24, 24-48 ve 48-72 saatlik pupalar kullanılmıştır.



Şekil 3.4 *Carphophilus hemipterus* pupası

3.2.2.4 Ergin evresi

0-24 saatlik pupaların yer aldığı kültür kavanozu, pupa evresi gelişiminin 6. gününden itibaren her gün kontrol edilerek, çıkış yapan erginler toplanmıştır. Toplanan erginler içerisinde besin olan kavanoza aktarılarak, tarih ve yaşları kaydedilmiştir (Şekil 3.5). Böcek yetiştirme odasında bir hafta bekletildikten sonra 7-10 günlük olan karışık cinsiyetteki erginler denemeye alınmıştır.

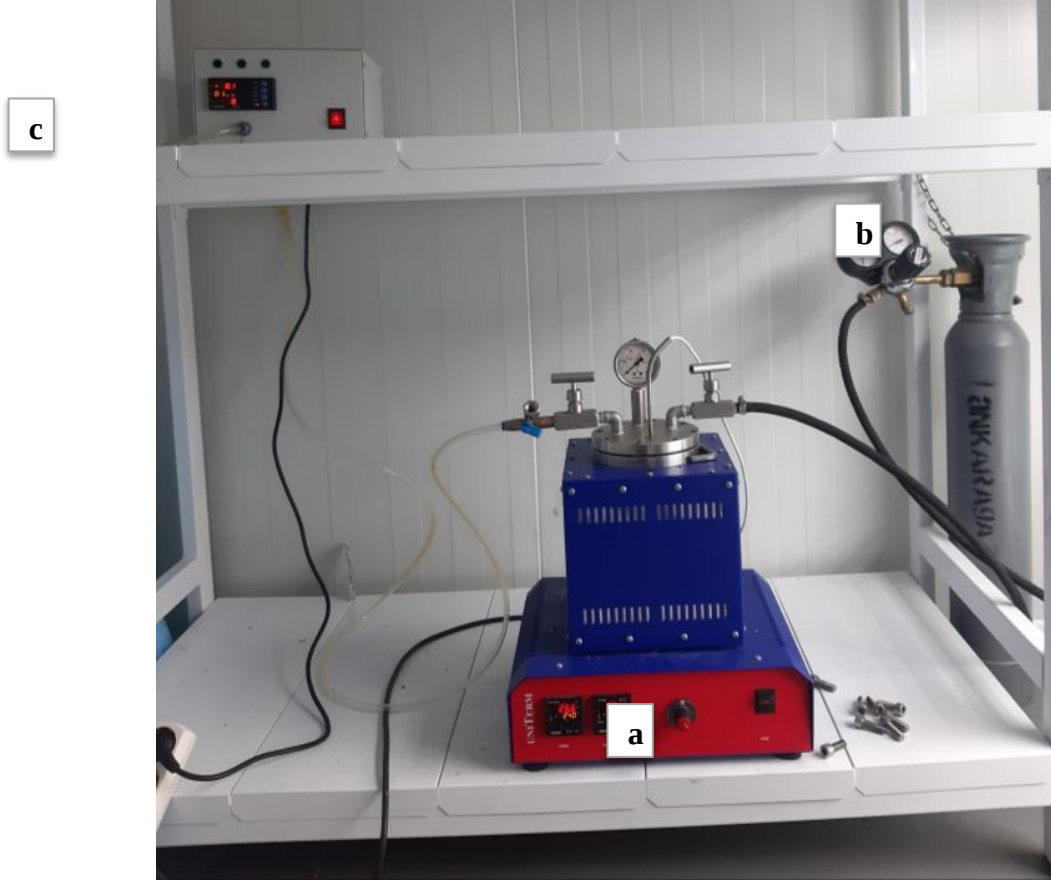


Şekil 3.5 *Carpophilus hemipterus* ergini

3.3 Yüksek Basınç Cihazı

Denemelerde UNITERM marka URT-5050/1 model; 1000ml kapasiteli paslanmaz çelik hazne, 50°C sıcaklık ve 50 bar basınca kadar dayanıklı yüksek basınç cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.6.a). Cihazda gaz giriş ve çıkışı için iki adet iğne valf bulunmaktadır. Büyük silindir karbondioksit tüpü, basınca dayanıklı bir boru yardımıyla gaz giriş valfinden reaktöre bağlanmıştır (Şekil 3.6.b). Sıcaklık ve basınç dijital olarak kontrol edilmiştir.

Sistemden gaz tahliyesinin istenilen sürede sağlanabilmesi için yüksek basınç cihazının gaz çıkış vanası yazılımla destekli tahliye cihazına bağlanmıştır (Şekil 3.6.c). Böylece her uygulamada gaz tahliyesinin sabit sürelerde ve kademeli olarak gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Tüm denemelerde tahliye süresi 30 dk olarak ayarlanmıştır.



Şekil 3.6 a) Yüksek basınç cihazı b) CO₂ tüpü c) Gaz tahliye cihazı

3.4 Biyolojik Evre Denemeleri

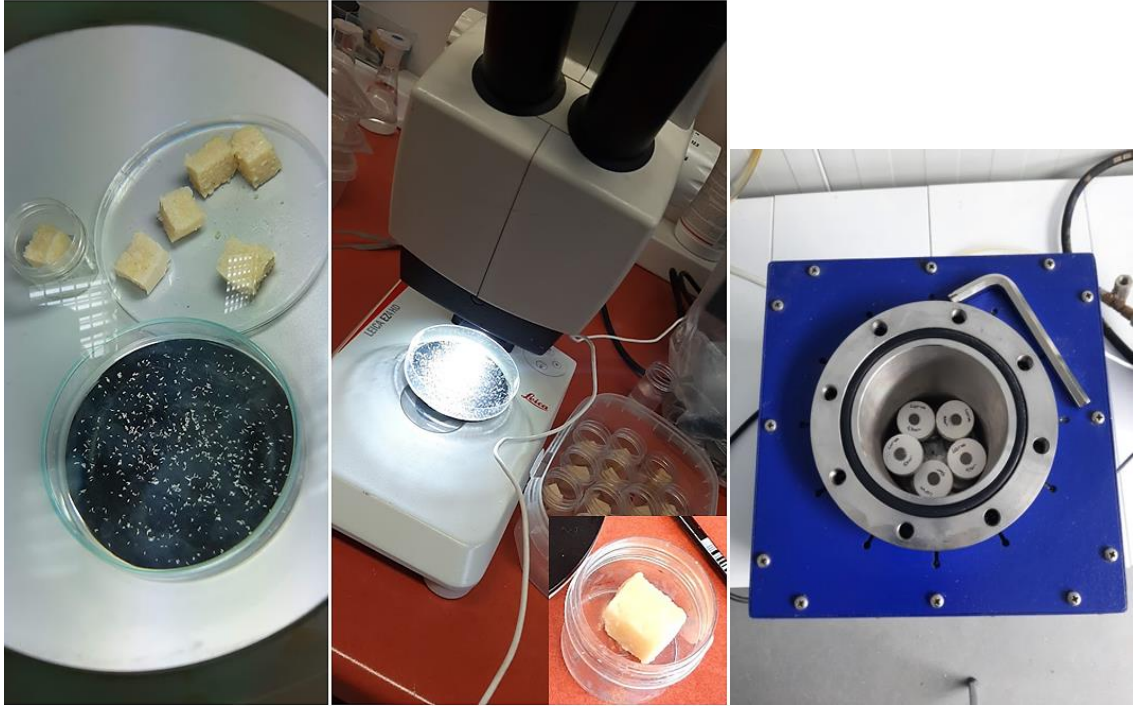
3.4.1 Yumurta evresi denemeleri

0-24 ve 24-48 sa yaşlı yumurtalar stereoskopik binoküler mikroskop altında dikkatle incelenerek yapısal olarak düzgün görünenler samur fırça (No:000) yardımı ile deneme kaplarında bulunan besin üzerine her tekerrürde 20 adet yumurta olacak şekilde aktarılmıştır. Deneme kabı olarak 25 ml polystrene vida kapaklı, kapak kısmı hava sirkülasyonunun sağlanması için 2 cm çapında daire şeklinde kesilerek 80 mesh'lik tel ile kapatılmış deneme kapları kullanılmıştır. Beş tekerrür olacak şekilde hazırlanan deneme kaplarının üzerine böceğin biyolojik evresi, yaşı, uygulama süresi, uygulanacak basınç seviyesi ve uygulama tarihi kaydedilmiştir (Şekil 3.7).

Deneme kapları (5 adet) hedeflenen sıcaklığa (20, 25 ve 30°C) ayarlanan yüksek basınç cihazı içerisine yerleştirilerek, düzeneğin kapağı dikkatli bir şekilde kapatılmıştır. Ardından CO₂ tüpünün vanası açılarak basıncın istenilen seviyeye (5 veya 10 bar) gelmesi sağlanmış ve vana kapatılmıştır. Denemenin başlangıç saati not alınarak, uygulama süresine göre bitiş saatine kadar deneme kapları düzenek içerisinde kalmıştır. Deneme bitiş saatinde gazın tahliyesi için gerekli olan program başlatılmış ve gaz tahliye vanası açılmıştır.

Gaz tahliye süresi tüm denemelerde aynı olacak şekilde 30 dk'ya ayarlanmıştır. Gaz tahliye bitişinin ardından cihaz kapağı açılarak yüksek basınç haznesi içinden alınan deneme kapları 25°C sıcaklık ayarlı klimatize odaya yerleştirilmiştir. Her bir süre için 3 kez tekrarlanan denemelerde, her tekrar 5 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Günlük gözlemler sonucu yumurtadan çıkış yapan larvalar canlı olarak kabul edilmiş ve verilerin kaydı gerçekleştirilmiştir. Tüm biyolojik evrelerde deneme süreleri bir saatten başlayarak mutlak ölümün gerçekleştiği süre belirlenene kadar birer saat arayla uzatılmıştır.

Kontrol için hazırlanan deneme kapları herhangi bir işlem görmeden 25°C'de ki klimatize iklim odasına yerleştirilerek günlük gözlemler sonucu çıkış yapan larvalar kontrol edilmiştir.



Şekil 3.7 Uygulama için stereoskopik binoküler mikroskop altında incelenerek içerisinde bir miktar besin bulunan deneme kaplarına aktarılan yumurtalar ve yüksek basınç cihazı içine yerleştirilen deneme kapları

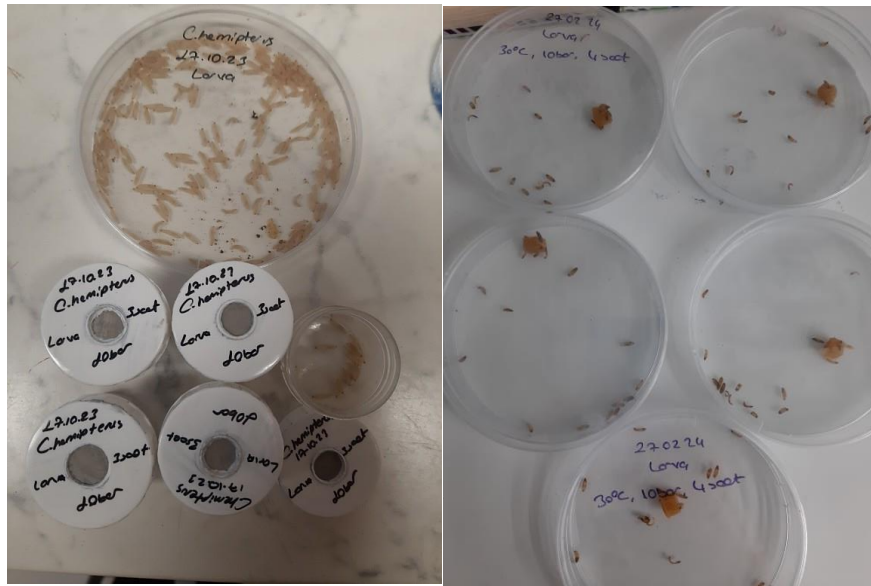
3.4.2 Larva evresi denemeleri

Larva evresinde yapılan denemelerde genç (5-6 gün) ve olgun (10-12 gün) larvalar (yumurta evresi süresi hariç) kullanılmıştır. 0-24 saatlik yumurtalardan elde edilen larva kültürlerinden, yumuşak pens yardımı ile her bir deneme kabına 20 adet larva aktarılmıştır (Şekil 3.8). Deneme kaplarının yüksek basınç cihazı içerisine alınması ve uygulama süreci yumurta evresi denemelerinde anlatıldığı şekilde gerçekleştirilmiştir.

Deneme bitişi ve gaz tahliyesinin yapılmasının ardından hazneden alınan deneme kapları içerisindeki larvalar, gözlemlerin rahat yapılabilmesi için petri kaplarına aktarılmış ve bir miktar besin eklenmiştir. Petri kaplarının üzerine uygulama tarihi, larva yaşı, uygulanan basınç, sıcaklık ve uygulama süresi bilgileri eklenerek, 25°C sıcaklığa ayarlı klimatize odaya yerleştirilmiştir.

Her bir süre için 3 kez tekrarlanan denemelerde, her tekrar 5 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Günlük gözlemler sonucu pupa olan bireyler canlı olarak kabul edilmiş ve verilerin kaydı gerçekleştirilmiştir. Deneme süreleri mutlak ölümün gerçekleştiği süre belirlenene kadar uzatılmıştır.

Kontrol için hazırlanan deneme kapları herhangi bir işlem görmeden 25°C’de ki klimatize iklim odasına yerleştirilerek günlük gözlemler sonucu pupa olan bireyler kontrol edilmiştir.



Şekil 3.8 Uygulama için deneme kaplarına alınan ve uygulama sonrası petri kaplarına aktarılan olgun larvalar

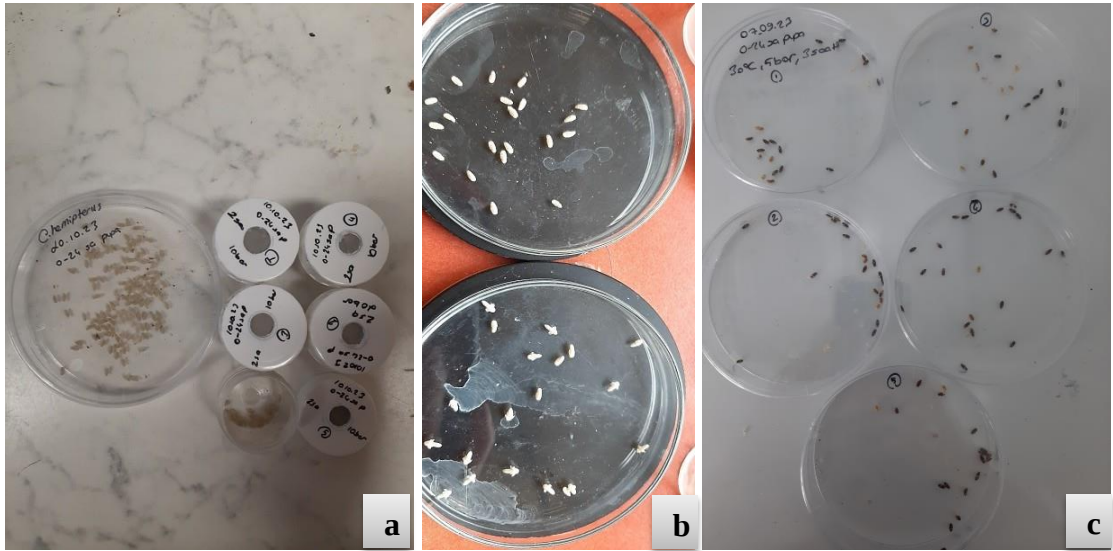
3.4.3 Pupa evresi denemeleri

Deneme amacıyla binoküler altında bakılarak 0-24 ve 24-48 ve 48-72 saatlik sağlıklı pupalar samur fırça (No: 000) yardımı ile deneme kaplarına, her kapta 20 adet pupa olacak şekilde, dikkatlice aktarılmıştır. Deneme kaplarının üzerine tarih, pupa yaşı ve uygulama süresi kaydedilmiştir (Şekil 3.9.a). Deneme kaplarının yüksek basınç cihazı içerisine alınma ve uygulama süreci diğer biyolojik evre denemelerinde anlatıldığı şekilde gerçekleştirilmiştir. Gaz tahliyesinin ardından cihaz kapağı açılarak hazne

içerisinden alınan deneme kaplarındaki bireyler petri kaplarına aktararak 25°C sıcaklık ayarlı klimatize odaya yerleştirilmiştir (Şekil 3.9.b,c).

Her bir süre için 3 kez tekrarlanan denemelerde, her tekrar 5 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Günlük gözlemler sonucu ergin olan bireyler canlı kabul edilerek verilerin kaydı gerçekleştirilmiştir. Uygulama süreleri mutlak ölümün gerçekleştiği süre belirlenene kadar uzatılmıştır.

Kontrol için hazırlanan deneme kapları herhangi bir işlem görmeden 25°C sıcaklığa ayarlı klimatize iklim odasına yerleştirilerek günlük gözlemler sonucu ergin olan bireyler kontrol edilmiştir.



Şekil 3.9 a) Uygulama için deneme kaplarına alınan 0-24 sa yaşlı pupalar b) uygulama öncesi (üst), uygulama sonrası (alt) pupa c) Ergin çıkışları kontrol edilen petri kapları

3.4.4 Ergin evresi denemeleri

Deneme amacıyla hazırlanan 7-8 günlük erginler yumuşak pens yardımıyla toplanmış ve deneme kaplarına her kaptaki 20 adet ergin olacak şekilde aktarılmıştır. Deneme kaplarının üzerine tarih, biyolojik evre ve uygulama süresi kaydedilmiştir. Deneme kaplarının yüksek basınç cihazı içerisine alınma ve uygulama süreci diğer evre

denemelerinde anlatıldığı şekilde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.10). Gaz tahliyesinin ardından cihaz kapağı açılarak hazne içerisinde alınan deneme kaplarının içerisindeki erginler petri kaplarına aktarılmış ve aç kalmamaları için bir miktar besin eklenerek 25°C sıcaklık ayarlı klimatize odaya yerleştirilmiştir.

Her bir süre için 3 kez tekrarlanan denemelerde, her tekrar 5 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Uygulamadan 24 sa sonra deneme kaplarında ölü ve canlı ergin sayıları kaydedilmiştir. Uygulama süreleri mutlak ölümün gerçekleştiği süre belirlenene kadar uzatılmıştır.

Kontrol için hazırlanan deneme kapları herhangi bir işlem görmeden 25°C sıcaklık ayarlı klimatize iklim odasına yerleştirilerek 24 sa sonra yapılan gözlemler sonucu ölü ve canlı ergin birey sayısı kaydedilmiştir.



Şekil 3.10 Uygulama için deneme kaplarına alınan ve uygulama sonrası bir miktar besinle birlikte petri kaplarına alınan erginler

3.5 İstatistiksel Analiz

Carpophilus hemipterus 'un tüm biyolojik evreleri (yumurta, larva, pupa ve ergin), farklı sıcaklık (20, 25 ve 30°C) ve basınç (5 ve 10 bar) koşullarında yüksek basınçlı CO₂ uygulamasına maruz bırakılmıştır. Denemeler sonucu belirlenen veriler iki yönlü varyans analizi (Factorial ANOVA) ile değerlendirilmiş ve gruplar arasındaki farklar Bonferroni testi ($p < 0.05$) ile belirlenmiştir (StatSoft 2004).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Biyolojik Evreler Üzerinde Basınç ve Sıcaklık Etkisi

4.1.1 Yumurta evresine olan etkisi

Yumurta evresi denemeleri, iki farklı yaş grubundaki yumurta (0-24 ve 24-48 sa), üç farklı sıcaklık (20, 25 ve 30°C) ve iki farklı yüksek basınç CO₂ (5 ve 10 bar) koşulunda gerçekleştirilmiştir.

Yumurta evresinde, 5 ve 10 bar yüksek basınçlı CO₂ denemelerinden elde edilen verilerle yapılan varyans analizi sonuçları çizelge 4.1 ve çizelge 4.2’de sunulmuştur. Her iki yüksek basınç koşulu için varyans analiz sonuçları değerlendirildiğinde, yumurta yaşı, sıcaklık ve uygulama süresinin ölüm oranı üzerinde önemli bir etkisi olduğu (P=0.00) belirlenmiştir. Ayrıca, faktörler (yumurta yaşı*sıcaklık*uygulama süresi) arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde interaksiyon olduğu tespit edilmiştir (P=0.00). Bu sonuçlar, yumurta evresindeki ölüm oranlarının yalnızca bireysel faktörlerden değil, aynı zamanda bu faktörlerin birbirleriyle olan etkileşimlerinden de önemli ölçüde etkilendiğini göstermektedir.

Çizelge 4.1 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 5 bar yüksek basınç CO₂ uygulamasına maruz bırakılan *Carpophilus hemipterus*’un yumurta evresine ait varyans analiz tablosu

	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Intercept	1	7665798	7665798	758713.0	0.00
Yumurta yaşı	1	26770	26770	2649.6	0.00
Sıcaklık	2	307959	153979	15239.9	0.00
Süre	15	4758113	317208	31395.2	0.00
Yumurta yaşı*Sıcaklık	2	1309	655	64.8	0.00
Yumurta yaşı*Süre	15	27444	1830	181.1	0.00
Sıcaklık*Süre	30	345242	11508	1139.0	0.00
Yumurta yaşı*Sıcaklık*Süre	30	28216	941	93.1	0.00
Hata	2604	26310	10		

Çizelge 4.2 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 10 bar yüksek basınç CO₂ uygulamasına maruz bırakılan *Carpophilus hemipterus*'un yumurta evresine ait varyans analiz tablosu

	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Intercept	1	4108221	4108221	393873.1	0.00
Yumurta yaşı	1	8642	8642	828.5	0.00
Sıcaklık	2	37761	18881	1810.2	0.00
Süre	6	2206562	367760	35258.8	0.00
Yumurta yaşı*Sıcaklık	2	2886	1443	138.3	0.00
Yumurta yaşı*Süre	6	10956	1826	175.1	0.00
Sıcaklık*Süre	12	55544	4629	443.8	0.00
Yumurta yaşı*Sıcaklık*Süre	12	5613	468	44.8	0.00
Hata	1038	10827	10		

Yumurta evresiyle yürütülen denemelerden elde edilen sonuçlara göre 5 bar yüksek basınçta 20, 25 ve 30°C sıcaklıklarda 0-24 sa yaşlı yumurtalarda sırasıyla 13, 6 ve 4. saatte; 24-48 sa yaşlı yumurtalarda ise 15, 7 ve 5. saatte mutlak ölümün gerçekleştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Bulgular incelendiğinde her uygulama için uygulama süresi arttıkça ölüm oranında arttığı gözlenmiştir.

Sıcaklığın ölüm oranı üzerindeki etkisi incelendiğinde yüksek sıcaklıkta ki (30°C) ölüm oranlarının, düşük sıcaklıklara (20 ve 25°C) kıyasla daha fazla olduğu gözlenmiştir. 0-24 sa yaşlı yumurtalarda her üç sıcaklık için 2, 3 ve 4 sa uygulama süresi sonucu elden edilen ölüm oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir. Örneğin 0-24 sa yaşlı yumurtalarda, 20°C'de 4 saatlik uygulamada ölüm oranı %22.3 iken, aynı koşullarda 25°C'de %77.7'ye ve 30°C'de %100'e yükseldiği tespit edilmiştir. 0-48 sa yaşlı yumurtalarda ise 3-6 saatler arasında elden edilen ölüm oranları arasındaki farkın önemli olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.3).

Yumurta yaşının ölüm oranı üzerindeki etkisi değerlendirildiğinde genel olarak daha genç yumurtaların (0-24 sa) yaşlı yumurtalara (24-48 sa) göre yüksek basınçlı CO₂'e karşı daha duyarlı olduğu gözlenmiştir. 25°C'de 0-24 sa yaşlı yumurtalara 5 sa süreyle yüksek basınç CO₂ uygulanması sonucu %96.7 ölüm oranı elde edilirken, aynı sıcaklık

ve sürede 24-48 sa yaşlı yumurtalarda ölüm oranı %71.3 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Diğer sıcaklık koşulları ve uygulama süreleri için de benzer durum geçerlidir.

Çizelge 4.3 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 5 bar yüksek basınç CO₂ uygulamasına maruz bırakılan *Carpophilus hemipterus*'un yumurta evresine ait ölüm oranları (%; ortalama±standart hata)

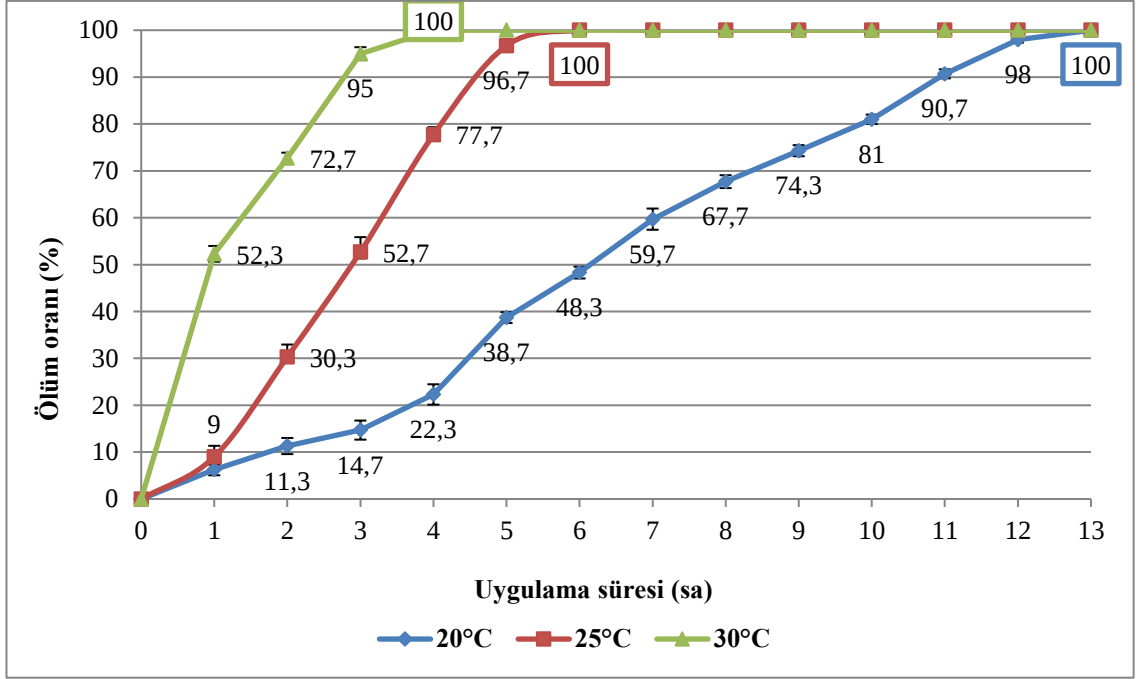
Uyg. Süre (sa)	0-24 sa yumurta			24-48 sa yumurta		
	20°C	25°C	30°C	20°C	25°C	30°C
0	0±0m*A**a***	0±0fAa	0±0dAa	0±0nAa	0±0gAa	0±0fAa
1	6.3±1.2lBa	9±2.3eBa	52.3±1.7cAa	2.3±0.7mnBa	7.3±1.5fBa	20.7±2.7eAb
2	11.3±1.7klCa	30.3±2.6dBa	72.7±1.2bAa	7.3±1.5lmBa	11.7±1.7fBb	46±1.4dAb
3	14.7±2.04kCa	52.7±3.2cBa	95±1.4aAa	11.7±2.1klCa	20.3±2.4eBb	64.3±0.9cAb
4	22.3±2.2jCa	77.7±1.6bBa	100±0aAa	15.7±2.1kCb	40±2.2dBb	87±0.8bAb
5	38.7±1.14hBa	96.7±0.93aAa	100±0aAa	21±2.5jCb	71.3±1.1cBb	100±0aAa
6	48.3±1.3gBa	100±0aAa	100±0aAa	29±1.5hCb	89.3±1.1bBb	100±0aAa
7	59.7±2.3fBa	100±0aAa	100±0aAa	36.3±2.2gBb	100±0aAa	100±0aAa
8	67.7±1.4eBa	100±0aAa	100±0aAa	45±1.4fBb	100±0aAa	100±0aAa
9	74.3±1.2dBa	100±0aAa	100±0aAa	57.3±1.6eBb	100±0aAa	100±0aAa
10	81±1cBa	100±0aAa	100±0aAa	64.7±1.5dBb	100±0aAa	100±0aAa
11	90.7±1.0bBa	100±0aAa	100±0aAa	75.3±1.5cBb	100±0aAa	100±0aAa
12	98±0.7aAa	100±0aAa	100±0aAa	82.3±1.4bBb	100±0aAa	100±0aAa
13	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	94±1aBb	100±0aAa	100±0aAa
14	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	97.7±0.8aAa	100±0aAa	100±0aAa
15	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	100±0 aAa	100±0aAa	100±0aAa

*Her bir sütunda aynı küçük harfi içeren ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (p<0.05).

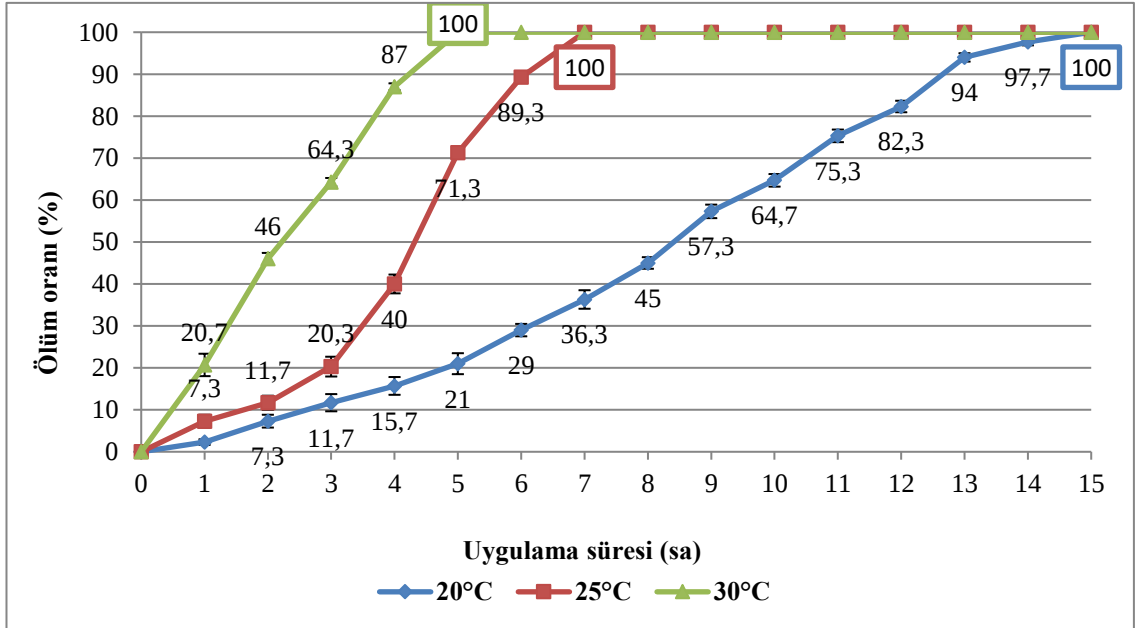
**Her bir satırda her bir yaş grubunda aynı büyük harfi içeren ölüm ortalamaları arasında sıcaklık bakımından fark yoktur.

***Her bir satırda aynı uygulama süresinde aynı italik harfi içeren aynı sıcaklıktaki farklı yaşlı evreler arasındaki fark önemsizdir.

Carpophilus hemipterus yumurtalarının 5 bar yüksek basınç CO₂ uygulamasına maruz bırakıldığı her iki yaş grubunda, sıcaklık ve süreye bağlı olarak elde edilen ölüm oranları (%) Şekil 4.1, 4.2'de sunulmuştur.



Şekil 4.1 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 5 bar yüksek basınç CO₂'e maruz bırakılan 0-24 sa yaşlı *Carpophilus hemipterus* yumurtalarında belirlenen ölüm oranları (%)



Şekil 4.2 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 5 bar yüksek basınç CO₂'e maruz bırakılan 24-48 sa yaşlı *Carpophilus hemipterus* yumurtalarında belirlenen ölüm oranları (%)

Yumurta evresinde 10 bar yüksek basınç CO₂ uygulamasında mutlak ölümün elde edildiği uygulama süreleri 20, 25 ve 30°C’de 0-24 sa yaşlı yumurtalarda sırasıyla 5, 3, 2 sa; 24-48 sa yaşlı yumurtalarda ise 6, 4 ve 3 sa olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.4). On bar yüksek basınç seviyesinde gerçekleştirilen tüm uygulamalarda, her bir sıcaklık için ölüm oranları kendi içinde değerlendirildiğinde, neredeyse tüm uygulama sürelerinde elde edilen farkların anlamlı olduğu görülmüştür. Uygulama süresi arttıkça ölüm oranlarının arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

Beş bar yüksek basınç CO₂ uygulamasında olduğu gibi sıcaklık arttıkça ölüm oranlarının da arttığı tespit edilmiştir. Örneğin, 0-24 saatlik yumurtalarda, 1 saatlik uygulama sonucunda ölüm oranı 20°C’de %41 iken, 30°C’de %93’e yükselmiştir. Benzer şekilde, 24-48 saatlik yumurtalarda her üç sıcaklık için (20, 25 ve 30°C) 1, 2 ve 3 saatlik uygulamalar sonucunda elde edilen ölüm oranları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p<0.05). Diğer yandan aynı sıcaklık ve uygulama sürelerinde, 24-48 saatlik yumurtaların ölüm oranlarının, 0-24 saatlik yumurtalara göre daha düşük olduğu gözlenmiştir. Örneğin, 25°C’de 0-24 saatlik yumurtalarda 2 saatlik uygulama sonucunda ölüm oranı %80.3 iken, 24-48 saatlik yumurtalarda bu oran %48 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 10 bar yüksek basınç CO₂’e maruz bırakılan *Carpophilus hemipterus*’un 0-24 ve 24-48 sa yaşlı yumurtalarına ait ölüm oranları (%; ortalama±standart hata)

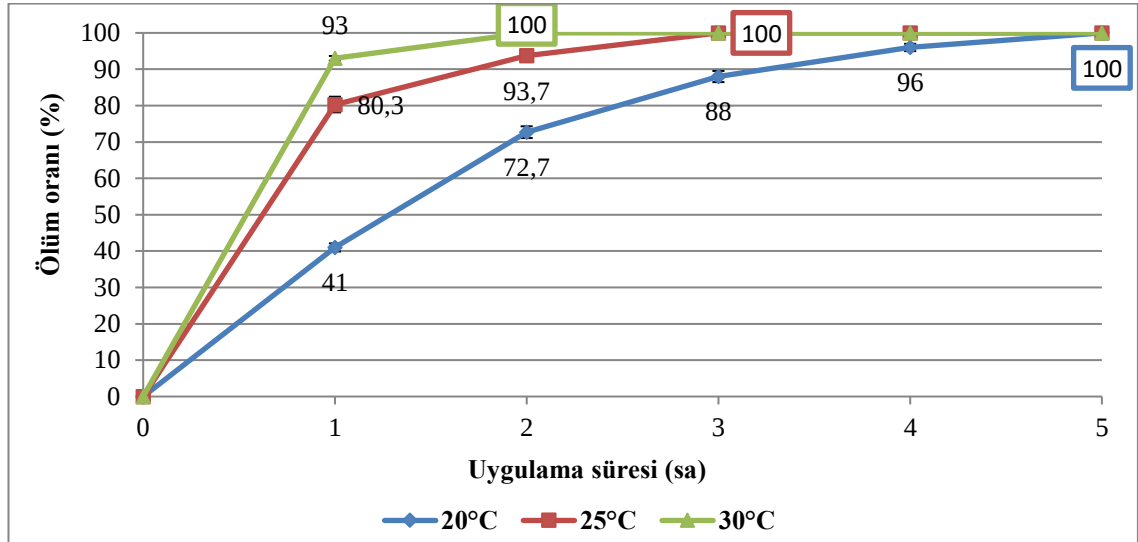
Uyg. Süre (sa)	0-24 sa yumurta			24-48 sa yumurta		
	20°C	25°C	30°C	20°C	25°C	30°C
0	0±0eAa	0±0dAa	0±0cAa	0±0gAa	0±0eAa	0±0cAa
1	41±1.1dCa	80.3±2.2cBa	93±0.7bAa	25.7±2.8fCb	48±3.5dBb	86.7±1.3bAb
2	72.7±1.6cCa	93.7±1.2bBa	100±0aAa	56.7±1.4eCb	65.7±2.1cBb	97.3±0.67aAa
3	88±1.5bBa	100±0aAa	100±0aAa	67.7±2.2dCb	89.3±1.6bBb	100±0aAa
4	96±1aBa	100±0aAa	100±0aAa	88±0.7cBb	100±0aAa	100±0aAa
5	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	93.7±1.0bBb	100±0aAa	100±0aAa
6	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa

*Her bir sütunda aynı küçük harfi içeren ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (p<0.05).

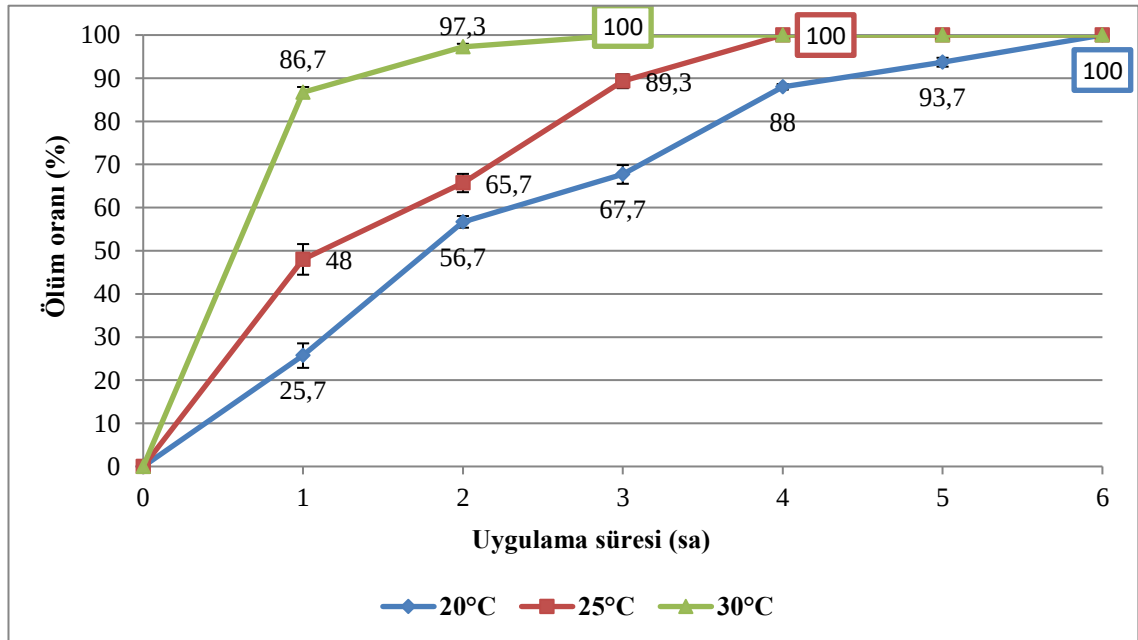
**Her bir satırda her bir yaş grubunda aynı büyük harfi içeren ölüm ortalamaları arasında sıcaklık bakımından fark yoktur.

***Her bir satırda aynı uygulama süresinde aynı italik harfi içeren aynı sıcaklıktaki farklı yaşlı evreler arasındaki fark önemsizdir.

Carpophilus hemipterus yumurtalarının 10 bar yüksek basınç CO₂ uygulamasına maruz bırakıldığı her iki yaş grubunda, sıcaklık ve süreye bağlı olarak elde edilen ölüm oranları (%) Şekil 4.3, 4.4'te sunulmuştur.



Şekil 4.3 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 10 bar yüksek basınç CO₂'e maruz bırakılan 0-24 sa yaşlı *Carpophilus hemipterus* yumurtalarında belirlenen ölüm oranları (%)



Şekil 4.4 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 10 bar yüksek basınç CO₂'e maruz 24-48 sa yaşlı *Carpophilus hemipterus* yumurtalarında belirlenen ölüm oranları (%)

4.1.2 Larva evresine olan etkisi

Larva evresi ile yapılan denemeler, iki farklı yaş grubundaki larva (genç ve olgun larva), üç farklı sıcaklık (20, 25 ve 30°C) ve iki farklı yüksek basınç CO₂ (5 ve 10 bar) koşulunda gerçekleştirilmiştir.

Larva evresinde, 5 ve 10 bar yüksek basınçlı CO₂ uygulamalarında elde edilen ölüm oranı verileri varyans analizine tabi tutulmuş ve sonuçlar çizelge 4.5 ve çizelge 4.6’da sunulmuştur. Her iki yüksek basınç koşulu için yapılan varyans analizi sonucunda, larva yaşı, sıcaklık ve uygulama süresinin ölüm oranı üzerinde önemli bir etkisi olduğu (P=0.00) belirlenmiştir. Ayrıca, faktörler (larva yaşı*sıcaklık*uygulama süresi) arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde interaksiyon olduğu tespit edilmiştir (P=0.00).

Çizelge 4.5 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 5 bar yüksek basınç CO₂ uygulamasına maruz bırakılan *Carpophilus hemipterus*’un larva evresine ait varyans analiz tablosu

	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Intercept	1	14185355	14185355	1884070	0.00
Larva yaşı	1	1382268	1382268	183590	0.00
Sıcaklık	2	252545	126273	16771	0.00
Süre	29	8148095	280969	37318	0.00
Larva yaşı*Sıcaklık	2	176776	88388	11740	0.00
Larva yaşı*Süre	29	1316730	45404	6031	0.00
Sıcaklık*Süre	58	238059	4104	545	0.00
Larva yaşı*Sıcaklık*Süre	58	273636	4718	627	0.00
Hata	2604	26310	10		

Çizelge 4.6 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 10 bar yüksek basınç CO₂ uygulamasına maruz bırakılan *Carpophilus hemipterus*'un larva evresine ait varyans analiz tablosu

	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Intercept	1	5623315	5623315	525728.3	0.00
Larva yaşı	1	195931	195931	18317.8	0.00
Sıcaklık	2	87329	43665	4082.2	0.00
Süre	9	3023387	335932	31406.5	0.00
Larva yaşı*Sıcaklık	2	79332	39666	3708.4	0.00
Larva yaşı*Süre	9	250314	27813	2600.2	0.00
Sıcaklık*Süre	18	103330	5741	536.7	0.00
Larva yaşı*Sıcaklık*Süre	18	98721	5485	512.8	0.00
Hata	1560	16686	11		

Değişik sıcaklık (20, 25 ve 30°C) ve uygulama sürelerinde 5 bar yüksek basınç CO₂ uygulamasında, *C. hemipterus*'un genç ve olgun larvalarında elde edilen ölüm oranları çizelge 4.7'de sunulmuştur. Mutlak ölümün sağlandığı uygulama süreleri 20, 25 ve 30°C sıcaklık koşulları için sırasıyla genç larvada 6, 5, 3 sa; olgun larvada 29, 21 ve 15 sa olarak tespit edilmiştir.

Sıcaklığın ölüm oranı üzerindeki etkisi incelendiğinde, sıcaklık arttıkça ölüm oranının da arttığı gözlenmiştir. Olgun larva evresinde, 10 saatlik yüksek basınçlı CO₂ uygulaması sonucunda ölüm oranları 20, 25 ve 30°C'de sırasıyla %3.33, %32 ve %54 olarak tespit edilmiştir. Benzer şekilde, genç larva evresinde de aynı eğilim gözlenmiştir. Genç larva evresinde, 1 saatlik uygulama sonucunda ölüm oranları 20, 25 ve 30°C'de sırasıyla %49.3, %56.3 ve %77; 2 saatlik uygulama sonucunda ise %58, %67 ve %91.3 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.7).

Her üç sıcaklık için ölüm oranları değerlendirildiğinde, genç larvaların yüksek basınçlı CO₂'ye olgun larvalardan daha duyarlı olduğu söylenebilir. Genç larva evresinde, tüm

sıcaklık koşullarında mutlak ölümün sağlanması için gereken süre 6 sa olarak tespit edilirken, olgun larvalar için bu sürenin 29 sa olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.5, Şekil 4.6). Örneğin, 25°C’de 1 saatlik uygulama sonucunda genç larvalardaki ölüm oranı %56.3 olarak tespit edilirken, aynı sıcaklıkta olgun larvalardaki ölüm oranı kontrol grubuyla (%0) aynı bulunmuştur (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 5 bar yüksek basınç CO₂ uygulamasına maruz bırakılan *Carpophilus hemipterus*’un larva evresine ait ölüm oranları (%; ortalama±standart hata)

Uyg. Süre (sa)	Genç larva			Olgun larva		
	20°C	25°C	30°C	20°C	25°C	30°C
0	0±0gAa	0±0eAa	0±0dAd	0±0rsAa	0±0nAa	0±0lAa
1	49.3±1.4fCa	56.3±2.7dBa	77±1.9cAc	0±0rsAb	0±0nAb	0±0lAb
2	58±1.8eCa	67±2.4cBa	91.3±1.0bAb	0±0rsAb	0±0nAb	0±0lAb
3	71±1.4dCa	82±1.8bBa	100±0aAa	0±0rsAb	0±0nAb	0.33±0.3klA b
4	80.3±1.8cBa	99.3±0.4aAa	100±0aAa	0±0rsCb	1±0.5mnBb	5±1.4jkAb
5	89.3±1.5bBa	100±0aAa	100±0aAa	0.33±0.3rsBb	1.67±0.8mnBb	8.33±1.1jAb
6	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	0.67±0.5rsCb	5±1.2lmBb	12±1.4iAb
7	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	1.33±0.6rsCb	8.67±1.5lBb	18±1.6hAb
8	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	1.67±0.8prsCb	21.7±1.6kBb	27±1.5gAb
9	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	2.67±1.1oprsCb	28±2.8jBb	37.3±2.1fAb
10	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	3.33±0.9oprsCb	32±2ijBb	54±1.6eAb
11	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	4±1oprsCb	36.3±2.4h1Bb	65.7±1.4dA b
12	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	4.33±1.1oprsCb	38±1.7ghBb	71.3±3.5cA b
13	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	6±1.6oprCb	45±2.3fBb	85.3±1.8bA b
14	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	6.33±1.3opCb	56.3±1.7eBb	97.7±0.7aA a
15	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	7±1.4n°Cb	65±1.8dBb	100±0aAa_
16	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	9±1.2mnCb	72.7±2.8cBb	100±0aAa
17	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	12±1.3lmCb	80.7±2.1bBb	100±0aAa
18	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	16.7±2.4lCb	94.7±1.1aBb	100±0aAa
19	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	22.3±3.0kBb	96.3±0.8aAa	100±0aAa
20	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	30±1.6jBb	98.3±0.6aAa	100±0aAa
21	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	37.3±2.7lBhb	100±0aAa	100±0aAa
22	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	46±2.8gBb	100±0aAa	100±0aAa
23	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	51.3±1.3fBb	100±0aAa	100±0aAa
24	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	62.7±2eBb	100±0aAa	100±0aAa
25	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	71.3±1.4dBb	100±0aAa	100±0aAa
26	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	77±1.3cBb	100±0aAa	100±0aAa

Çizelge 4.7 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 5 bar yüksek basınç CO₂ uygulamasına maruz bırakılan *Carpophilus hemipterus*'un larva evresine ait ölüm oranları (% , ortalama±standart hata) (devam)

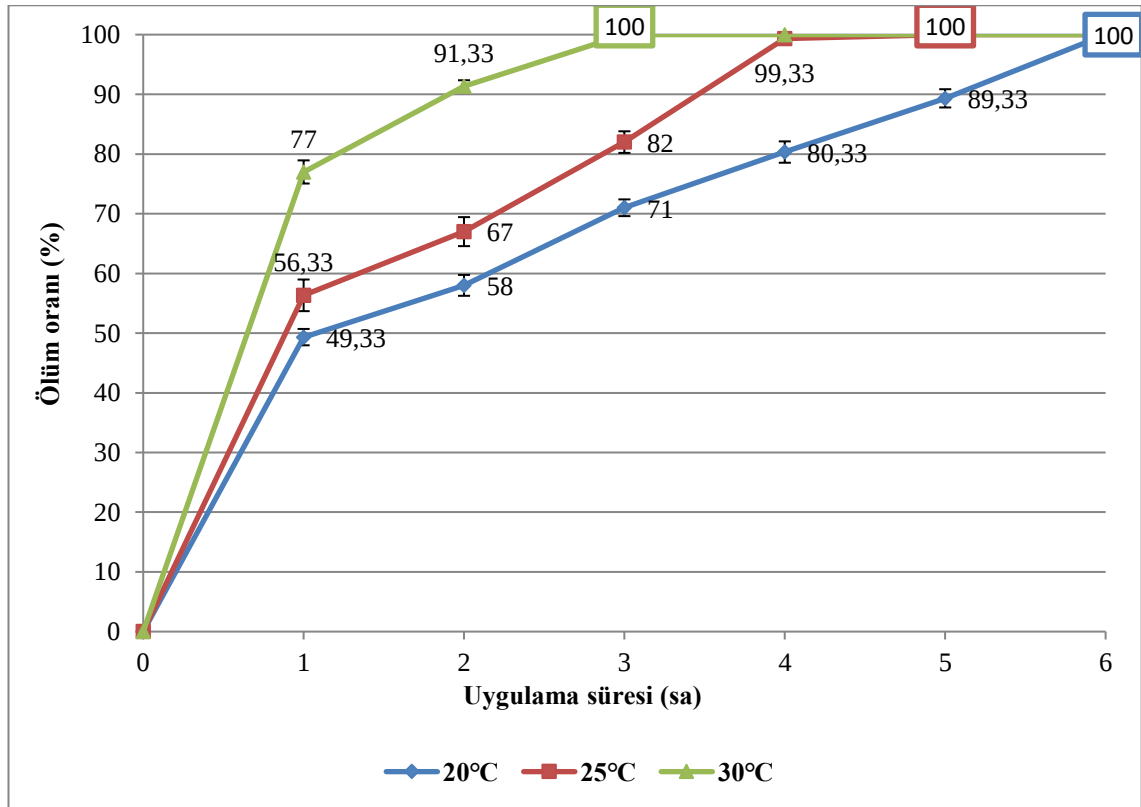
Uyg. Süre (sa)	Genç larva			Olgun larva		
	20°C	25°C	30°C	20°C	25°C	30°C
27	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	81±1.3bBb	100±0aAa	100±0aAa
28	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	96.7±1.2aAa	100±0aAa	100±0aAa
29	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa

*Her bir sütunda aynı küçük harfi içeren ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (p<0.05).

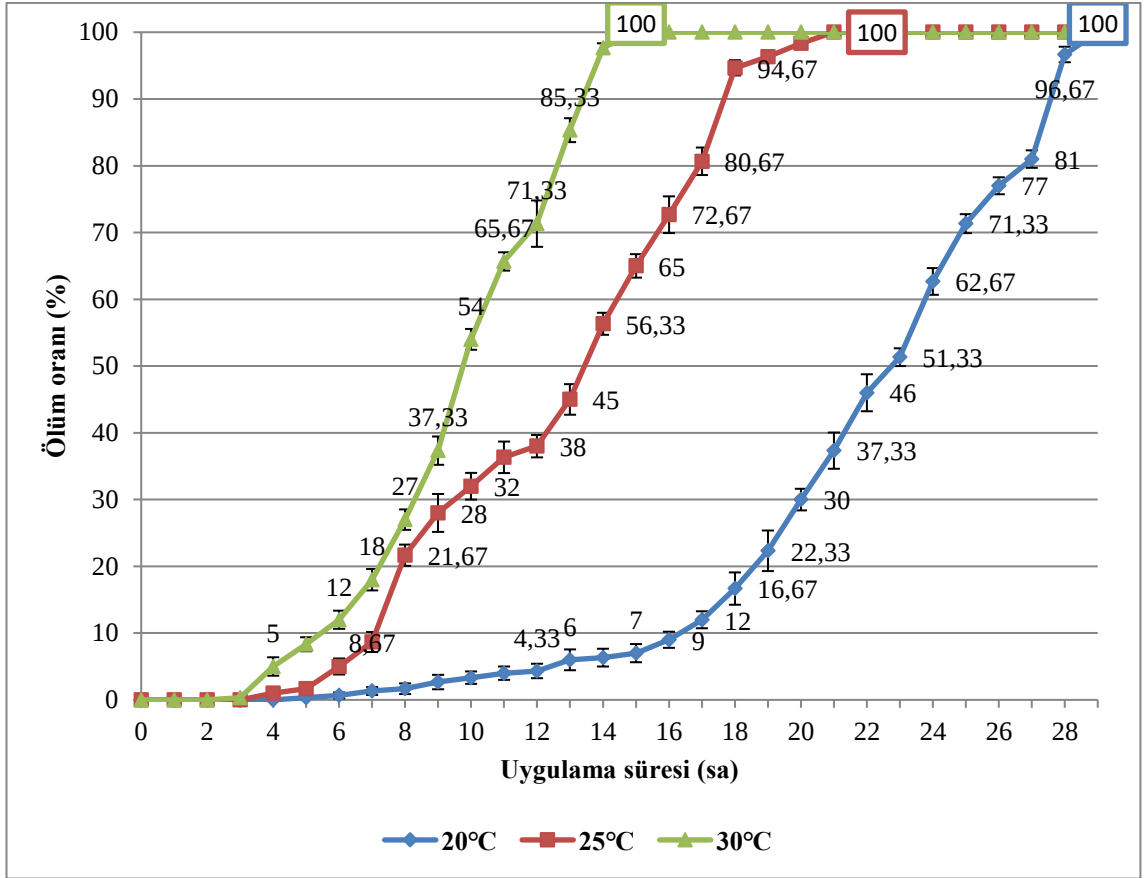
**Her bir satırda her bir yaş grubunda aynı büyük harfi içeren ölüm ortalamaları arasında sıcaklık bakımından fark yoktur.

***Her bir satırda aynı uygulama süresinde aynı italik harfi içeren aynı sıcaklıktaki farklı yaşlı evreler arasındaki fark önemsizdir.

Carpophilus hemipterus larvalarının 5 bar yüksek basınç CO₂ uygulamasına maruz bırakıldığı her iki yaş grubunda, sıcaklık ve süreye bağlı olarak elde edilen ölüm oranlarını (%) gösteren grafikler Şekil 4.5, 4.6'da sunulmuştur.



Şekil 4.5 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 5 bar yüksek basınç CO₂'e maruz bırakılan *Carpophilus hemipterus* genç larvalarında belirlenen ölüm oranları (%)



Şekil 4.6 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 5 bar yüksek basınç CO₂'e maruz bırakılan *Carpophilus hemipterus* olgun larvalarında belirlenen ölüm oranları (%)

Carpophilus hemipterus'un genç ve olgun larvalarında, 10 bar yüksek basınç CO₂ uygulaması sonucunda elde edilen ölüm oranları çizelge 4.8'de sunulmuştur. Mutlak ölümün sağlanması için gerekli uygulama süreleri; 20, 25 ve 30°C sıcaklıklar için genç larvada sırasıyla 3, 2 ve 1 sa; olgun larvada ise 9, 6 ve 3 sa olarak tespit edilmiştir.

Genç larva evresinde, 1 sa uygulama süresi sonunda 20, 25 ve 30°C sıcaklıkta sırasıyla %91.3, %98.7 ve %100 ölüm oranına ulaşılırken, olgun larvada bu oran %0, %5.7 ve %52.7 olarak tespit edilmiştir. Sıcaklığın ölüm oranı üzerindeki etkisi değerlendirildiğinde, genç larva evresinde 1 saatlik uygulama dışındaki sürelerde ölüm oranları arasında önemli bir fark olmadığı, 1 saatlik uygulamada ise sadece 20°C'de elde edilen ölüm oranlarının diğer iki sıcaklıkta elde edilen verilerden farklı olduğu gözlenmiştir. Olgun larva evresinde sıcaklığın ölüm oranı üzerindeki etkisinin daha

belirgin olduğu gözlenmiştir. Dört saat uygulama süresi sonunda 20, 25 ve 30°C sıcaklık koşullarında elde edilen ölüm oranları sırasıyla %14.4, %70 ve %100 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 10 bar yüksek basınç CO₂ uygulamasına maruz bırakılan *Carpophilus hemipterus*'un larva evresine ait ölüm oranları (%; ortalama±standart hata)

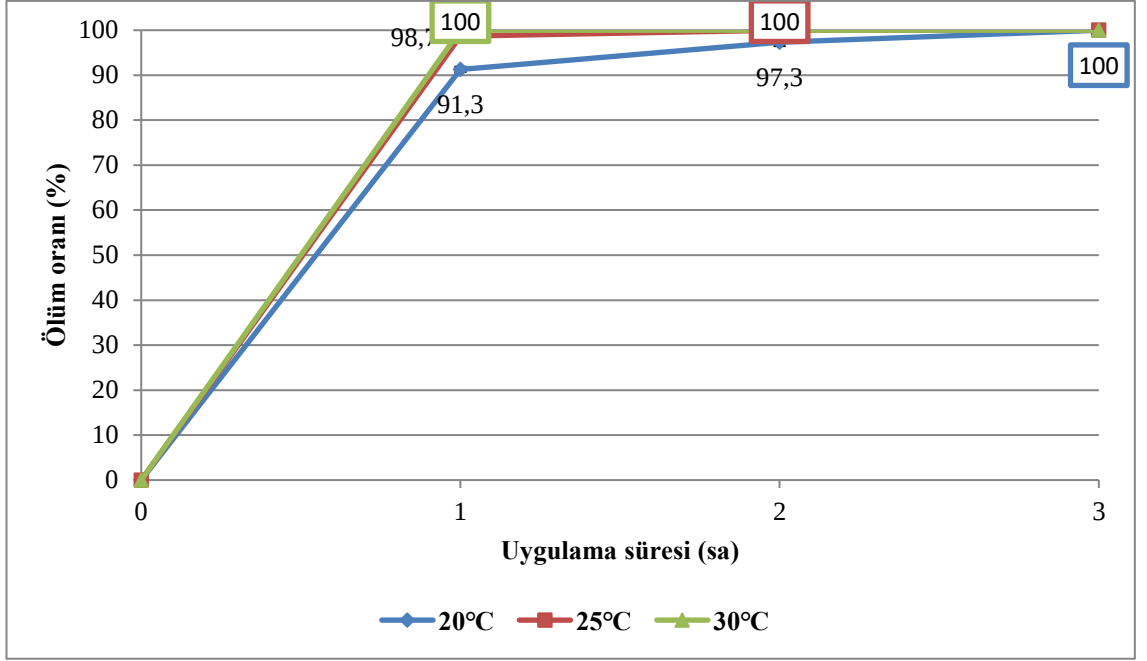
Uygulama süresi (sa)	Genç Larva			Olgun Larva		
	20°C	25°C	30°C	20°C	25°C	30°C
0	0±0cAa	0±0bAa	0±0bAa	0±0fAa	0±0fAa	0±0cAa
1	91.3±0.6bBa	98.7±0.6aAa	100±0aAa	0±0fBb	5.7±0.96Beb	52.7±5.0bAb
2	97.3±0.8aAa	100±0aAa	100±0aAa	0.3±0.3fCb	17.7±1.8dBb	97.7±0.8aAa
3	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	0±0fCb	22.9±3.2cBb	100±0Aaa
4	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	14.4±1.8eCb	70±3.8bBb	100±0aAa
5	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	38±2.4dCb	73±2.1bBb	100±0aAa
6	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	66.7±1.8cBb	100±0aAa	100±0aAa
7	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	86.3±1.9bBb	100±0aAa	100±0aAa
8	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	96.7±1.2aAa	100±0aAa	100±0aAa
9	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa

*Her bir sütunda aynı küçük harfi içeren ortalamalar arasındaki fark önemsizdir(p<0.05).

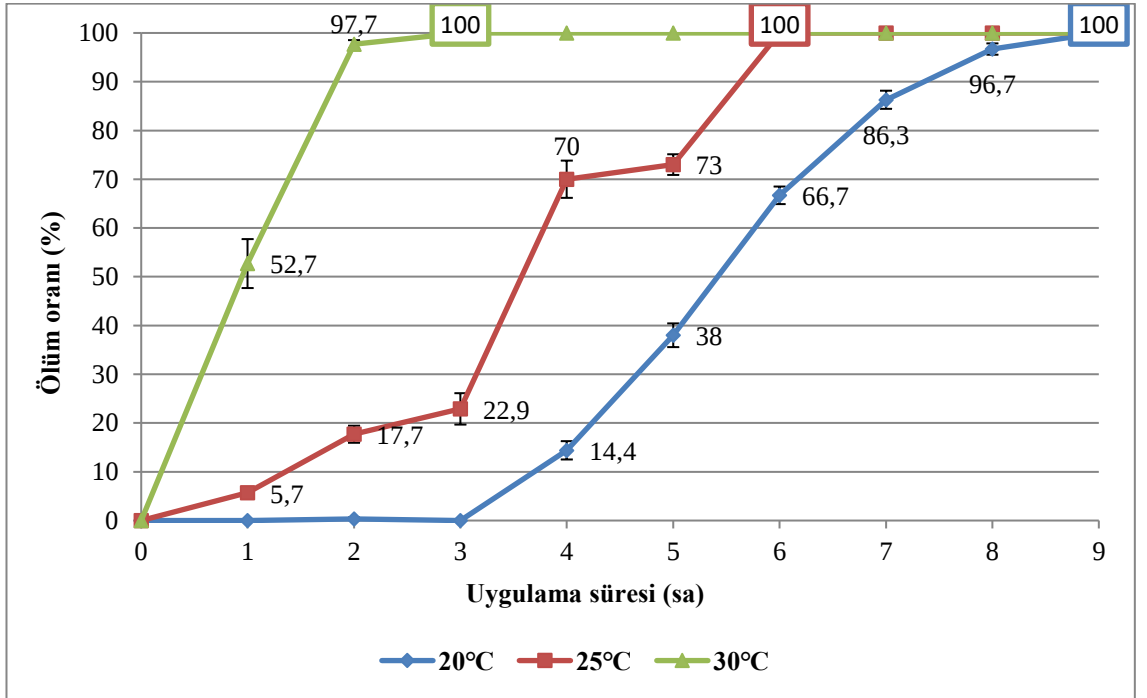
**Her bir satırda her bir yaş grubunda aynı büyük harfi içeren ölüm ortalamaları arasında sıcaklık bakımından fark yoktur.

***Her bir satırda aynı uygulama süresinde aynı italik harfi içeren aynı sıcaklıktaki farklı yaşlı evreler arasındaki fark önemsizdir.

Carpophilus hemipterus larvalarının 10 bar yüksek basınç CO₂ uygulamasına maruz bırakıldığı her iki yaş grubunda, sıcaklık ve süreye bağlı olarak elde edilen ölüm oranları (%) Şekil 4.7, 4.8'de sunulmuştur.



Şekil 4.7 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 10 bar yüksek basınç CO₂'e maruz bırakılan *Carpophilus hemipterus* genç larvalarında belirlenen ölüm oranları (%)



Şekil 4.8 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 10 bar yüksek basınç CO₂'e maruz bırakılan *Carpophilus hemipterus* olgun larvalarında belirlenen ölüm oranları (%)

4.1.3 Pupa evresine olan etkisi

Pupa evresi denemeleri üç farklı yaş grubundaki pupa (0-24, 24-48 ve 48-72 sa), üç farklı sıcaklık (20, 25 ve 30°C) ve iki farklı yüksek basınç CO₂ (5 ve 10 bar) koşulunda gerçekleştirilmiştir.

Pupa evresinde, 5 ve 10 bar yüksek basınç CO₂ denemelerinde elde edilen veriler ile yapılan varyans analiz sonuçları çizelge 4.9 ve çizelge 4.10'da sunulmuştur. Her iki yüksek basınç koşulu için yapılan varyans analiz sonuçları değerlendirildiğinde pupa yaşı, sıcaklık ve uygulama süresinin ölüm oranı üzerindeki etkisi (P=0.00) önemli olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, faktörler (pupa yaşı*sıcaklık*uygulama süresi) arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde interaksiyon olduğu tespit edilmiştir (P=0.00).

Çizelge 4.9 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 5 bar yüksek basınç CO₂ uygulamasına maruz bırakılan *Carpophilus hemipterus*'un pupa evresine ait varyans analiz tablosu

	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Intercept	1	11458904	11458904	881293.9	0.00
Pupa yaşı	2	42001	21001	1615.1	0.00
Sıcaklık	2	57368	28684	2206.1	0.00
Süre	13	6521258	501635	38580.3	0.00
Pupa yaşı*Sıcaklık	4	5234	1308	100.6	0.00
Pupa yaşı*Süre	26	39556	1521	117	0.00
Sıcaklık*Süre	26	69793	2684	206.5	0.00
Pupa yaşı*Sıcaklık*Süre	52	14827	285	21.9	0.00
Hata	3384	44000	13		

Çizelge 4.10 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 10 bar yüksek basınç CO₂ uygulamasına maruz bırakılan *Carpophilus hemipterus*'un pupa evresine ait varyans analiz tablosu

	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Intercept	1	8620506	8620506	831006.1	0.00
Pupa yaşı	2	14669	7335	707.1	0.00
Sıcaklık	2	24460	12230	1179.0	0.00
Süre	8	4527156	565894	54551.5	0.00
Pupa yaşı*Sıcaklık	4	4286	1072	103.3	0.00
Pupa yaşı*Süre	16	18587	1162	112.0	0.00
Sıcaklık*Süre	16	32034	2002	193.0	0.00
Pupa yaşı*Sıcaklık*Süre	32	7958	249	24.0	0.00
Hata	2079	21567	10		

Beş bar yüksek basınç CO₂ uygulamasına maruz bırakılan pupa evresinde 20, 25 ve 30°C'de mutlak ölümün gerçekleştiği uygulama süreleri sırasıyla 0-24 sa pupada 9, 5, 5 sa; 24-48 sa pupada 10, 7, 6 sa; 48-72 sa pupada 13, 9 ve 8 sa olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.11).

Pupa evresi denemeleri sonucunda elde edilen bulgular incelendiğinde, sıcaklığın her bir yaş grubu için ölüm oranı üzerinde önemli bir etkisi olduğu gözlenmiştir. 0-24 sa yaşlı pupalar için, 20°C sıcaklıkta 5 saatlik uygulama süresi sonunda ölüm oranı %73.3 olarak belirlenirken, aynı yaş ve sürede 30°C'de ölüm oranı %100 olarak tespit edilmiştir. Benzer şekilde, 48-72 sa yaşlı pupalarda, daha yüksek sıcaklıkların (25 ve 30°C) ölüm oranını anlamlı şekilde arttırdığı gözlemlenmiştir. Sekiz saatlik uygulama süresi sonunda, 20°C'de %76.3 olarak tespit edilen ölüm oranı, 25°C'de %100 seviyesine ulaşmıştır (Çizelge 4.11).

Pupa yaşının ölüm oranı etkisi incelendiğinde, 20°C sıcaklıkta her üç yaş grubu için 4, 5, 7 ve 8 sa uygulama sonucu elde edilen ölüm oranları arasında istatistiksel olarak fark olduğu ($p<0.05$); diğer uygulama sürelerinde 0-24 sa pupaların 24-48 sa pupalar ile benzer ölüm oranları içerdiği gözlenmiştir. Ancak, 0-24 sa pupa yaş grubunda elde edilen ölüm oranlarının genel olarak 48-72 sa pupadan farklı olduğu belirlenmiştir.

Örneğin 20°C sıcaklık koşullarında 4 sa uygulama süresi sonunda 48-72 sa yaşlı pupalarda ölüm oranı %47, aynı koşullarda 0-24 sa yaşlı pupalarda bu oran %65.3 olarak gözlenmiştir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 5 bar yüksek basınç CO₂ uygulamasına maruz bırakılan *Carpophilus hemipterus*'un pupa evresine ait ölüm oranları (%). ortalama±standart hata)

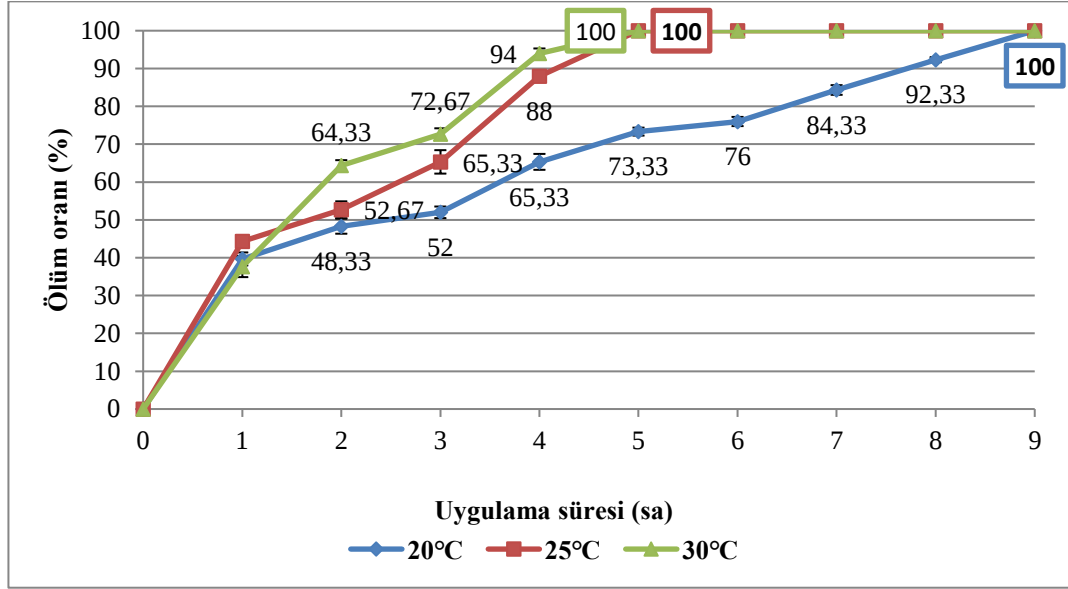
Uyg. Süresi (sa)	0-24 sa pupa			24-48 sa pupa			48-72 sa pupa		
	20°C	25°C	30°C	20°C	25°C	30°C	20°C	25°C	30°C
0	0±0g Aa	0±0fAa	0±0fAa	0±0hAa	0±0gAa	0±0gAa	0±0kAa	0±0iAa	0±0AgA
1	39.7± 1.7fB a	44.3±1. 4eAa	37.7±2. 8eCa	41±2.6g Aa	39±2.9f ABa	34.3±1.8 fBab	30.3±2.2 jAb	19.7±1. 8hBb	31.3±1. 3fAb
2	48.3± 1.9eC a	52.7±2. 2dBa	64.3±1. 5dAa	44.3±1.5 fgCa	51.7±2.5 eBa	60.3±1.0 eAa	34.3±1.8 ijBb	33.7±3. 5gBb	54.3±1. 4eAb
3	52±1. 5eCa	65.3±3. 1cBa	72.7±1. 5cAa	49.3±1.5 fCa	56.3±1.9 eBb	73.3±1.2 dAa	38±2.1C ib	41.7±2. 6fBc	67.7±1. 5dAa
4	65.3± 2.1dC a	88±1.1b Ba	94±1.3b Aa	56±1.6e Cb	69.7±2.1 5dBb	87±1.3c Ab	47±1.8h Cc	50.7±2. 1eBc	73±1.4d Ac
5	73.3± 1.1cB a	100±0a Aa	100±0a Aa	61.7±3.6 dCb	84±1.7c Bb	91.3±1.2 bAb	53±2gC c	59.7±2. 4dBc	81.7±1. 0cAc
6	76±1. 2cBa	100±0a Aa	100±0a Aa	76±1.4c Ca	93.3±1.2 bBb	100±0a Aa	60.3±1.8 fCb	79±2.6c Bc	89.7±1. 0bAb
7	84.3± 1.3bB a	100±0a Aa	100±0a Aa	78.7±1.0 cBb	100±0A aa	100±0a Aa	67.3±1.5 eCc	86.3±2. 3bBb	93.7±1. 3bAb
8	92.3± 0.7aB a	100±0a Aa	100±0a Aa	87.3±0.8 bBb	100±0a Aa	100±0a Aa	71.3±1.1 deBc	95.3±1. 2aAa	100±0a Aa
9	100±0 aAa	100±0a Aa	100±0a Aa	98.3±0.8 aAa	100±0a Aa	100±0a Aa	76.3±1.2 dBb	100±0a Aa	100±0a Aa
10	100±0 aAa	100±0a Aa	100±0a Aa	100±0a Aa	100±0a Aa	100±0a Aa	83.3±1.4 cBb	100±0a Aa	100±0a Aa
11	100±0 aAa	100±0a Aa	100±0a Aa	100±0a Aa	100±0a Aa	100±0a Aa	88.7±1.1 bBb	100±0a Aa	100±0a Aa
12	100±0 aAa	100±0a Aa	100±0a Aa	100±0a Aa	100±0a Aa	100±0a Aa	91.3±0.9 bBb	100±0a Aa	100±0a Aa
13	100±0 aAa	100±0a Aa	100±0a Aa	100±0a Aa	100±0a Aa	100±0a Aa	100±0a Aa	100±0a Aa	100±0a Aa

*Her bir sütunda aynı küçük harfi içeren ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (p<0.05).

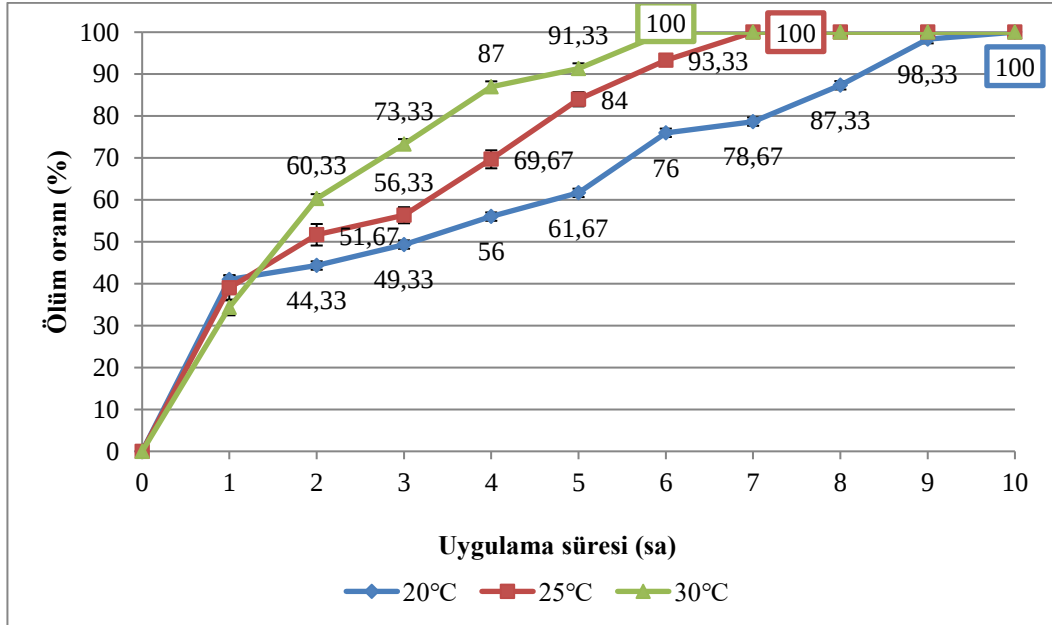
**Her bir satırda her bir yaş grubunda aynı büyük harfi içeren ölüm ortalamaları arasında sıcaklık bakımından fark yoktur.

***Her bir satırda aynı uygulama süresinde aynı italik harfi içeren aynı sıcaklıktaki farklı yaşlı evreler arasındaki fark önemsizdir.

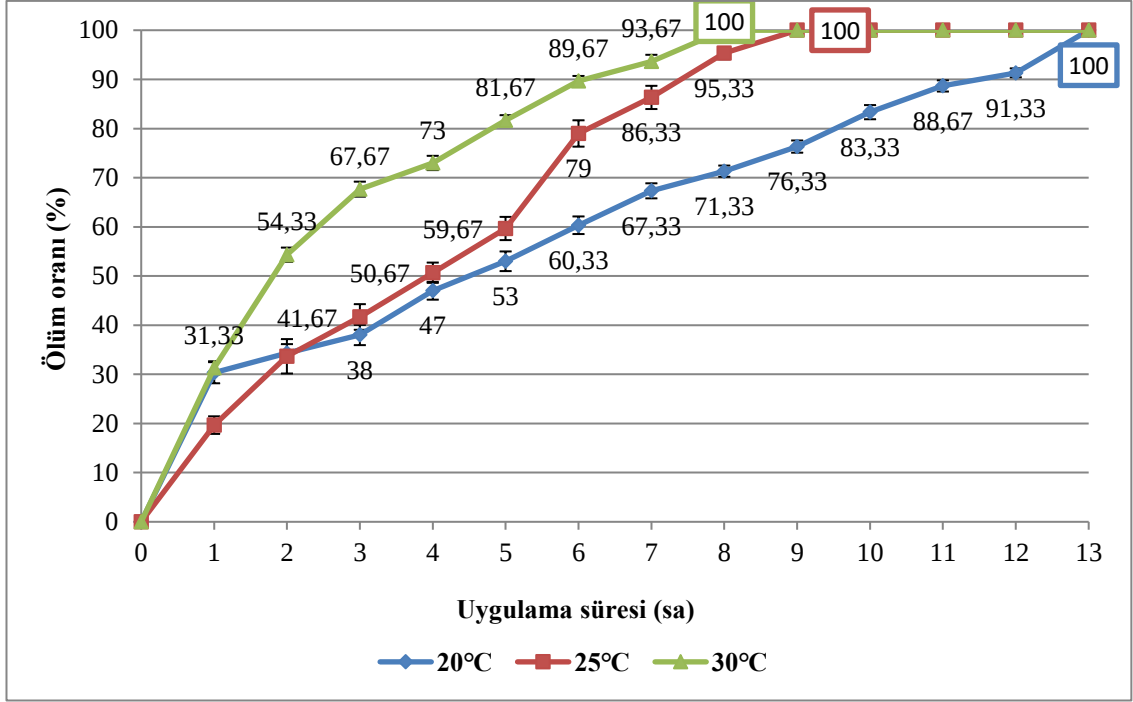
Carpophilus hemipterus pupalarının 5 bar yüksek basınç CO₂ uygulamasına maruz bırakıldığı her üç yaş grubunda, sıcaklık ve süreye bağlı olarak elde edilen ölüm oranları Şekil 4.9, 4.10 ve 4.11’de sunulmuştur.



Şekil 4.9 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 5 bar yüksek basınç CO₂'e maruz bırakılan 0-24 sa yaşlı *Carpophilus hemipterus* pupalarında belirlenen ölüm oranları (%)



Şekil 4.10 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 5 bar yüksek basınç CO₂'e maruz bırakılan 24-48 sa yaşlı *Carpophilus hemipterus* pupalarında belirlenen ölüm oranları (%)



Şekil 4.11 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 5 bar yüksek basınç CO₂'e maruz bırakılan 48-72 sa yaşlı *Carpophilus hemipterus* pupalarında belirlenen ölüm oranları (%)

Carpophilus hemipterus'un pupa evresine, 10 bar yüksek basınç CO₂ uygulaması sonucunda elde edilen ölüm oranları çizelge 4.12'de sunulmuştur. Mutlak ölümün sağlanması için gerekli uygulama süreleri, 20, 25 ve 30°C sıcaklıklar için sırasıyla 0-24 sa pupada 6, 3, 3 sa; 24-48 sa pupada 6, 4, 3 sa; 48-72 sa pupada 8, 5 ve 3 sa olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.12).

Beş bar yüksek basınç CO₂ uygulamasında elden edilen ölüm oranları ile kıyaslandığında basınç artışının tüm sıcaklık koşullarında ölüm oranını arttırdığı dolayısıyla mutlak ölüm için gereken uygulama süresini kısalttığı görülmektedir. Pupa yaşının ölüm oranları üzerindeki etkisi değerlendirildiğinde daha yaşlı pupalardaki ölüm oranının daha genç pupalara kıyasla düşük olduğu gözlenmiştir. Örneğin 25°C sıcaklıkta 2 sa uygulama süresi sonunda 0-24 sa pupada %76, 24-48 sa pupada %60, 48-72 sa pupada ise %43.3 ölüm oranına ulaşılmıştır (Çizelge 4.12).

Pupa evresi denemelerinde ölüm oranları üzerine sıcaklığın etkisi ele alındığında ise sıcaklık arttıkça özellikle 30°C'de ölüm oranının arttığı görülmektedir. 0-24 sa yaşlı

pupalarda 20, 25 ve 30°C sıcaklıkta 2 sa uygulama süresi sonunda elde edilen ölüm oranları sırasıyla %82.3, %92 ve %93.7; 24-48 sa yaşlı pupalarda %64.3, %74 ve %87.7; 48-72 sa yaşlı pupalarda ise %58, %62.7 ve %81 olarak tespit edilmiştir. 0-24 sa pupada 25 ve 30°C sıcaklıkta tüm uygulama süreleri için ölüm oranları arasında fark önemsiz kabul edilirken; 24-48 sa ve 48-72 sa yaşlı pupada 1, 2 ve 3 sa sonunda elde edilen ölüm oranları arasındaki farkın anlamlı olduğu ($p<0.05$) gözlenmiştir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 10 bar yüksek basınç CO₂ uygulamasına maruz bırakılan *Carpophilus hemipterus*'un pupa evresine ait ölüm oranları (%), ortalama±standart hata)

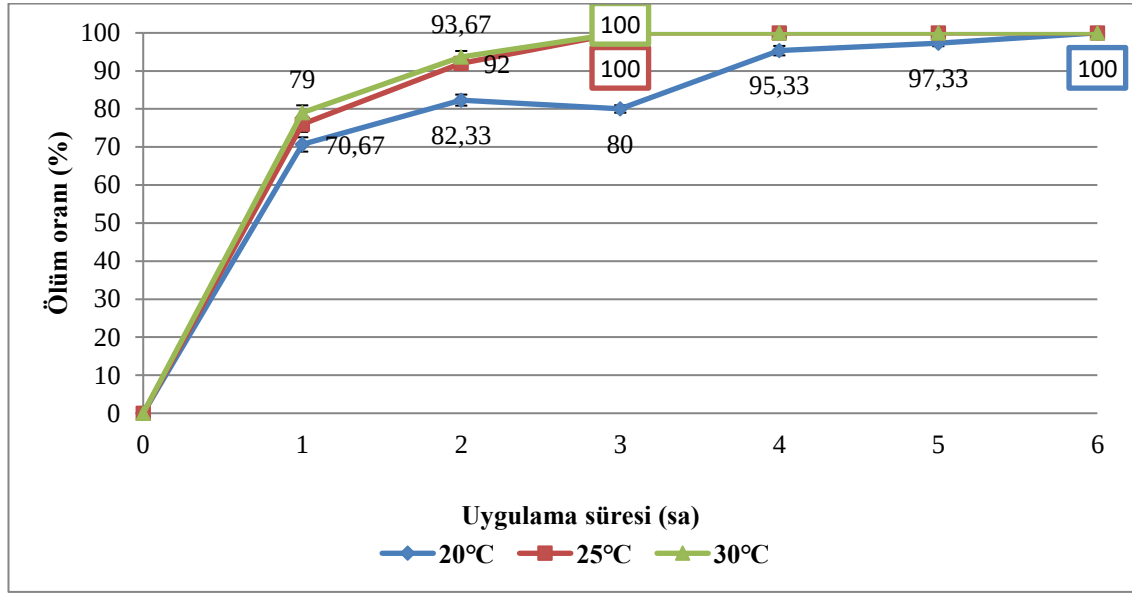
Uyg. Süre (sa)	0-24 sa pupa			24-48 sa pupa			48-72 sa pupa		
	20°C	25°C	30°C	20°C	25°C	30°C	20°C	25°C	30°C
0	0±0dAa	0±0dAa	0±0dAa	0±0gAa	0±0eAa	0±0dAa	0±0iAa	0±0eAa	0±0dAa
1	70.7±1.8cBa	76±2.0cABa	79±1.9cAa	58.7±2.1fBb	60±3.5dBb	78.3±0.9cAa	50.7±1.6hBc	43.3±1.8dCc	71.7±2.0cAb
2	82.3±1.5bBa	92±1.3bAa	93.7±1.5bAa	64.3±1.9eCb	74±2.5cBb	87.7±1.3bAb	58±1.36gBc	62.7±1.4cBc	81±1.9bAc
3	80±0.9bBa	100±0aAa	100±0aAa	71.3±1.1dCb	93.7±1.4bBb	100±0aAa	64.7±3.1fCc	80.7±1.4bBc	100±0aAa
4	95.3±1.2aAa	100±0aAa	100±0aAa	87±1.4cBb	100±0aAa	100±0aAa	73±1.3eBc	97.7±0.9aAa	100±0aAa
5	97.3±0.8aAa	100±0aAa	100±0aAa	93±1.4bBb	100±0aAa	100±0aAa	82±2.9dBc	100±0aAa	100±0aAa
6	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	88.3±1.7cBb	100±0aAa	100±0aAa
7	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	94.7±1.0bBb	100±0aAa	100±0aAa
8	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa	100±0aAa

*Her bir sütunda aynı küçük harfi içeren ortalamalar arasındaki fark önemsizdir ($p<0.05$).

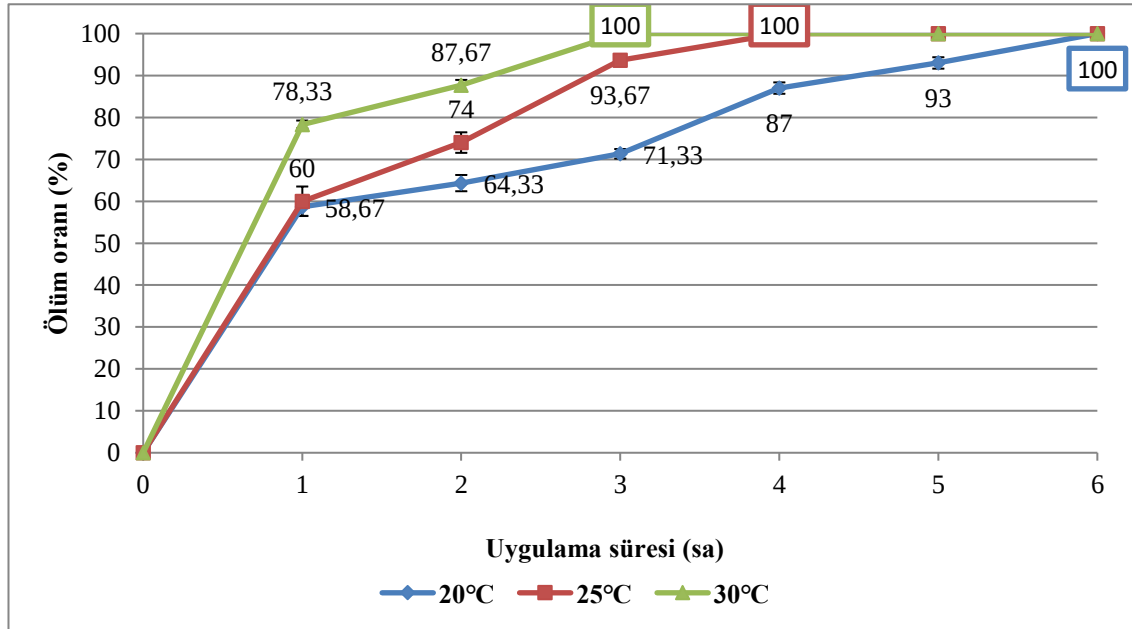
*Her bir satırda her bir yaş grubunda aynı büyük harfi içeren ölüm ortalamaları arasında sıcaklık bakımından fark yoktur.

*Her bir satırda aynı uygulama süresinde aynı italik harfi içeren aynı sıcaklıktaki farklı yaşlı evreler arasındaki fark önemsizdir.

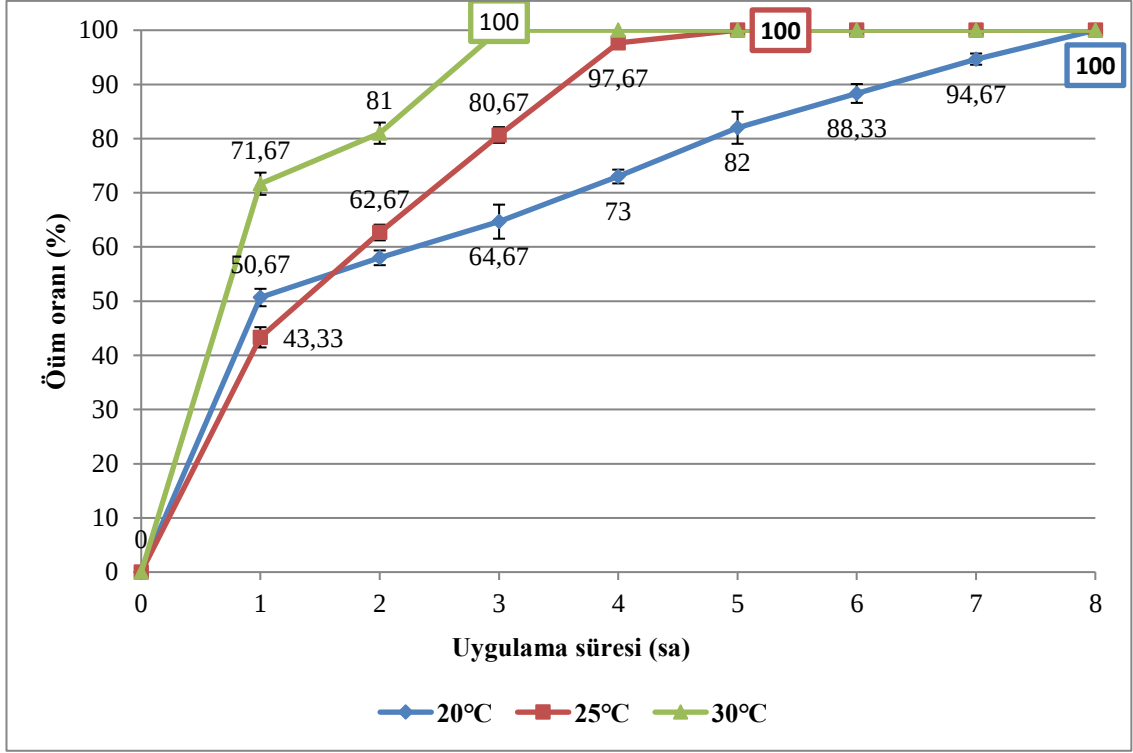
Carpophilus hemipterus pupalarının 10 bar yüksek basınç CO₂ uygulamasına maruz bırakıldığı her üç yaş grubunda, sıcaklık ve süreye bağlı olarak elde edilen ölüm oranları Şekil 4.12, 4.13 ve 4.14’de sunulmuştur.



Şekil 4.12 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 10 bar yüksek basınç CO₂’e maruz bırakılan 0-24 sa yaşlı *Carpophilus hemipterus* pupalarında belirlenen ölüm oranları (%)



Şekil 4.13 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 10 bar yüksek basınç CO₂’e maruz bırakılan 24-48 sa yaşlı *Carpophilus hemipterus* pupalarında belirlenen ölüm oranları (%)



Şekil 4.14 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 10 bar yüksek basınç CO₂'e maruz bırakılan 48-72 sa yaşlı *Carpophilus hemipterus* pupalarında belirlenen ölüm oranları (%)

4.1.4 Ergin evresine olan etkisi

Diğer biyolojik evre denemelerinde olduğu gibi üç farklı sıcaklık (20, 25 ve 30°C) ve iki farklı yüksek basınç CO₂ (5 ve 10 bar) koşullarında yürütülen denemelerde 7-10 günlük ergin bireyler kullanılmıştır.

Ergin evresinde, 5 ve 10 bar yüksek basınç CO₂ denemelerinde elde edilen yüzde ölüm oranları ile yapılan varyans analiz sonuçları çizelge 4.13 ve çizelge 4.14 de sunulmuştur. Her iki yüksek basınç verisi için varyans analiz sonuçları değerlendirildiğinde sıcaklık ve uygulama süresinin ölüm oranı üzerindeki etkisi (P=0.00) önemli olarak bulunmuştur. Ayrıca faktörler (sıcaklık*uygulama süresi) arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde interaksiyon olduğu tespit edilmiştir (P=0.00).

Çizelge 4.13 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 5 bar yüksek basınç CO₂ uygulamasına maruz bırakılan *Carpophilus hemipterus*'un ergin evresine ait varyans analiz tablosu

	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Intercept	1	2586633	2586633	142693.6	0,00
Sıcaklık	2	84001	42001	2317	0.00
Süre	11	1600265	145479	8025.4	0.00
Sıcaklık*Süre	22	77539	3525	194.4	0.00
Hata	954	17293	18		

Çizelge 4.14 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 10 bar yüksek basınç CO₂ uygulamasına maruz bırakılan *Carpophilus hemipterus*'un ergin evresine ait varyans analiz tablosu

	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Intercept	1	2586633	2586633	142693.6	0.00
Sıcaklık	2	84001	42001	2317	0.00
Süre	11	1600265	145479	8025.4	0.00
Sıcaklık*Süre	22	77539	3525	194.4	0.00
Hata	954	17293	18		

Ergin evresi denemelerinden elde edilen sonuçlara göre 20, 25 ve 30°C sıcaklık koşullarında 5 bar yüksek basınç CO₂'e maruz bırakılan bireylerde sırasıyla 11, 10 ve 4. saatte mutlak ölümün gerçekleştiği tespit edilmiştir. On bar basınç verileri incelendiğinde ise 20, 25 ve 30°C sıcaklık koşullarında sırasıyla 8, 7 ve 3. saatte mutlak ölümün gerçekleştiği gözlenmiştir (Çizelge 4.15).

Sıcaklığın ölüm oranları üzerindeki etkisi değerlendirildiğinde, 20 ve 25°C sıcaklıkta gerçekleştirilen denemelerde bazı uygulama süreleri sonunda elde edilen ölüm oranları arasındaki farkın önemsiz olduğu belirlenmiştir. Her iki sıcaklık için 5 bar basınçta 2, 4, 7 ve 8 sa; 10 bar basınçta ise sadece 2 sa sonunda elde edilen ölüm oranları arasında

istatistiksel olarak fark olduğu tespit edilmiştir. Ancak, 30°C sıcaklıkta her iki basınç seviyesi için kontrol grubu hariç diğer tüm uygulama sürelerinde elde edilen ölüm oranlarının diğer iki sıcaklıktan anlamlı derecede farklı olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.15).

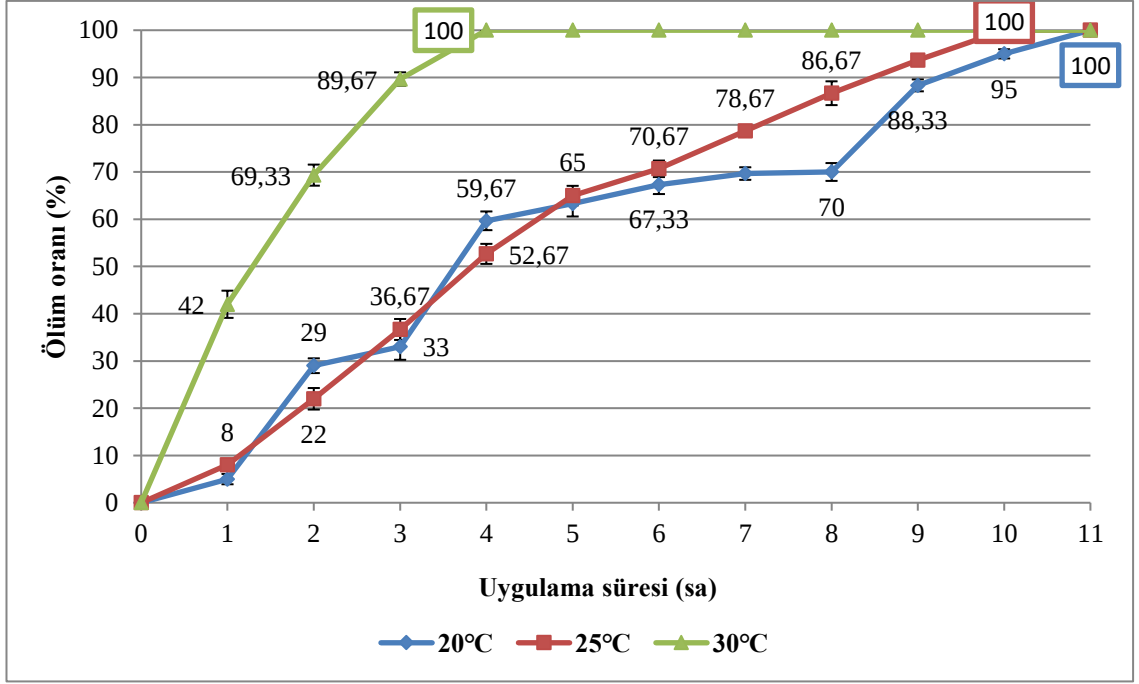
Çizelge 4.15 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 5 ve 10 bar yüksek basınç CO₂ uygulamasına maruz bırakılan *Carpophilus hemipterus*'un ergin evresine ait ölüm oranları (% , ortalama±standart hata)

Uygulama süresi (sa)	5 bar yüksek basınç CO ₂			10 bar yüksek basınç CO ₂		
	20°C	25°C	30°C	20°C	25°C	30°C
0	0±0gA	0±0jA	0±0eA	0±0gA	0±0hA	0±0cA
1	5±1.1fB	8±1.2iB	42±2.8dA	15.7±1.2fB	10.3±1.4gB	88.7±1.7bA
2	29±1.6eB	22±2.3hC	69.3±2.2cA	30±2.1eB	22.7±2.2fC	97.7±0.9aA
3	33±2.7eB	36.7±2.2gB	89.7±1.4bA	41.3±2.0dB	48±4.2eB	100±0aA
4	59.7±1.9dB	52.67±2.12Cf	100±0Aa	53.7±3.2Bc	54.3±2.9dB	100±0Aa
5	63.3±2.7dB	65±2.07Be	100±0Aa	64.7±4.8Bb	67.3±2.1cB	100±0Aa
6	67.3±2cB	70.7±1.7eB	100±0Aa	94.3±1.0aA	95.3±1.2bA	100±0Aa
7	69.7±1.3cC	78.7±1.1dB	100±0Aa	98±0.6aA	100±0aA	100±0Aa
8	70±1.9cC	86.7±2.5cB	100±0Aa	100±0aA	100±0Aa	100±0Aa
9	88.3±1.3bB	93.7±1.2bB	100±0Aa	100±0Aa	100±0Aa	100±0Aa
10	95±0.9aA	100±0aA	100±0Aa	100±0Aa	100±0Aa	100±0Aa
11	100±0aA	100±0Aa	100±0Aa	100±0Aa	100±0Aa	100±0Aa

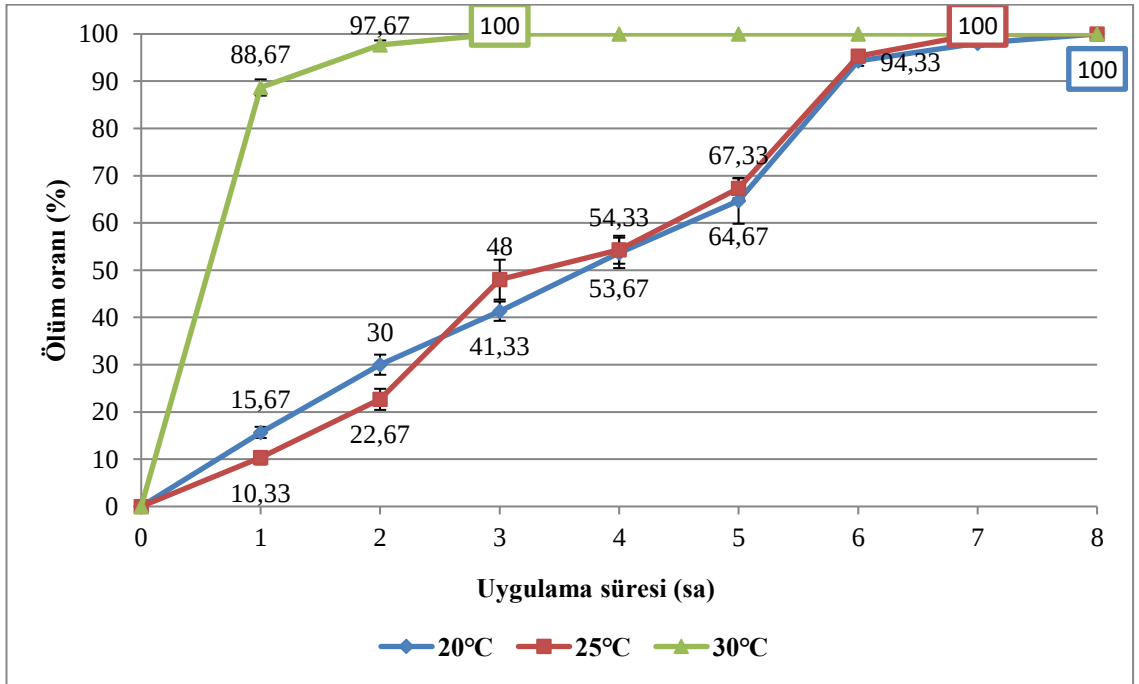
*Her bir sütunda aynı küçük harfi içeren ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (p<0.05).

*Her bir satırda her bir yaş grubunda aynı büyük harfi içeren ölüm ortalamaları arasında sıcaklık bakımından fark yoktur.

Carpophilus hemipterus erginlerinin 5 ve 10 bar yüksek basınç CO₂ uygulamasına maruz bırakılması sonucu, sıcaklık ve süreye bağlı olarak elde edilen ölüm oranları Şekil 4.15, 4.16'da sunulmuştur.



Şekil 4.15 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 5 bar yüksek basınç CO₂'e maruz bırakılan *Carpophilus hemipterus* erginlerinde belirlenen ölüm oranları (%)



Şekil 4.16 Değişik sıcaklık ve uygulama sürelerinde 10 bar yüksek basınç CO₂'e maruz bırakılan *Carpophilus hemipterus* erginlerinde belirlenen ölüm oranları (%)

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada kurutulmuş meyvelerin, özellikle incirin önemli zararlılarından biri olan *C. hemipterus*'un tüm biyolojik evrelerinin mücadelesinde yüksek basınç CO₂ uygulamasının etkinliği araştırılmıştır. Aynı zamanda sıcaklık ve basınç seviyesinin biyolojik evrelerin ölüm oranları üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir.

Carpophilus hemipterus'un yumurta evresinde belirlenen ölüm oranları değerlendirildiğinde yumurta yaşının artışı ile birlikte yüksek basınç CO₂'e karşı toleransın arttığı gözlenmiştir. 5 bar basınçta 30°C sıcaklıkta 0-24 sa yaşlı yumurtalarda 3 sa sonunda ölüm oranı %95 olarak bulunurken, 24-48 sa yaşlı yumurtalarda bu oran %64.3 olarak tespit edilmiştir. 10 bar basınçta ise 20°C sıcaklıkta 0-24 sa yaşlı yumurtalarda 3 saat sonunda ölüm oranı %88 olurken, 24-48 sa yaşlı yumurtalarda %67 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.3, 4.4).

Literatürde, depolanmış ürün zararlılarının ve/veya yaşam evrelerinin yüksek basınç CO₂'e duyarlılıklarının tür ve/veya evrelere göre farklılık gösterdiği bildirilmektedir. Reichmuth ve Wohlgemuth (1994), 20 bar basınçta uygulanan CO₂'e *P. interpunctella*'nın 8 saatlik yumurtalarının, 1-4 günlük yumurtalara göre daha toleranslı olduğunu tespit etmiştir. Benzer şekilde, Shazali vd. (2004), *C. maculatus*'un 1 günlük yumurtalarının 2-5 günlük yumurtalara kıyasla yüksek basınç CO₂ uygulamasına daha toleranslı olduğunu ifade etmiştir. Araştırmacılar bunun nedeni olarak yumurta evresinin diğer biyolojik evrelere göre daha düşük su içeriğine ve küre şeklinde daha kararlı bir forma sahip olmasından kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. *C. hemipterus*'un yumurtaları sosis şeklinde uzun, ince bir yapıdadır (Şekil 3.2.a,b). Denemeler esnasında mikroskop altında yapılan incelemelerde 24-48 sa yaşlı yumurtalarda su içeriğinin azaldığı ve yumurtada içe doğru çöküşün meydana geldiği gözlenmiştir (Şekil 3.2.c). Çalışmamız sonucu elde edilen veriler değerlendirildiğinde daha yaşlı yumurtaların genç yumurtalara göre yüksek basınca daha toleranslı olmasının nedeninin yumurta su içeriğinin daha az olmasından kaynaklanıyor olabileceği düşünülmektedir.

Carpophilus hemipterus'un larva evresinde tespit edilen ölüm oranları değerlendirildiğinde genç larva evresinin olgun larva evresine kıyasla yüksek basınç CO₂ uygulamasına oldukça hassas olduğu gözlenmiştir. 20°C sıcaklık 5 bar yüksek basınç CO₂ koşullarında mutlak ölümün gerçekleşmesi için gereken süre genç larva evresinde 6 sa, olgun larva evresinde ise 29 sa olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.7). 10 bar yüksek basınç CO₂ uygulamasında aynı sıcaklık koşulunda bu süreler genç larva evresinde 3 saat olgun larva evresinde 9 sa olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.8). Diğer sıcaklık koşulları için de durum benzerdir. Larva evresinde basınç seviyesinin artması ile mutlak ölüm için gerekli olan uygulama süresinin önemli ölçüde kısaldığı görülmektedir. Caliboso vd. (1994), uygulanan yüksek basıncın iki katına çıkarılmasının böceklerin hayatta kalma oranını %50 ve üzerinde azalttığını ancak uygulama süresindeki benzer bir artışın aynı etkiyi göstermediği bildirmiştir. Dolayısıyla gaz basıncının artırılmasının böcek ölümü üzerinde uygulama süresine göre daha belirgin bir etkiye sahip olduğu söylenebilir.

Yumurta ve larva evresinde belirlenen veriler karşılaştırıldığında hem 5 hem de 10 bar yüksek basınç CO₂ uygulamasında tüm sıcaklık koşulları için yumurta evresinin larva evresine göre daha hassas olduğu söylenebilir. 5 bar yüksek basınç CO₂ uygulamasında 25°C sıcaklıkta 24-48 sa yaşlı yumurtalarda mutlak ölüm 6 sa sonunda gerçekleşirken; aynı sıcaklıkta olgun larva evresi için bu süre 21 sa olarak tespit edilmiştir. Riudavets vd. (2010)'e göre, 60 dk süresince 15 bar yüksek basınç CO₂'e maruz bırakılan *R. dominica* yumurtalarında mutlak ölüm sağlanırken, larva+pupa evresinde ölüm oranı %97.5, ergin evresinde ise %17.5 olarak tespit edilmiştir. Aynı çalışmada, aynı basınç ve sürede, *A. obtectus*'un yumurtaları (%55.9), larva ve pupa evresine (%15.8) göre daha hassas olarak bildirilirken; *L. serricorne*'nin yumurta evresinin ise (%15) diğer evrelere göre (larva %96, pupa %92, ergin %70.8 ölüm oranı) daha toleranslı olduğu ifade edilmiştir. Bu bilgiler yüksek basınç CO₂'in farklı türlerin aynı biyolojik evreleri üzerindeki etkisinin dahi değişebileceğini göstermektedir.

Carpophilus hemipterus'un farklı yaştaki pupaları üzerine yüksek basınç CO₂'in etkisi değerlendirildiğinde daha yaşlı pupaların, genç pupalara göre mutlak ölümün sağlanması için daha uzun uygulama süresi gerektirdiği gözlenmiştir. 20°C sıcaklıkta 5

bar basınçta 4 saat uygulama süresi sonunda elde edilen ölüm oranları; 0-24 sa yaşlı pupalarda %65.3, 24-48 sa yaşlı pupalarda %56 ve 48-72 sa yaşlı pupalarda ise %47 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.11). 25°C sıcaklıkta 10 bar basınçta 2 sa uygulama süresi sonunda elde edilen ölüm oranları ise 0-24 sa yaşlı pupalarda %92, 24-48 sa yaşlı pupalarda %74 ve 48-72 sa yaşlı pupalarda ise %62.7 olarak gözlenmiştir (Çizelge 4.12). Yüksek basınç CO₂ uygulamasına maruz bırakılan pupa evresinde, uygulama sonrası yapılan gözlemlerde pupaların gazın sistemden tahliyesinden fiziksel olarak etkilendiği ve kanatlarını açtığı gözlenmiştir (Şekil 3.9.b). Bu durum genç pupalarda daha fazla görülmüştür. Daha yaşlı pupaların yüksek basınç CO₂ uygulamasına daha genç pupalara göre toleranslı olma nedeninin bu fiziksel etkilenmeden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Sıcaklığın tüm biyolojik evreler üzerindeki etkinliği incelendiğinde sıcaklık artışının ölüm oranlarını arttırdığı ve mutlak ölüm için gereken uygulama süresini kısalttığı gözlenmiştir. Literatürde, yüksek basınç CO₂'in etkinliğinin sıcaklıkla birlikte artmasının nedeninin, böceğin metabolik aktivitesinin ortam sıcaklığına bağlı olarak artması ve dolayısıyla artan oksijen ihtiyacıyla ilgili olabileceği ifade edilmiştir (Prozell vd. 1997, Ulrichs vd. 1997, Moreno-Marí vd. 2002). Örneğin, *C. hemipterus*'un ergin evresinde 5 bar yüksek basınç CO₂ uygulamasında 20°C sıcaklıkta mutlak ölüm için gereken uygulama süresi 11 sa; 30°C'de ise 4 sa olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.15). *Carpophilus hemipterus*'un diğer biyolojik evreleri için benzer durum geçerlidir.

Yüksek basınç CO₂ uygulamaları genel olarak 20-30 bar basınçlı sistemler kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Ancak 20-30 bar basınca dayanıklı sistemlerin oldukça yüksek ilk kurulum maliyeti, tüketilen CO₂ miktarının yüksekliği nedeniyle yüksek işletme gideri ve nihayet yüksek basıncın ürün üzerindeki olası olumsuz etkileri, bu yöntemin yaygın kullanımını engelleyen unsurlar olarak ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla bu tez çalışması, yüksek basınç CO₂'in yaygın kullanımının önünü açmak düşüncesinden hareketle, 5 ve 10 bar gibi görece daha düşük basınçlarda gerçekleştirilmiştir.

Ülkemizde kuru incir zararlılarıyla savaşında yaygın olarak fosfin fumigasyonu ve derin dondurma (şoklama) yöntemleri kullanılmaktadır. Hem 5 bar ve hem de 10 bar

basınçta yapılan uygulamalarda mutlak ölüm için gerekli olan uygulama süresi mevcut uygulama yöntemlerinden biri olan fosfin fumigasyonuna göre oldukça kısa olarak tespit edilmiştir. En uzun uygulama gerektiren evre 5 bar basınçta 20°C sıcaklıkta olgun larva evresi olarak tespit edilmiş ve uygulama süresi 29 sa olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.7). On bar yüksek basınç CO₂ denemelerinde ise bu süre 20°C sıcaklıkta 9 sa olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.8). Fosfin kullanılan uygulamalarda mutlak ölümün sağlanması için gereken uygulama süresinin, sıcaklığa bağlı olarak 3-15 gün arasında değiştiği bildirilmektedir. Yüksek basınç CO₂ uygulamalarına göre daha uzun uygulama süresi gerektirmesinin yanı sıra, depolanan ürün zararlısı böceklerde dirence neden olduğu da bilinen bir durumdur (Benhalima vd. 2004, Pimentel vd. 2009, Emery vd. 2011, Nayak vd. 2020). Diğer bir yöntem olan derin dondurma (şoklama) ise ürün sıcaklığının düşürülmesi için yine belli bir süre gerektirmesinin yanında, ayrıca, yüksek elektrik tüketimine neden olarak maliyeti arttırmaktadır. Yüksek basınç CO₂ uygulamaları, uygulama esnasında elektrik enerjisi gerektirmediğinden çevresel anlamda da olumlu bir katkı sağlayabilir.

Yüksek basınç CO₂ uygulamasındai hedef zararlının ölüm oranları üzerinde gaz tahliye süresinin de etkisinin olduğu literatürde belirtilmekte; ancak, tavsiye edilen belirli bir tahliye süresi bulunmamaktadır. Bu tez çalışmasında gaz tahliye hızı ile ilgili ayrı bir çalışma yapılmamış olmakla birlikte, bu yönlü bir deneme hatasını ortadan kaldırmak için sabit bir sürede (30 dk) gaz tahliyesi gerçekleştirilmiştir. Öte yandan, tahliye süresinin çok uzun olması toplam uygulama süresini de arttıracak için uygulamada sorun teşkil edebilir. Gaz tahliye süresinin hızlı ya da yavaş olmasının kuru meyve kalitesi üzerindeki etkisiyle ilgili de herhangi bir literatür çalışması yoktur. Bu alandaki çalışmaların arttırılması belirli süre aralıklarında bir standardın elde edilmesi açısından yararlı olacaktır.

Sonuç olarak, özellikle ülkemiz açısından, kuru meyve gibi ihracat değeri yüksek; ancak, kısa sürede işlenerek pazara sunulması gereken ürünlerde, zararlıların öldürülmesinde uzun süre gerektiren mücadele uygulamaları önemli bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla görece çok daha kısa sürelerde etkili olan yüksek basınç CO₂ uygulamaları, bu sorunun çözümünde ve keza karantina uygulamalarında etkin rol

oynayabilir. Özellikle daha düşük basınçta çalışan sistemler düşük maliyetleri ile uygulamada daha yüksek oranda kendine yer bulabilir.

Ülkemizde ve dünyada yüksek basınç CO₂ üzerinde yapılan çalışma sayısı oldukça azdır. Bitkisel üretimde kimyasal mücadeleye dayalı geleneksel mücadele yöntemlerinin yerine çevre dostu yöntemlerin teşvik edildiği bir süreçte, bu alana katkı sağlayacak çalışmaların artması oldukça önemlidir. Yüksek basınç CO₂ uygulamalarının hedeflenen tür/evre, basınç, sıcaklık, uygulama süresi ve kalite yönünden daha fazla çalışılmasının gerekli olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Adler, C. 1994. A comparison of the efficacy of CO₂-rich and N₂-rich atmospheres against the granary weevil *Sitophilus granarius*. *International Working Conference On Stored Protection Product*, 11-15.
- Aksoy, U., Sen, F., Meyvaci, K. B. 2012. Effect of postharvest carbon dioxide application on storage pests and fruit quality of dried figs. *Proceedings of 9th International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products, Antalya (Turkey)*, 15-19.
- Banks, H. J., Annis, P. C. 1990. Comparative advantages of high CO₂ and low O₂ types of controlled atmospheres for grain storage. *Food Preservation by Modified Atmospheres* (ed. Calderon, M., and Barkai-Golan, R.). Boca Raton, FL, 93-122.
- Benhalima, H., Chaudhry, M., Mills, K., Price, N. 2004. Phosphine resistance in stored-product insects collected from various grain storage facilities in Morocco. *Journal of Stored Products Research*, 40 (3), 241-249.
- Caliboso, F., Nakakita, H., Kawashima, K. 1994. A preliminary evaluation of carbon dioxide under high pressure for rapid fumigation. *Stored Product Protection Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored-product Protection, 17-23 April 1994, Canberra, Australia*, 45-47.
- Donahaye, E., Navarro, S. 1989. Sensitivity of two dried fruit pests to methyl bromide alone, and in combination with carbon dioxide or under reduced pressure. *Tropical Science*, 29 (1), 9-14.
- Ebian, E. F., Aamir, M., Mahgoub, S. M., Shalaby, A. 2017. Effect of pressurized CO₂, N₂ and air gases on different stages of *Oryzaephilus surinamensis* (L.) and *Stegobium paniceum* (L.). *Zagazig Journal of Agricultural Research*, 44 (6), 2255-2266.
- El Bana, D., Aamir, M., Shalaby, A. 2015. Response of The Different Stages of *Callosobruchus Maculatus* (F.) And *Tribolium Castaneum* Herbst To Pressurized Co₂, N₂ And Air Under Two Conditions of Temperature. *Zagazig Journal of Agricultural Research*, 42 (2).
- Emekci, M., Ferizli, A., Tütüncü, S., Navarro, S. 2004. The applicability of controlled atmospheres as an alternative to methyl bromide fumigation of dried fruits in Turkey. *The International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products*, 159-166.
- Emery, R. N., Nayak, M. K., Holloway, J. C. 2011. Lessons learned from phosphine resistance monitoring in Australia. *Stewart Postharvest Rev*, 7 (3).
- Fields, P. G., White, N. D. 2002. Alternatives to methyl bromide treatments for stored-product and quarantine insects. *Annual Review of Entomology*, 47 (1), 331-359.
- Finkelman, S., Navarro, S., Rindner, M., Dias, R. 2006. Use of heat for disinfestation and control of insects in dates: Laboratory and field trials. *Phytoparasitica*, 34 (1), 37-48.

- Fleurat-Lessard, F. 1990. Effect of modified atmospheres on insects and mites infesting stored products. *Food preservation by modified atmospheres*, 21-38.
- Gendağ, E., Grg, A. ,Yılmaz, F. M. 2019. Kuru İncirin İşlenmesi, Kalite Problemleri ve Gıda Endstrisinin Geliştirdiği Yeniliki Yntemler. *Akademik Gıda*, 17 (3), 378-388.
- Gl, M. ,Akpınar, M. G. 2006. Dünya ve Türkiye meyve retimindeki gelişmelerin incelenmesi. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 19 (1), 15-27.
- Hulasare, R., Subramanyam, B., Fields, P. ,Abdelghany, A. 2010. Heat treatment: a viable methyl bromide alternative for managing stored-product insects in food-processing facilities. *Julius-Khn-Archiv* (425), 661.
- Karakoyun, N. S. ,Emekci, M. 2010. The efficacy of sulfuryl fluoride against egg stages of dried fruit beetle. *Proceedings of Annual International Reserach Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions*, 1-4.
- Karakoyun, S., 2011, Slfril florit gazının depolanmış ürün zararlısı *Carpophilus hemipterus* (L.)'a (Coleoptera: Carpophylidae) etkinliği üzerinde araştırmalar, *Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı*, 79, Ankara.
- Kutbay, F., Varol, İ., Bayram, M. ,Ozdemir, A. 2011. The effect of carbon dioxide at high pressure under different developmental stages of *Callosobruchus maculatus* (F.) hosting on chickpeas. *African Journal of Biotechnology*, 10 (11), 2053-2057.
- Locatelli, D. P. 1999. The use of high pressure carbon dioxide (20bar) to control some insect of foodstuffs. *Proc. 7th Int. Work. Conf. Stored-Product Protection*, 1999.
- Mitsura, A., Amano, R. ,Tanabe, H. 1973. The acaricidal effects of compressed gas treatments on the grain mite, *Tyrophagus putrescentiae*. *Food Hygiene and Safety Science (Shokuhin Eiseigaku Zasshi)*, 14 (6), 511-516.
- Moreno-Mar, J., Meli-Llcer, A., Oltra-Moscard, M. T., Reverter, J. G. ,Jiménez-Peydr, R. 2002. Control of *Sitophilus oryzae* (L.) and *Oryzaephilus surinamensis* (L.) in rice by CO₂ under increased pressure. *IOBC WPRS Bulletin*, 25 (3), 215-220.
- Nakakita, H. ,Kawashima, K. 1994. A new method to control stored product insects using carbon dioxide with high pressure followed by sudden pressure loss. *Stored product protection, proceedings of the 6th international working conference on stored-product protection, Canberra, Australia*, 17-23.
- Navarro, S. 2006. Modified atmospheres for the control of stored-product insects and mites. *Insect management for food storage and processing*, 105-146.
- Navarro, S., Finkelman, S., Donahaye, J., Isikber, A., Rindner, M. ,Dias, R. 2007. Development of a methyl bromide alternative for the control of stored product insects using a vacuum technology. *Proc. int. conf. controlled atmosphere and fumigation in stored products, Gold-Coast Australia. 8e13th August 2004 (pp. 227e234). Israel: FTIC Ltd. Publishing.*
- Navarro, S., Navarro, H. ,Finkelman, S. 2014. Mortality of *Carpophilus hemipterus* eggs and larvae under the influence of thermal disinfestations, 98, 159-165.

- Nayak, M. K., Daglish, G. J., Phillips, T. W., Ebert, P. R. 2020. Resistance to the fumigant phosphine and its management in insect pests of stored products: a global perspective. *Annual Review of Entomology*, 65, 333-350.
- Nielsen, P. 2001. The effect of carbon dioxide under pressure against eggs of *Ephestia kuehniella* Zeller and adults of *Stegobium paniceum* (L.) and *Oryzaephilus surinamensis* (L.). *Journal of pest science*, 74, 85-88.
- Noomhorm, A., Sirisoontarak, P., Uraichuen, J., Ahmad, I. 2013. Efficacy of atmospheric and pressurized carbon dioxide or air against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) in milled rice. *Journal of Stored Products Research*, 54, 48-53.
- Parsons, C. T. 1943. A revision of Nearctic Nitidulidae (Coleoptera), *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, p. 92: 121-278.
- Pimentel, M., LRD'A, F., Guedes, R., Sousa, A., Tótola, M. 2009. Phosphine resistance in Brazilian populations of *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Products Research*, 45 (1), 71-74.
- Prozell, S., Reichmuth, C. 1991. Response of the granary weevil *Sitophilus granarius* (L.) (Col.: Curculionidae) to controlled atmospheres under high pressure. *Proc. 5th Int. Working Conf. on Stored-product Protection*, 911-918.
- Prozell, S., Reichmuth, C., Ziegler, G., Schartmann, B., Matissek, R., Kraus, J., Gerard, D., Rogg, S. 1997. Control of Pests and Quality Aspects in Cocoa Beans and Hazelnuts and Diffusion Experiments in Compressed Tobacco with Carbon Dioxide under High Pressure.
- Reichmuth, C., Wohlgemuth, R. 1994. Carbon dioxide under high pressure of 15 bar and 20 bar to control the eggs of the Indian meal moth *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) as the most tolerant stage at 25 °C. Highley et al. (eds) (1994), 163-172.
- Riudavets, J., Castañé, C., Alomar, O., Pons, M. J., Gabarra, R. 2010. The use of carbon dioxide at high pressure to control nine stored-product pests. *Journal of Stored Products Research*, 46 (4), 228-233.
- Sadeghi, R., Heidari, F., Ebadollahi, A., Azarikia, F., Jamshidnia, A., Palla, F. 2021. High-Pressure Carbon Dioxide Use to Control Dried Apricot Pests, *Tribolium castaneum* and *Rhyzopertha dominica*, and Assessing the Qualitative Traits of Dried Pieces of Treated Apricot. *Foods*, 10 (6), 1190.
- Sen, F., Meyvaci, K. B., Turanlı, F., Aksoy, U. 2010. Effects of short-term controlled atmosphere treatment at elevated temperature on dried fig fruit. *Journal of Stored Products Research*, 46 (1), 28-33.
- Serrani, L., Süß, L., Miliani, A., Cassani, G. 2020. Industrial Application of Carbon Dioxide and High Pressure as a Method to Perform Pest Control on Foodstuff Raw Materials. *Adv Agri Horti and Ento: AAHE*, 118.

- Shazali, M. E. H., Imamura, T., Miyanoshita, A. 2004. Mortality of eggs of the cowpea bruchid, *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) in carbon dioxide under high pressure. *Applied Entomology and Zoology*, 39 (1), 49-53.
- Stahl, E. 1985. Entwesung von Drogen durch kohlendioxide Druckbehandlung (PEX-verfahren). *Pharmazeutische Industrie*, 47, 528-530.
- StatSoft, I. 2004. STATISTICA (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com.
- Şahin, B., Konak, K. 2004. Ekolojik Kuru İncirin Üretim Ve Pazarlaması Üzerine Bir Araştırma. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1 (1), 53-61.
- Şen, F., Meyvaci, K. B., Aksoy, U., Emekci, M., Ferizli, A. G. 2009. Effects of the post-harvest application of methyl bromide alternatives on storage pests and quality of dried fig. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 33 (4), 403-412.
- Tütüncü, Ş., Emekci, M. 2014. Ekşilik böceklerinden *Carpophilus hemipterus* (L.) (Coleoptera: Nitidulidae)'un biyolojik dönemlerine fosfin gazının toksisitesi. *Turkish Journal of Entomology*, 38 (2), 215-225.
- Ulrichs, C., Reichmuth, C. 1997. Influence of physical parameters on the control of the tobacco beetle *Lasioderma serricorne* Fab. (Coleoptera: Anobiidae) with carbon dioxide under high pressure. *Anzeiger für Schädlingkunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz*, 70, 81-86.
- Ulrichs, C., Reichmuth, C., Rassmann, W. 1997. Carbon dioxide under high pressure to control the tobacco beetle *Lasioderma serricorne*. *Proc. Int. Conf. on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products*, 335-341.
- Yatkın, G., 2013, Kuru incir zararlısı *Carpophilus hemipterus* (L.)'a (Carpophilidae: Coleoptera) karşı fosfin gazının vakum altındaki etkisi, *Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı*, 56, Ankara.