

Original araştırma (Original article)

Bademde yüksek konsantrasyonlarda ozon gazı uygulamasının *Plodia interpunctella* (Hübner) ve *Ephestia cautella* (Walker)' ya karşı etkinliği

Efficacy of gaseous ozone at high concentrations against *Plodia interpunctella* (Hübner) and *Ephestia cautella* (Walker) in Almond

Ali A. IŞIKBER^{1*} M. Serdar ÖZTEKİN² K. Sinan DAYISOYLU³
Ahmet D. DUMAN⁴ Selda EROĞLU¹

Summary

In this study efficacy of gaseous ozone at high concentrations and short exposure time against all life stages of *Plodia interpunctella* (Hübner) ve *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) in almond was investigated under laboratory conditions. All life stages of *E. cautella* and *P. interpunctella* placed at the top and bottom position of 1.3 kg almond in fumigation chamber were exposed to two different concentrations (8.35 and 33.33 mg/l) of ozone flush treatment at 30 minute intervals for 6 hour. The results of biological tests indicated that ozone treatment at 33.33 mg/l concentration resulted in % 100 or nearly % 100 mortalities of only adult and pupa stage of *E. cautella* and all life stages of *P. interpunctella* placed at top position of the almond. However, ozone treatments at lower concentration (8.35 mg/l) caused nearly % 100 mortalities of only adult and pupa stage of *P. interpunctella* at placed at top position of the almond. It was clear that ozone treatments at low concentration (8.35 mg/l) resulted in significantly lower mortalities of all life stages of *E. cautella* and *P. interpunctella* than those at high concentration (33.33 mg/l). Generally, in all ozone treatments the mortalities of tested insects placed at top position of the almond were higher than those placed at bottom position of the almond. Notably, it was hard to kill the larvae and eggs of *E. cautella* and *P. interpunctella* placed at bottom position of the almond. Moreover, it was found that *E. cautella* was more tolerant to ozone treatments than *P. interpunctella* except their egg stage. In conclusion, this study shows that ozone treatment at high concentrations and short exposure time could not be effective alternative to methyl bromide for the rapid disinfestations of the almonds since it did not cause the complete mortality of all life stages of *E. cautella* and *P. interpunctella* on almond.

Keywords: Gaseous ozone, almond, fumigant, *Ephestia cautella*, *Plodia interpunctella*

Özet

Bu çalışmada laboratuvar koşullarında bademde kısa uygulama süresinde ve yüksek konsantrasyonda ozon gazı uygulamasının *Ephestia cautella* (Walker) ve *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae)' nin tüm biyolojik dönemlerine karşı biyolojik etkinliği araştırılmıştır. Fümigasyon çemberi içerisinde 1.3 kg kabuklu bademin üst ve alt kısmına yerleştirilen *E. cautella* ve *P. interpunctella*'nin tüm biyolojik dönemleri 6 saat süresince yarım saat aralıkla iki farklı konsantrasyonda (8.35 and 33.33 mg/l) ozon gazı sirkülasyonuna maruz bırakılmıştır. Biyolojik testler sonucunda 33.33 mg/l konsantrasyonda ozon gazı uygulamasında ürünün üst kısmına yerleştirilen *E. cautella*' nin yalnızca ergin ve pupaların, *P. interpunctella*'nin ise tüm biyolojik dönemlerin 100 % ya da 100 % yakın ölümleri elde edilmiştir. Bunun yanında daha düşük konsantrasyonda (8.35 mg/l) ozon gazı uygulamasında ise yalnızca ürünün üst kısmına yerleştirilen *P. interpunctella*' nin ergin ve pupaların 100 % yakın ölümleri elde edilmiştir. Açık bir şekilde düşük konsantrasyonda (8.35 mg/l) ozon gazı uygulamasında *E. cautella* ve *P. interpunctella*'nin tüm biyolojik dönemlerine ait ölüm oranları yüksek konsantrasyonda (33.33 mg/l) ozon gazı uygulamasındakilerden istatistiki olarak önemli derecede daha düşük olduğu görülmüştür. Genel olarak tüm ozon gazı uygulamasında ürünün üst kısmına yerleştirilen böceklerin ölüm oranları alt kısma yerleştirilen böceklerinkinden daha yüksek olduğu bulunmuştur. Özellikle ürünlerin alt kısmına yerleştirilen *E. cautella* ve *P. interpunctella* larvalarını ve yumurtalarını tamamen öldürmenin çok güç olduğu görülmüştür. Ayrıca, bu çalışmada yumurta dönemi hariç *E. cautella*'nin genellikle *P. interpunctella*'ya göre ozon gazına daha dayanıklı olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak yüksek konsantrasyonda ozon gazı uygulamasının kısa uygulama süresinde bademde *E. cautella* ve *P. interpunctella*'nin tüm biyolojik dönemlerini tamamen kontrol edememesinden dolayı ozon gazının ürünlerin böcek bulaşmalarından hızlı bir şekilde arındırılmasında metil bromide potansiyel bir alternatif olamayacağı görülmektedir.

Anahtar sözcükler: Ozon gazı, badem, fümigant, *Ephestia cautella*, *Plodia interpunctella*

¹ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 46100 Kahramanmaraş, Türkiye

² Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri Bölümü, 01330 Adana, Türkiye

³ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 46100 Kahramanmaraş, Türkiye

⁴ Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Hatay, Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author) e-mail: isikber@ksu.edu.tr

Alınış (Received): 20.02.2015 Kabul ediliş (Accepted): 20.03.2015 Çevrimiçi Yayın Tarihi (Published Online): 13.04.2015

Giriş

Badem yetiştiriciliğinin, dünya kabuklu meyve üretimi içerisinde önemli bir yeri vardır. Dünyadaki toplam badem alanı 2000 yılında 1.7 milyon hektar iken, 2009 yılında %7 artışla 1.8 milyon hektara yükselmiştir. İspanya, dünya badem üretiminde % 34' lük pay ile ilk sırada yer almaktadır (Yavuz, 2011). İspanya'yı sırasıyla Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Tunus ve İran izlemektedir. Türkiye, dünya kabuklu badem üretiminde 2012 yılı itibarıyla 75 bin ton üretimle % 3.87'lik bir paya sahiptir (Anonymous, 2012). Bademin depolanması esnasında depo zararlılarının bulaşması badem sektöründe önemli sorunlara neden olabilmektedir. Depolama sırasında saklama koşullarına bağlı olmakla birlikte nitelik ve nicelik kayıpları büyük oranda depo zararlıları sonucu ortaya çıkmaktadır. Sert kabuklu meyvelerin depolanması sırasında Kuru Meyve Güvesi (*Plodia interpunctella* (Hübner), Lepidoptera: Pyralidae), Kuru İncir Kurdu (*Ephestia cautella* (Walker), Lepidoptera: Pyralidae) ve İç Fındık Güvesi (*Paralipsa gularis* Zell.; Lepidoptera: Pyralidae) gibi böcek bulaşmaların ürün kalitesini düşürdüğü bilinmektedir (Yasan & Kiper, 1972; Ferizli & Emekci, 2010). Özellikle *P. interpunctella* ve *E. cautella* meyvede beslenerek meyve kalitesini düşürürler. Ayrıca ürünün üzerine ipeğimsi bir ağ örerek meyvelerin kirlenmesine neden olurlar (Damarlı et al., 1997). Buna bağlı olarak badem ihracatı esnasında böcek veya böcek kalıntılarından dolayı ürünlerin geri gönderildiği ve böylece hesaplanmayan kayıpların oluşabildiği görülmektedir.

Böcekleri hızlı şekilde öldürmesinden, geniş spektrumlu aktiviteye ve düşük maliyete sahip olmasından dolayı depolanmış ürün zararlıların kontrolünde yaygın olarak Metil bromit (MeBr) uygulanmakta (Fields & White, 2002) iken MeBr'in ozon tabakasını inceltici etkisi nedeni ile kullanımına yasaklanmıştır. Montreal Protokolü çerçevesinde MeBr kullanımı gelişmiş ülkelerde 2005, Türkiye'de 2007 yılından itibaren bazı karantina ve sevkiyat öncesi uygulamaları dışında yasaklanmış, gelişmekte olan ülkelerde ise 2015 yılından itibaren uygulamanın başlaması beklenmektedir (MBTOC, 1998; Bell, 2000; Schneider et al., 2003; Anonymous, 2004). Sonuç olarak MeBr kullanımının yasaklanması ve çevreye olan etkisi nedeni ile MeBr'ün yerini alacak alternatif yöntemlerin araştırılmasının gerekliliği giderek önem kazanmaya başlamıştır. Bu bağlamda kimyasal (fosfin, karbonil sülfid, sülfürlü florit, karbon disülfid, ozon, etil format, metil iyodit, vb.) ve kimyasal olmayan (değiştirilmiş atmosfer, yüksek basınç, sıcak/soğuk uygulamaları, radyo frekansı, uzun dalga enerjisi, radyasyon, vb.) birçok yöntem denenmiş veya denenmektedir (Johnson et al., 2000; Zettler & Arthur, 2000, Fields & White, 2002; Johnson et al., 2003; Schneider et al., 2003; Aksoy et al., 2003). MeBr'in yerini alacak kimyasal ve kimyasal olmayan önerilen birçok alternatiflerin olmasına rağmen her biri MeBr'in direk yerini almasını engelleyebilen etkinlik, maliyet, penetrasyon ve kalıntı bakımından kısıtlamalara sahiptir.

Ozon üç atoma sahip oksijen (O₃) molekülünün bir formudur. Doğada gök gürültüsünü takiben havada taze temiz kokuyla karakterize edilen mavimsi veya renksiz bir gaz olarak üretilir. Normal atmosfer sıcaklığı ve basıncında dengeli olmayan bir gaz olup, 35°C sıcaklıkların üstünde hızlıca oksijene dönüşür. Bu nedenle kullanım anında üretilmek zorunda olup, üretildikten sonra depolanması olanaksızdır. Ozon ticari olarak çoğunlukla bir korona akım jeneratörü tarafından saf oksijenden veya havadan üretilir (Kim et al., 2003). Ozon, çeşitli yararlı uygulamaları olan etkili bir oksidanttır. Ozon, suyun dezenfeksiyonunda, koku, tat ve rengin giderilmesinde, sudaki pestisitlerin, inorganik ve organik bileşiklerin uzaklaştırılmasında kullanılmaktadır. Ozonun tarımsal alandaki uygulamaları ise; sebze ve meyvelerin korunması ve depolanması, kolay bozulur ürünlerin yüzey dekontaminasyonu ve işleme ekipmanları, suyun ve paketlenme materyallerinin dezenfeksiyonu şeklinde özetlenebilir (Mendez et al., 2003). Gaz formundaki ozon güçlü bir sanitasyon ve fumigasyon maddesidir. Ozonun gıda

uygulamalarında kullanımına yönelik çalışmalardan bazıları; proses suyu sterilizasyonu ve geri dönüşümü (Xu, 1999), bakteriyel gelişimin önlenmesi (Kim & Yousef, 2000; Achen & Yousef, 2001; Sharma et al., 2002), küflerden kaynaklanan bozulmaların önlenmesi (Perez et al., 1999; Palou et al., 2002), meyve ve sebzelerin yıkanması ve depolanması (Escriche et al., 2001; Beltran et al., 2005), kuru incirlerde mikrobiyel yükün azaltılması (Öztekin et al., 2006), paslanmaz çelik yüzeylerdeki mikrobiyel popülasyonun azaltılması (Güzel-Seydim et al., 2004), depo zararlılarının kontrolü (Kells et al., 2001; Mendez et al., 2003; Işıkber et al., 2007), pestisit ve kimyasal kalıntıların parçalanması (Ong et al., 1996; Hwang et al., 2001), kanatlı ve et ürünlerinde mikroorganizmaların kontrolüdür (Kim et al., 2003; Meunpol et al., 2003).

Ozon gazı genellikle bazı depolanmış tahıl zararlılarının mücadelesinde kullanılmıştır. Mendez et al. (2003) böcek bulaşık mısırı 3 gün süreyle 50 ppm ozon gazıyla fümige etmişlerdir. Bu uygulama sonunda Mısır biti (*Sitophilus zeamais* Motsch., Coleoptera: Curculionidae)'nin erginleri, Kuru Meyve Güvesi (*Plodia interpunctella* Hübn.)'nin larvaları ve Un Biti (*Tribolium castaneum* Herbst., Coleoptera: Tenebrionidae)'nin erginleri üzerinde % 92-% 100 arasında değişen ölüm oranlarına neden olduğunu tespit etmişlerdir. Erdman (1980) 45 ppm ozon konsantrasyonuna maruz bırakılan *Tribolium confusum* Jacquelin du Val ve *T. castaneum*'ün erginlerinde yüksek ölümlerin gerçekleştiğini bildirmiştir. Leesch (2003) laboratuvar koşullarında tek başına yüksek konsantrasyonda (300 ppm) ve kısa uygulama süresinde (4 saat) ozon gazı uygulamasının *P. interpunctella*'nin pupalarında yüksek oranda ölüme neden olduğunu bildirmiştir. Işıkber & Öztekin (2009) iki depolanmış ürün zararlısı *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) ve *T. confusum*'ün ozon gazına karşı duyarlılıklarını araştırmışlardır. Çalışma sonucunda *E. kuehniella* ve *T. confusum*'ün gelişme dönemlerinin ozon gazına karşı duyarlılıklarında önemli farklılığın olduğunu ve genel olarak *T. confusum*'ün *E. kuehniella*'ya göre ozon gazına daha dayanıklı olduğunu bildirmişlerdir. Athanassiou et al. (2008) 2 saat süreyle yüksek ozon konsantrasyonuna (115 ppm) maruz bırakılan *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) ve *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) erginlerinin yaklaşık % 60'nın ve 4 saat süreyle aynı konsantrasyonda ozon uygulamasında ise % 100'nün öldüğünü bildirmişlerdir. Ozon ile yürütülen tüm bu çalışmalar sonucunda ozon gazının depolanmış ürün zararlılarının ölümüne neden olduğunu, ancak böceklerle karşı etkinliğinin böcek türlerine, böcek dönemlerine, uygulama yapılan ürüne ve uygulama şekline göre farklılıklar gösterdiği görülmektedir.

Sert kabuklu meyve sanayisi, hasat sonrası böcek bulaşmasını önlemek için kimyasal fumigant olarak yalnızca fosfin kullanmaya devam etmektedir. Fosfin kullanımı, karsinojenik etkisinden (Garry et al., 1990; Alavanja et al., 1990), dayanıklılık sorunundan (Champ & Dyte, 1976; Zettler et al., 1989; Zettler & Cuperus, 1990) ve uzun maruz bırakma süresine (6 gün veya daha uzun süre) gereksinim duyulmasından dolayı tehdit altındadır. Ayrıca, bu uzun maruz bırakma süresi fosfinin karantina uygulamalarında kullanımını mümkün kılmamaktadır. Metil bromidin kaybedilmesi ile ürünlerden böcek bulaşmasını hızlı şekilde kontrol edebilecek mevcut alternatiflerin bulunmamasından dolayı kuru meyve ve sert kabuklu meyve sanayisi üzerine önemli derecede olumsuz etkiye sahip olmuştur. Bu yüzden hızlı böcek ölümlerinin gerekli olduğu (bir günden daha kısa maruz bırakma süresi) karantina uygulamaları için yeni fümigantların geliştirilmesi kritik öneme sahiptir. Mevcut çalışmada bademde metil bromide alternatif olarak kısa maruz bırakma süresinde yüksek konsantrasyonlarda ozon gazı uygulamasının *E. cautella* ve *P. interpunctella*'nin tüm biyolojik dönemlerine (yumurta, larva, pupa ve ergin) karşı biyolojik etkinliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

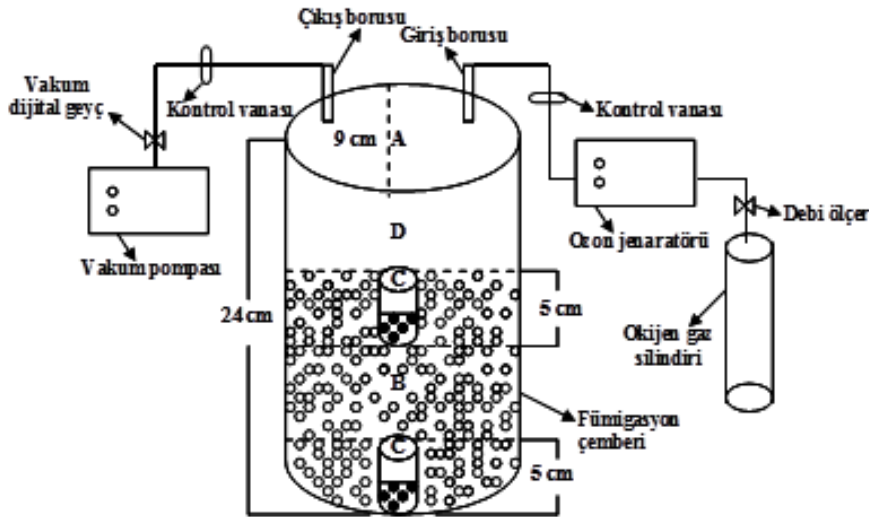
Materyal

Ozon üretim sistemi

Çalışmada ürünlü ortamda yüksek ozon konsantrasyon uygulaması için kullanılan ozon uygulama seti 5 üniteden oluşmaktadır (Şekil 1). Bunlar;

1. Saf oksijen kullanılması durumunda 10 g/h, kuru hava kullanılması durumunda 5 g/h ozon üretme kapasitesine sahip bir *ozon jeneratörü* (OZO 1VTTL – Ozomax, Kanada)
2. Oksijen gazı akış hızının ayarlanmasını sağlayan bir *elektronik debi ölçer (flowmetre)*,
3. Fumigasyon çemberi içerisindeki havayı çekmeye yarayan *vakum pompası*,
4. Ürün ve böceklerin yerleştirildiği ve ozon fumigasyonun yapıldığı ozon fumigasyon çemberi,
5. Oksijen tüpü

Ürünlü ortamda yüksek konsantrasyonda ozon uygulaması ile ilgili denemeler 9 cm çapındaki metal kapaklı 3 litrelik cam kavanoz içerisinde yürütülmüştür. Bu kavanozların metal kapakları üzerinde 3 cm uzunluğunda 0.5 cm çapında iki metal rekor ile dışarı açılan iki delik bulunmaktadır. Her metal rekor üzerinde 5 cm uzunluğunda silikon hortum yerleştirilmiştir. Bu deliklerin ilki ozon jeneratörüne bağlanmış ve ikincisinin ucu vakum pompasına bağlanmıştır (Şekil 1). Hortumun bir ucu ürünlü ortamdaki havanın alınması sağlanırken diğer delikten ozon gazının cam kavanoz içerisine verilmesi sağlanmıştır. Böylece ozon gazı istenilen aralıklarla cam kavanoz içerisinde sirküle edilmiştir. Ozon gaz konsantrasyonunun ayarlanması ise saf oksijen gazının akış hızına göre ayarlanmıştır. Oksijen tüpü ile ozon jeneratörü arasına bir debi ölçer (flow metre) yerleştirilmiştir ve oksijen gazının akış hızı elektronik debi ölçer tarafından yönetilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Ürünlü ortamda ozon gazı fumigasyon sistemi. A: 3 l'lik fumigasyon çemberi; B: Fumigasyon çemberi içerisinde 1.3 kg ürün; C: Böcekleri içeren ağzı tülle kaplı küçük cam şişeler; D: Fumigasyon çemberi içerisindeki kalan boş hacim.

Biyolojik testlerde kullanılan ürün

Biyolojik testlerde % 10-12 ürün nemi içeren kabuklu Ferraduel badem çeşidi (*Prunus amygdalus* Batsch) kullanılmıştır.

Biyolojik testlerde kullanılan böcek türleri

Biyolojik testlerde *E. cautella* ve *P. interpunctella*'nın tüm biyolojik dönemleri kullanılmıştır. Biyolojik testlerde kullanılan *E. cautella* kültürünün ana materyali Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Laboratuvar'ından temin edilmiştir. Biyolojik testlerde kullanılan *P. interpunctella* kültürünün ana materyali Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Laboratuvar'ından temin edilmiştir.

Yöntem

Ephestia cautella ve *Plodia interpunctella*'nın yetiştirilmesi

Ephestia cautella laboratuvarında 10:1:2 oranında buğday kırmısı, kuru maya (*Saccharomyces cerevisiae*) ve gliserin karışımından oluşan besin ortamında yetiştirilmiştir (Rahman et al., 2004). *Plodia interpunctella* ise 2: 1:0.25: 0.50: 0.25: 0.25 oranında kepek, mısır unu, kuru maya, bal, süt tozu ve gliserin karışımından oluşan besin ortamında yetiştirilmiştir (Ozkan, 2006). Çalışmada kullanılan buğday kırmısı, mısır unu ve kepek -17 °C sıcaklıktaki derin dondurucuda 4 gün süre ile tutularak olası zararlı bulaşıklılığı riski ortadan kaldırılmıştır. Hazırlanan besin 3 litrelik cam kavanozlara ilave edilmiş ve besin üzerine yaklaşık 300-350'şer adet yeni bırakılmış yumurta aktarılmıştır. Kavanozların kapaklarına hava girişini sağlamak ve başka zararlıların bulaşmasını önlemek amacıyla tül ile kapatılmıştır. *Ephestia cautella* ve *P. interpunctella* kültürü, 26±1°C sıcaklık ve % 65±5 orantılı nem içeren böcek yetiştirme odasında yapılmıştır.

Ürnlü ortamda yürütülen biyolojik testler

Altı saat süreyle 30 dakika arayla ürnlü ortamda test edilecek böcekler ozon gazı uygulaması için 1.3 kg badem kullanılmıştır. Fumigasyon çemberi içerisine 1.3 kg ürün dökme olarak yerleştirilmiştir. Biyolojik testler için *E. cautella* ve *P. interpunctella*'nın 50 adet yumurta, 20 adet larva, pupa ve ergin kullanılmıştır. Biyolojik testlerde *P. interpunctella* ve *E. cautella*'nın 1-2 günlük erginleri, pupaları ve yumurtaları ve son dönem larvaları (28-32 gün) kullanılmış olup tüm dönemlerde bireyler 50 ml' lik şişelere konulmuştur. Larvalar için şişelere hacimlerinin 1/3 kadar (50 ml'lik şişeler için 10 g) taze besin eklenmiştir. Ozon gazının tüplere girebilmesi ve şişelere konan böceklerin kaçmasının engellenmesi için ağızları tülle kapatıldıktan sonra 1.3 kg kabuklu bademin üst ve alt kısmına yerleştirildikten sonra fumigasyon çemberinin kapakları kapatılmıştır. Test edilecek böceklerin ve 1.3 kg ürünün bulunduğu fumigasyon çemberi içerisinde 10±2 mm Hg düşük basınç (vakum) sağlanana kadar ortamdaki hava vakum pompası (KNF, Almanya) yardımıyla tamamen çekilmiştir (Şekil 1). Fumigasyon çemberi içerisinde 10±2 mm Hg düşük basınç (vakum) sağlandıktan sonra iki farklı yüksek konsantrasyonda (8.35 mg/l (3895 ppm) ve 33.33 mg/l (15545 ppm) ozon gazı atmosferik basınç seviyesine (760 mm Hg) gelene kadar ürün içerisine sirküle edilmiştir. Bu ozonlama işlemi her 30 dakika aralayla toplam olarak 12 kez tekrar edilmiştir. Kesikli ozon uygulaması 26±1°C sıcaklık, 65±5% orantılı nem içeren iklim odalarında gerçekleştirilmiştir. Ozon gazı uygulamasından sonra ürün içerisine yerleştirilen böcekleri içeren şişeler çıkarılmış ve biyolojik testler kısmında belirtilen yöntemle göre ölü-canlı sayımları yapılmıştır. Denemeler 3 tekerrürlü olarak yürütülmüş olup her bir deneme için 3 kontrol bırakılmıştır. Her uygulamadan sonra biyolojik testlerde kullanılan badem örnekleri değiştirilerek yeni ürün kullanılmıştır.

Verilerin değerlendirilmesi ve analizi

Ozon uygulanmış böcekler % 65±5 nem ve 26±1°C' de iklim odasında tutulmuştur. Ozon uygulamasından sonra yumurtalar cam şişeden çıkartıldıktan sonra fırça yardımıyla mikadan yapılmış küçük delikler içeren hücreler içerisine yerleştirilmiştir. Yumurtalar ve pupalar için bir hafta sonra, erginler için 1 gün sonra ve larvalar için ise pupa olduktan sonra ölü-canlı sayımı yapılmıştır. Ürnlü ortamda ozon gazının *E. cautella* ve *P. interpunctella* üzerindeki etkisini belirlemek için yürütülen biyolojik testler sonucunda elde edilen canlı ve ölü birey sayılarını kullanılarak her uygulama için ölüm oranları (%) hesaplanmıştır. Her uygulama için elde edilen ölüm oranları Arcsin transformasyonuna tabi tutulmuştur. Buradan elde edilen verilere çift yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış ve ortalamalar % 5 önem seviyesinde çoklu karşılaştırmalı LSD testine göre kıyaslanmıştır (SAS Ins., 1985).

Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Yapılan varyans analizi (ANOVA) sonuçları ozon konsantrasyonun *E. cautella*'nın tüm biyolojik dönemlerine ait ölüm oranları üzerine istatistiksel olarak önemli etkiye sahip olduğunu göstermiştir ($F_{2, 54} = 220.68$, $P < 0.0001$). Benzer olarak ürünün içerisine böceğin yerleştirildiği pozisyon (ürünün altı ve üstü) da *E. cautella*'nın tüm gelişme dönemlerine ait ölüm oranları üzerine istatistiksel olarak önemli etkiye sahip olmuştur ($F_{1, 54} = 27.94$, $P < 0.0001$). Ürünün üst kısmına yerleştirilen 8.35 mg/l konsantrasyonda ozon gaz uygulamasına ait *E. cautella*'nın tüm biyolojik dönemlerine (ergin, larva ve yumurta) ait ölüm oranları 33.33 mg/l konsantrasyonda ozon gaz uygulamasına ait ölüm oranlarından önemli derecede daha düşük olduğu görülmüştür. 33.33 mg/l konsantrasyonda ozon gaz uygulaması ürünün üst kısmına yerleştirilen larva ve yumurta dönemi hariç diğer dönemlerin (ergin ve pupa) %100 yakın ölümüne neden olmuştur. Bunun yanında 33.33 mg/l konsantrasyonda ozon gaz uygulaması kabuklu bademin hem üst hem de alt kısmına yerleştirilen larvaların düşük ölüm oranlarına (sırasıyla % 36.7 ve % 13.33) sahip olmuştur. Hem 8.35 mg/l hem de yüksek konsantrasyonda ozon gaz uygulaması özellikle kabuklu bademin alt kısmına yerleştirilen larvaların ölüm oranının çok düşük olduğu görülmüştür. Kabuklu bademin içerisinde böceğin yerleştirildiği pozisyon 8.35 mg/l ozon uygulamasında böceğin ergin ve pupaların ve 33.33 mg/l ozon uygulamasında ise ergin ve larvaların ölüm oranları üzerine istatistiki olarak önemli etkiye sahip olmuştur (Çizelge 1). Genel olarak tüm ozon uygulamalarında kabuklu bademin üst kısmına yerleştirilen böcekler için ölüm oranları alt kısma yerleştirilen böceklerinkinden daha yüksek olduğu görülmüştür.

Çizelge 1. Altı saat süresince yarım saat aralıkla iki farklı konsantrasyonda ozon gazı sirkülasyonuna maruz bırakılan 1.3 kg kabuklu bademin iki farklı kısmına (üst ve alt kısma) yerleştirilen *Ephestia cautella*'nın tüm biyolojik dönemlerine ait ölüm oranları

Uygulama konsantrasyonu	Böcek pozisyonu	Ölüm oranı (%)±S.hata				F ve P değeri	LSD değeri
		Ergin	Larva	Pupa	Yumurta		
8.35 mg/l (3895 ppm)	Üst	78.3±3.3 Ba	13.33±3.3 Bc	75±5 Ba	46.7±2.4 Bb	$F_{3,8}=57.2$ $P<0.0001$	8.235
	Alt	11.7±1.7 Cc	10±2.9 Bc	81.7±1.7 ABa	44±2 Bb	$F_{3,8}=145.3$ $P<0.0001$	5.919
33.33 mg/l (15545 ppm)	Üst	98.3±1.7 Aa	36.7±4.4 Ac	95±2.89 Aa	64±2 Ab	$F_{3,8}=36.4$ $P<0.0001$	12.273
	Alt	20±5 Cc	13.33±3.3 Bc	91.7±4.4 Aa	58.7±1.3 ABb	$F_{3,8}=37.6$ $P<0.0001$	13.525
Kontrol	Üst	0±0 D	5±1.7 C	5±2.9 C	2.7±2.7 C	-	-
	Alt	0±0 D	5±1.7 C	5±2.9 C	2.7±2.7 C	-	-
F ve P Değeri	-	$F_{5,12}=188.3$ $P<0.0001$	$F_{5,12}=15.2$ $P<0.0001$	$F_{5,12}=46.5$ $P<0.0001$	$F_{5,12}=43.9$ $P<0.0001$		
F ve P Değeri	-	7.806	9.803	15.440	10.161		

Verilere iki yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış olup, ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 önem seviyesinde LSD testine göre ortaya konmuştur. Aynı sütunda bulunan farklı büyük harfler ve aynı satırda bulunan farklı küçük harfler istatistiki olarak birbirinden farklıdır.

Böceğin biyolojik dönemlerinin ozon gazı uygulamasına karşı hassasiyetleri arasında da istatistiksel olarak önemli farklılıklar olduğu bulunmuştur ($F_{3, 54} = 45.99$, $P < 0.0001$). Hem 8.35 mg/l hem de 33.33 mg/l ozon gaz uygulamasında kabuklu bademin üst kısmına yerleştirilen *E. cautella*'nın pupaların ve erginlerin ölüm oranları diğer dönemlerinkinden istatistiki olarak önemli derecede daha yüksek bulunurken hem 8.35 mg/l hem de 33.33 mg/l ozon gaz uygulamasında kabuklu bademin alt kısmına yerleştirilen *E. cautella*'nın yalnızca pupaların ölüm oranları diğer dönemlerinkinden istatistiki olarak önemli derecede daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 1). Tüm ozon uygulamalarında larva dönemine ait ölüm oranları ise diğer dönemlerin ölüm oranlarından istatistiki olarak önemli derecede daha düşük bulunmuştur. Hem düşük hem de yüksek konsantrasyonda ozon gaz uygulamasında kabuklu bademin üst kısmına yerleştirilen *E. cautella*'nın ergin ölüm oranları yumurta ölüm oranlarından istatistiki daha

yüksek bulunurken kabuklu bademin üst kısmına yerleştirilen *E. cautella*'nın ergin ölüm oranları yumurta ölüm oranlarından istatistiki daha düşük bulunmuştur (Çizelge 1). Bu iki dönemin ölüm oranları larvalarinkinden yüksek ancak pupalarinkinden düşük bulunmuştur.

Ephestia cautella ile ilgili yürütülen çalışmada elde edilen sonuçlara benzer olarak ozon konsantrasyonunun *P. interpunctella*'nın tüm gelişme dönemlerine ait ölüm oranları üzerine istatistiksel olarak önemli etkiye sahip olduğu görülmüştür ($F_{2, 54} = 521.3$, $P < 0.0001$). Benzer olarak ürünün içerisine böceğin yerleştirildiği pozisyon (ürünün altı ve üstü) da *P. interpunctella*'nın tüm gelişme dönemlerine ait ölüm oranları üzerine istatistiksel olarak önemli etkiye sahip olmuştur ($F_{1, 54} = 45.78$, $P < 0.0001$). Açık bir şekilde ürünün üst kısmına yerleştirilen 8.35 mg/l ozon gaz uygulamasında *P. interpunctella*'nın yalnızca yumurtalarına ait ölüm oranları 33.33 mg/l ozon gaz uygulamasına ait ölüm oranlarından önemli derecede daha düşük olduğu görülürken *P. interpunctella*'nın diğer dönemlerin (ergin, larva ve pupa) ölüm oranları arasında önemli farklılıklar bulunmamıştır (Çizelge 2.). Bunun yanında 33.33 mg/l konsantrasyonda ozon gaz uygulaması ürünün üst kısmına yerleştirilen tüm biyolojik dönemlerin %100 ya da %100 yakın ölümüne neden olurken 8.35 mg/l konsantrasyonda ozon gaz uygulaması ise yalnızca ürünün üst kısmına yerleştirilen ergin ve pupaların %100 yakın ölümüne neden olmuştur. Hem 8.35 mg/l hem de 33.33 mg/l konsantrasyonda ozon gaz uygulaması kabuklu bademin alt kısmına yerleştirilen yumurtaların üzerine düşük etkiye sahip olduğu görülmüştür. Genel olarak kabuklu bademin üst kısmına yerleştirilen böceklerin ölüm oranları alt kısma yerleştirilen böceklerinkinden daha yüksek ölüm oranlarına sahip olduğu görülmüştür.

Çizelge 2. Altı saat süresince yarım saat aralıklarla iki farklı konsantrasyonda ozon gazı sirkülasyonuna maruz bırakılan 1.3 kg kabuklu bademin iki farklı kısmına (üst ve alt kısma) yerleştirilen *Plodia interpunctella*'nın tüm biyolojik dönemlerine ait ölüm oranları

Uygulama konsantrasyonu	Böcek pozisyonu	Ölüm oranı (%)±S.hata				F ve P değeri	LSD Değeri
		Ergin	Larva	Pupa	Yumurta		
8.35 mg/l (3895 ppm)	Üst	96.7±3.3 ABa	83.33±3.3 ABb	96.7±1.7 ABa	42.7±3.5 Bc	$F_{3,8} = 23.1$ $P = 0.0003$	13.434
	Alt	86.7±6.7 Ba	68.3±12 Bb	78±1.7 Ca	29.3±21.3 Cc	$F_{3,8} = 8.3$ $P = 0.0078$	12.016
33.33 mg/l (15545 ppm)	Üst	100±0 Aa	93.3±3.3 Ab	100±0 Aa	93.7±2.9 Ab	$F_{3,8} = 4.98$ $P = 0.0309$	11.598
	Alt	90±5 Ba	76.7±3.3 Bb	88.3±1.7 BCab	48.7±5.2 Bc	$F_{3,8} = 17.9$ $P = 0.0007$	9.877
Kontrol	Üst	0±0 Cb	15±5.8 Ca	5±2.9 Dab	7.3±1.8 Da	-	-
	Alt	0±0 Ca	15±5.8 Ca	5±2.9 Da	7.3±1.8 Da	-	-
F ve P değeri	-	$F_{5,12} = 76.2$ $P < 0.0001$	$F_{5,12} = 21.5$ $P < 0.0001$	$F_{5,12} = 90.6$ $P < 0.0001$	$F_{5,12} = 83.9$ $P < 0.0001$		
F ve P değeri	-	14.716	15.641	11.367	7.457		

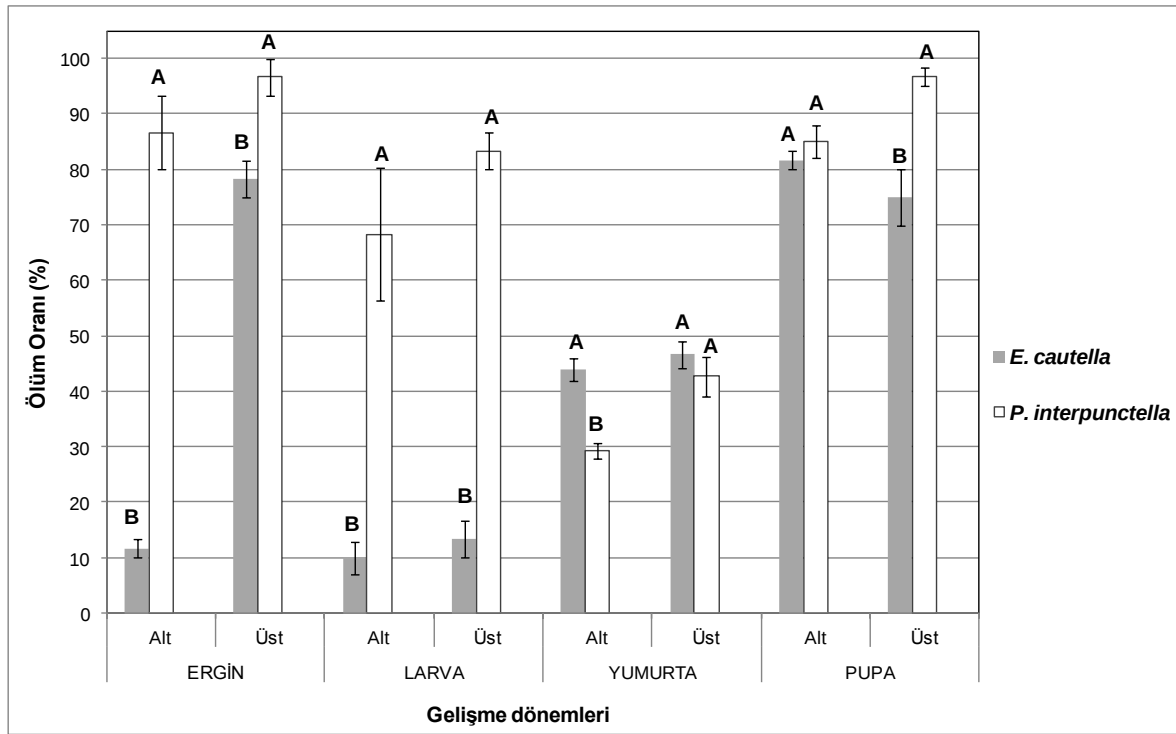
Verilere iki yönlü varyans analizi (ANAVO) uygulanmış olup, ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 önem seviyesinde LSD testine göre ortaya konmuştur. Aynı sütunda bulunan farklı büyük harfler ve aynı satırda bulunan farklı küçük harfler istatistiki olarak birbirinden farklıdır.

Plodia interpunctella'nın biyolojik dönemlerinin ozon gazı uygulamasına karşı hassasiyetleri arasında da istatistiksel olarak önemli farklılıklar olduğu bulunmuştur ($F_{3, 54} = 22.81$, $P < 0.0001$). Hem 8.35 mg/l hem de 33.33 mg/l ozon gaz uygulamasında kabuklu bademin hem üst hem de alt kısmına yerleştirilen *P. interpunctella*'nın pupaların ve erginlerin ölüm oranları diğer dönemlerinkinden istatistiki olarak önemli derecede daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 2). Tüm ozon uygulamalarında (ürünün üst kısmında 33.33 mg/l konsantrasyonda ozon gaz uygulaması hariç) yumurta dönemine ait ölüm oranları ise diğer dönemlerin ölüm oranlarından istatistiki olarak önemli derecede daha düşük bulunmuştur. Hem 8.35 mg/l hem de 33.33 mg/l ozon gaz uygulamasında kabuklu bademin üst kısmına yerleştirilen *P.*

interpunctella'nın erginlerin ve pupaların ölüm oranları yumurtaların ve larvaların ölüm oranlarından istatistiki olarak daha yüksek bulunurken kabuklu bademin alt kısmına yerleştirilen *P. interpunctella*'nın yumurtaların ölüm oranları ise larvaların ölüm oranlarından istatistiki olarak daha düşük bulunmuştur (Çizelge 2). Tüm bu sonuçlar farklı konsantrasyondaki ozon gazı uygulamalarının *P. interpunctella*'nın farklı biyolojik dönemleri üzerindeki biyolojik etkinliklerinde önemli farklılıkların olduğunu göstermektedir.

Ozon gazının farklı depolanmış ürün zararlıları karşı etkinliği ile ilgili daha önceden yürütülen çalışmalarda ozon gazı konsantrasyonun ve ozon uygulama süresinin ozon gazının depolanmış ürün zararlılarına karşı etkinliğinde önemli rol oynadığı bildirilmiştir (Kells et al., 2001; Sousa et al., 2008; Isikber & Oztekin, 2009; McDonough et al., 2011). Mevcut çalışmada da açık bir şekilde daha düşük konsantrasyonda (8.33 mg/l) ozon gaz uygulamasında *E. cautella* ve *P. interpunctella*'nın tüm biyolojik dönemlerine ait ölüm oranları yüksek konsantrasyonda (33.33 mg/l) ozon gaz uygulamasındakilerden istatistiki olarak önemli derecede daha düşük olduğu görülmüştür. Genel olarak ürünlerin üst kısmına yerleştirilen böceklerin ölüm oranları alt kısma yerleştirilen böceklerinkinden daha yüksek olduğu bulunmuştur. Özellikle ürünlerin alt kısmına yerleştirilen *E. cautella* ve *P. interpunctella* larvalarını ve yumurtalarını tamamen öldürmenin çok güç olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar ozon gazının böcekleri öldürmek için ürün içerisine yeterince penetre olmadığını göstermiştir. Ozonun ürün arasından ilk hareketine ortamın ozon talebi olarak tanımlanan bir olay tarafından engel olunduğu düşünülmektedir (Kim et al., 1999). Ozon gazı ile reaksiyona giren ürün yüzeyindeki kimyasal elementler tam olarak bilinmemektedir. Ancak, Kells et al. (2001) tahıl daneleri ozon gazına maruz bırakıldıklarında tahıl daneleri arasından ozon gazının hareketi çok az bir iç dirençle hızlı olduğunu bildirmişlerdir. Mason et al. (1997) ozon gazının kirli tahıl daneler temiz daneler üzerine yapılan iki farklı ozon uygulamasını test etmişlerdir. Bu araştırmacılar benzer şekilde ozon gazının temiz daneler üzerine yapılan uygulamada ozon gazının hızlı bir şekilde parçalanmadığını ve ürünle reaksiyona girmeksizin böcekleri öldürecek ozon konsantrasyonuna ulaşarak ürün içerisine hızlı bir şekilde hareket ettiğini bildirmişlerdir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar *E. cautella* ve *P. interpunctella*'nın gelişme dönemlerinin ozon gazına duyarlılıkları arasında önemli farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur. Mevcut çalışmada *E. cautella* ve *P. interpunctella*'nın yumurta ve larva dönemlerinin ozon uygulamalarına ergin ve pupa dönemlerine göre daha dayanıklı olduğu görülmüştür. Leesch (2003) 4 saat süreyle 300 ppm ozon gazına maruz bırakılan of *P. interpunctella*'nın tüm biyolojik dönemlerinin duyarlılıklarını laboratuvar koşullarında test etmiştir. Çalışma sonucunda ozon uygulamasına en hassas dönemin ergin olurken bunu larva ve pupanın takip ettiğini ve yumurtanın ise ozon gazından hiç etkilenmediğini bildirmiştir. Bu sonuçlar mevcut çalışmada elde edilen sonuçlarla paralellik göstermektedir. Bu çalışmada ozon gazının bir fümigant olarak *E. cautella* ve *P. interpunctella*'ya karşı etkinliği ile ilgili elde edilen sonuçlar ozonun depolanmış tahıllarda zararlı böceklerle karşı etkinliğini belirlemeye yönelik yapılan diğer çalışmalarla da kıyaslanabilir. Kells et al. (2001) tarafından elde edilen sonuçlar 3 gün süreyle 50 ppm konsantrasyonda ozon uygulaması *S. zeamais* ve *T. confusum*, erginlerin ve *P. interpunctella*'nın larvalarının yüksek ölümlerine neden olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada ozon konsantrasyonu mevcut çalışmadaki ozon konsantrasyonundan oldukça düşük olmasına rağmen uygulama süresinin mevcut çalışmada test edilen sürelerden daha uzun olduğu görülmektedir. Bu yüzden test edilen böceklerle karşı ozonun etkinliğindeki farklılıklar ozon konsantrasyonundaki, uygulama süresindeki veya ozon uygulama metodundaki farklılıktan kaynaklanabileceği ön görülmektedir.



Şekil 2. Altı saat süresince yarım saat aralıklarla 8.35 mg/l konsantrasyonda ozon gazı sirkülasyonuna maruz bırakılan 1.3 kg kabuklu bademin iki farklı kısmına (üst ve alt kısma) yerleştirilen *Ephestia cautella* ve *Plodia interpunctella*'nın tüm biyolojik dönemlerine ait ölüm oranları.

Test edilen böcek türlerinin ozon gazı karşı hassasiyetleri arasında da istatistiksel olarak önemli farklılıklar olduğu görülmüştür (Şekil 2; $F_{1, 35}=75.34$, $P<0.0001$). Altı saat süresince yarım saat aralıklarla 8.35 mg/l konsantrasyonda ozon gazı sirkülasyonuna maruz bırakılan kabuklu bademin hem üst hem de alt kısmına yerleştirilen *P. interpunctella* ergin ve larvaların ölüm oranları *E. cautella* ergin ve larvaların ölüm oranlarından istatistiki olarak önemli derecede daha yüksek bulunmuştur (ergin üst kısım için $F_{1, 4} = 10.57$, $P=0.0314$; ergin alt kısım için $F_{1, 4} = 34.11$, $P=0.0043$; larva üst $F_{1, 4} = 137.86$, $P=0.0003$; larva alt $F_{1, 4}=23.14$, $P=0.0086$). Ozon gazına maruz bırakılan kabuklu bademin üst kısmına yerleştirilen *P. interpunctella* pupaların ölüm oranları *E. cautella*'nın ergin ve larvaların ölüm oranlarından istatistiki olarak önemli derecede daha yüksek bulunurken ($F_{1, 4}=15.47$, $P=0.0171$) alt kısmına yerleştirilen *E. cautella* ve *P. interpunctella* pupaların ölüm oranları istatistiki olarak benzer bulunmuştur ($F_{1, 4}=15.47$, $P=0.0171$). Yumurta döneminde ise kabuklu bademin alt kısmına yerleştirilen *E. cautella* yumurtalarının ölüm oranları *P. interpunctella* yumurtalarının ölüm oranlarından istatistiki olarak önemli derecede daha yüksek bulunurken ($F_{1, 4}=37.73$, $P=0.036$) üst kısmına yerleştirilen *E. cautella* ve *P. interpunctella* yumurtaların ölüm oranları istatistiki olarak benzer bulunmuştur ($F_{1, 4}=0.88$, $P=0.4012$). Tüm bu sonuçlar yumurta dönemi hariç *E. cautella*'nın genellikle *P. interpunctella*'ya göre ozon gazına daha dayanıklı olduğunu göstermiştir. Benzer şekilde ozon gazı ile ilgili daha önceden yürütülen çalışmalardan elde edilen sonuçlar toksisite sonuçları depolanmış ürün zararlısı türlerin ozon gazına karşı duyarlılıklarında önemli farklılıkların olduğunu göstermektedir (Leesch, 2003; Işıkber & Öztekin, 2009; McDonough et al., 2011). Nitekim, Leesch (2003) *T. confusum* erginlerinin ozon gazına *P. interpunctella* erginlerine göre daha dayanıklı olduğunu bildirilmiştir. Benzer şekilde McDonough et al. (2011) *T. castaneum* ve *P. interpunctella*'nın %100 ölümlerini elde etmek için gerekli olan konsantrasyon x uygulama süresi (C x t product) değerlerini heasplamışlar ve *T. castaneum*'un *P. interpunctella*'ya göre daha yüksek ozon konsantrasyonuna veya daha uzun ozon uygulama süresine ihtiyaç duyduklarını (sırasıyla 256,500 ppm-dakika ve 183,000 ppm-dakika konsantrasyon x uygulama süresi (C x t product) değeri) bildirmişlerdir.

Sonuç olarak bu çalışmada yüksek konsantrasyonda ozon gazının kısa uygulama süresinde (6 saat) kabuklu bademde *E. cautella* ve *P. interpunctella*'nın tüm biyolojik dönemlerini tamamen kontrol edememesinden dolayı ozon gazının ürünlerin böcek bulaşmalarından hızlı bir şekilde arındırılmasında (karantina uygulamalarında) metil bromide potansiyel bir alternatif olamayacağı görülmektedir. Bundan sonraki çalışmalarda yüksek konsantrasyonlarda ozon gazının daha uzun uygulama süresinde (24 saat) depolanmış ürün zararlılarına karşı biyolojik etkinliklerinin ve ozon gazının ürün kalitesitesine etkisinin araştırılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından 109O802 nolu proje ile desteklenmiştir. Bu desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

Yararlanılan Kaynaklar

- Achen, M. & A.E. Yousef, 2001. Efficacy of ozone against *Escherichia coli* O157:H7 on apples. *Journal of Food Science*, 66: 1380-1384.
- Aksoy, U., K.B. Meyvacı, F. Şen & A. Altındışli, 2003. Impact of fumigants applied to control storage pests on fruit quality of dried figs. *IOBC/WPRS Bulletin*, 27: 203-209.
- Alavanja, J.C.R., A. Blair & M.N. Masters, 1990. Cancer mortality in the U.S. flour industry. *Journal of National Cancer Institute*, 82: 840-848.
- Anonymous, 2004. The regulation to amend the phase-out methyl bromide. *Official Gazette of Turkish Republic*, 25427.
- Anonymous, 2009. *FAO Agriculture Production Statistics*. (Web page: <http://faostat3.fao.org>) (Erişim tarihi: Ocak 2015).
- Athanassiou, C.G., D.N. Milonas, C.J. Sait, 2008. "Insecticidal effect of ozone against *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae), *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* Jacquelin Du Val (Coleoptera: Tenebrionidae): Influence of Commodity, 61-71". In: *Proceedings of the 8th International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products* (Eds. G. Daolinc, S. Navarro, Y. Jian, T. Cheng, J. Zuxun, L. Yue, L. Yang & W. Haipeng). Chengdu, China, Sichuan Publishing House of Science & Technology, 738 p.
- Damarlı, E., H. Gün, G. Özey, S. Bülbül & P. Oechsle, 1997. An alternative method instead of methyl bromide for insect disinfestations on dried figs: Controlled atmosphere. *Acta Horticulture*, 480: 209-215.
- Bell, C.H., 2000. Fumigation in the 21st Century. *Crop Protection*, 19: 563-569.
- Beltran, D., M.V. Selma, A. Marin & M.I. Gil, 2005. Ozonated water extends the shelf life of fresh-cut lettuce. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 53: 5654-5663.
- Champ, B.R. & C.E. Dyte, 1976. Report of the FAO global survey of pesticide susceptibility of stored grain pests. *Food and Agriculture Organization Plant Protection Service. Series No. 5*, FAO Rome, 297p.
- Erdman, H.E., 1980. Ozone toxicity during ontogeny of two species of flour beetles, *Tribolium confusum* and *T. castaneum*. *Environmental Entomology*, 9: 16-17.
- Escriche, I., J.A. Serra, M. Gomez & M.J. Galotto, 2001. Effect of ozone treatment and storage temperature on physicochemical properties of mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Food Science and Technology International*, 7: 251-258.
- Ferizli, A.G. & M. Emekci, 2010. "Depolanmış ürün zararlılarıyla savaşım, sorunlar ve çözüm yolları, 579-587". *TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi*, 11-15 Ocak 2010, Ankara, Bildiriler Kitabı 2, 1300 s.
- Fields, P.G. & N.D.G. White, 2002. Alternatives to methyl bromide treatments for stored-product and quarantine insects. *Annual Review of Entomology*, 47: 331-359.
- Garry, V.F., R.L. Nelson, J. Griffith & M. Haskins, 1990. Preparation of human study of pesticide applicators: sister chromatid exchanges and chromosome aberrations in cultured human lymphocytes exposed to selected fumigants. *Teratogenesis, Carcinogenesis, and Mutagenesis*, 10: 21-29.

- Güzel-Seydim, Z.B., A.K. Greene & A.C. Seydim, 2004. Use of ozone in food industry. *Lebensmittel-Wissenschaft*, 37: 453-460.
- Hwang, E.S., J.N. Cash & M.J. Zabik, 2001. Postharvest treatments for the reduction of mancozeb in fresh apples. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 49: 3127-3132.
- Isikber, A.A., S. Oztekin, R. Ulusoy, S. Ozsoy & A. Karci, 2007. Effectiveness of gaseous ozone alone and in combination with low pressure or carbon dioxide against *Ephestia kuehniella* (Zell.) (Lepidoptera: Pyralidae) at short exposure time. *OIBC/SROP Bulletin*, 30: 205-213.
- Isikber, A.A. & S. Öztekin, 2009. Comparison of susceptibility of two stored-product insects, *Ephestia kuehniella* Zeller and *Tribolium confusum* du Val to gaseous ozone. *Journal of Stored Products Research*, 45: 159-164.
- Johnson, J.A., K.A. Valero, M.M. Hannel & R.F. Gill, 2000. Seasonal occurrence of postharvest dried fruit insects and their parasitoids in a culled fig warehouse. *Journal of Economic Entomology*, 93: 1380-1390.
- Johnson, J.A., S. Wang, & J. Tang, 2003. Thermal death kinetics of fifth-instar *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Economic Entomology*, 96: 519-524.
- Kells, S.A., L.J. Mason, D.E. Maier & C.P. Woloshuk, 2001. Efficacy and fumigation characteristics of ozone in stored maize. *Journal of Stored Products Research*, 37: 371-382.
- Kim, J.G., A.E. Yousef & S. Dave, 1999. Application of ozone for enchainning the microbial safety and quality of foods. A review. *Journal of Food Protection*, 62: 1071-1087.
- Kim, J.G. & A.E. Yousef, 2000. Inactivation kinetics of foodborne spoilage and pathogenic bacteria by ozone. *Journal of Food Science*, 65: 521-528.
- Kim, J.G., A.E. Yousef, & M.A. Khadre, 2003. Ozone and its current and future application in food industry. *Advances in Food and Nutrition Research*, 45: 167-218.
- Leesch, J.G., 2003. "The mortality of stored-product insects following exposure to gaseous ozone at high concentrations, 827-831". In: *Advances in Stored Product Protection, Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored-Product Protection* (Eds. P.F. Credland, D.M. Armitage, C.H. Bell, P.M. Cogan & E. Highley). York. CAB International, Oxon, UK., 1071 p.
- MBTOC., 1998. *Assessment of Alternatives to Methyl Bromide*. Nairobi, Kenya: UN Environment Commission, Ozone Secretariat, 374s.
- Mason, L.J., C.P. Woloshuk & D.E. Maier, 1997. "Efficacy of ozone to control insects, moulds and mycotoxins, 665-670". In: *Proceedings of the International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products* (Eds. E.J. Donahaye, S. Navarro & A. Varnava). Nicosia, Cyprus Printer Ltd., Nicosia, 700 p.
- Mcdonough, M., L. Mason & C. Woloshuk, 2011. Susceptibility of stored product insects to high concentrations of ozone at different concentration intervals. *Journal of Stored Products Research*, 47: 306-310.
- Mendez, F., D.E. Maier, L.J. Mason & C.P. Woloshuk, 2003. Penetration of ozone into columns of stored grains and effects on chemical composition and processing performance. *Journal of Stored Products Research*, 39: 33-44.
- Meunpol, O., K. Lopinyosiri & P. Menasveta, 2003. The effects of ozone and probiotics on the survival of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*). *Aquaculture*, 220: 43-48.
- Ong, K.C., J.N. Cash, M.J. Zabik, M. Siddiq & A.L. Jones, 1996. Chlorine and ozone washes for pesticide removal from apples and processed apple sauce. *Food Chemistry*, 55: 153-160.
- Ozkan, C., 2006. Laboratory rearing of the solitary egg-larval parasitoid, *Chelonus oculator* Panzer (Hymenoptera: Braconidae) on a newly recorded factitious host *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Pest Science*, 79: 27-29.
- Öztekin, S., B. Zorlugenç & F. Kiroğlu Zorlugenç, 2006. Effects of ozone treatment on microflora of dried figs. *Journal of Food Engineering*, 75: 396-399.
- Rahman, M.M., H.L. Roberts, M. Sarjan, S. Asgari & O. Schmidt, 2004. Induction and transmission of *Bacillus thuringiensis* tolerance in the flour moth *Ephestia kuehniella*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101: 2696-2699.
- SAS Ins., 1989. *SAS / STAT^R User's Guide*, Version 6, 4th Ed. SAS Institute Inc., Cary, NC.

- Schneider, S.M., E.N. Rosskopf, J.G. Leesch, D.O. Chellemi, C.T. Bull & M. Mazzola, 2003. Research on alternatives to methyl bromide: pre-plant and post-harvest. *Pest Management Science*, 59: 814-826.
- Sharma, R.R., A. Demirci, L.R. Beuchat & W.F. Fett, 2002. In activation of *Escherichia coli* O157:H7 on inoculated alfalfa seeds with ozonated water and heat treatment. *Journal of Food Protection*, 65: 447-451.
- Sousa, A.H., L.R. D' A. Faroni, A.de M. Pereira, F.da S. Cardoso, & E. Heberle, 2006. "Influence of grain mass temperature on ozone toxicity to *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), 706-710". In: Proceedings of the 9th International Working Conference on Stored Product Protection (Eds. I. Lorini et al.). 15-18 October 2006, São Paulo, Brazil. Brazilian Post-harvest Association ABRAPOS, Passo Fundo, RS, Brazil, 1359 pp.
- Yasan, E. & G. Kiper, 1972. Doğu Karadeniz Bölgesi fındık depolarında ekonomik zararlara neden olan *Cadra cautella* Walk. ve *Plodia interpunctella* Hb.' nın biyolojileri, zarar nisbetleri ve mücadeleleri üzerinde araştırmalar. *Zirai Mücadele Araştırma Yıllığı*, 71-73s.
- Yavuz, G.G., 2011. Badem. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, TEPGE Bakış. ISSN:1303-8346, Nüsha:6, Temmuz 2011, 8 s.
- Zettler, J.L., W.R. Halliday & F.H. Arthur, 1989. Phosphine resistance in insects infesting stored peanuts in the southeastern United States. *Journal of Economic Entomology*, 82: 1508-1511.
- Zettler, J.L. & G.W. Cuperus, 1990. Pesticide resistance in *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) in wheat. *Journal of Economic Entomology*, 83: 1677-1681.
- Zettler, J.L., & F.H. Arthur, Chemical control of stored product insects with fumigants and residual treatments, *Crop Protection*, 19: 577-582.
- Xu, L., 1999. Use of ozone to improve the safety of fresh fruits and vegetables. *Food Technology*, 53: 58-63.