

Ozon Uygulamasının Kuru İncirde Mikrobiyel Flora, Aflatoxin B₁ ve Değirmen Güvesi (*Ephestia kühniella* Zeller) Üzerine Etkileri

Serdar ÖZTEKİN¹, Ali Arda IŞIKBER², Bülent ZORLUGENÇ³,
Feyza Kiroğlu-ZORLUGENÇ³, Rifat ULUSOY⁴, Serdar SATAR⁴,
Bülend EVLİYA³, Hasan FENERCİOĞLU³

¹Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Adana,

²KSÜ Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Kahramanmaraş,

³Ç.Ü. Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Adana

⁴ÇÜ Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Adana

oztekin@cu.edu.tr

Özet: Bu çalışmada ozon uygulamasının kuru incirin mikrobiyel florası ile Aflatoxin B₁ ve değirmen güvesi (*Ephestia kühniella* Zeller) üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla saf oksijenden üretilen ozon farklı kombinasyonlarla kuru incire uygulanmıştır. *E. kühniella*'ya karşı yapılan uygulamada vakum uygulamasının ozon gazı üzerine sinerjetik etki göstererek, ozon gazının biyolojik etkinliğini artırdığı tespit edilmiştir. 1, 2 ve 4 saat vakum uygulamasını takiben ozon uygulaması tek başına ozon uygulamasına göre böcekler üzerinde daha yüksek ölüm oranı sağlamıştır. Ozonun mikrobiyel flora üzerine etkisini bulmak amacıyla yapılan denemelerde TAMM, *E. coli*, Koliform grubu bakterilerde, maya ve Aflatoxin sayısındaki azalmalar istatistiksel yönden önemli bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Kuru incir, ozon, aflatoxin, Ephestia

The influences of Ozone Treatment on Microbial Flora, Aflatoxin B₁ and Ephestia of Dried Fig

Abstract: In this research effect of ozone treatment on aflatoxin degradation, microbial flora of dried fig and Mediterranean Flour moth (*Ephestia kühniella*) were studied. For this purpose ozone produced from pure oxygen was applied to samples with different combinations. For Ephestia a synergetic effect between vacuum and ozone fumigation was obtained. The treatment first vacuum and than ozone fumigation were most effective method to reach high mortality ratio for *Ephestia* adults and larvae. 1, 2 and 4 hours vacuum application and than ozone fumigation was most efficient in compare to only fumigation without vacuum. Significantly important decrease in TAMM, *E. coli*, *Coliform* bacteria, yeast count and moulds were obtained during the tests of ozone on microbial flora.

Key words: Dried fig, ozone, aflatoxin, Ephestia

GİRİŞ

Dünya kuru incir üretiminin yarısından fazlası ülkemizde gerçekleştirilmekte olup, Yunanistan, ABD ve İtalya gibi ülkelerinde uluslararası pazardan pay aldıkları bilinmektedir (Anonim, 2003). Güncel verilere göre 2004 yılında Türkiye'den yapılan kuru incir ihracı 45 867 ton olup, bunun karşılığında 83 Milyon \$ döviz girdisi elde edilmiştir (Karabayır, 2004). 10 yıllık döneme ilişkin istatistikler ülkemizde üretilen kuru incirin % 90'ından fazlasının ihraç edildiğini göstermektedir. Kuru incir üretiminde söz sahibi diğer ülkeler son yıllarda hem çeşitli ilaah çalışmalarıyla, hem

de üreticilerin dikim aşamasından itibaren bilinçlendirilmesi sayesinde sağladıkları nitelik ve nicelik artışıyla giderek daha fazla pazar payı almaya başlamışlardır. Bu gelişme diğer kuru meyveler içinde geçerli olmak üzere pazarda rekabetin daha da artacağını, nitelik taleplerini karşılayamayan ürünlerin rekabet şansının giderek azalacağını göstermektedir. O halde, en başta incir üreticileri olmak üzere sektörün tüm segmentlerinin ülkemizde üretilen kuru incirin kalitesinin artırılması yönünde çaba göstermesi uygun bir strateji olacaktır.

Kuru incirin olgunlaşma, hasat ve hasat sonu evresindeki doğal (sıcaklık ve nem) ve ürün işleme/depolama tekniğinden kaynaklanan sorunlar *A. flavus* ve *A. Parasiticus* gibi küf mantarlarının gelişimine ve mikotoksin oluşumuna son derece uygun bir ortam oluşturur (Özay,1989). Toksin ve bakteri yükü yasal sınırların üzerinde olan kuru incir aynı zamanda İncir Kurdu (*Ephestia cautella* Hübner) başta olmak üzere diğer depolama zararlılarının da ilgi alanı içindedir. Ege Bölgesi'nde alınan tüm önlemlere rağmen *Plodia interpunctella* (Hübner) ve *Ephestia figuliella* Gregs. ile birlikte sergilerde % 12-25, depolarda ise % 40-70 oranında zarar olduğu bilinmektedir (Yaşar, 1996).

Kuru incirde oluşan nitelik ve nicelik kayıplarını önlemenin kuramsal çözümü; olgunlaşan meyvenin elle toplandıktan sonra, hızla kurutulup, uygun koşullarda depolanmasıdır. Ancak, ülkemizin incir rekoltesi düşünüldüğünde, elle hasadın önerilme ve gerçekleşme şansı olmadığı açıktır. Diğer yandan kendiliğinden olgunlaşıp, düşerek kurutulan incirler içinden zarar görmüş olanlar her hangi bir seçme-ayırma işlemine tabi tutulmamaktadır. Bunda üreticinin gerek eğitim düzeyi, gerekse ekonomik nedenlerle bozuk-hasarlı meyveyi ayırma gibi bir alışkanlığa sahip olmamasının payı büyüktür. Belirtilen bu nedenlerle kuru incire üretici elindeyken müdahale etme şansı olmadığı söylenebilir. Üretici koşullarında oluşan bu sorun, bir sonraki aşamada işleyici kuruluşlara havale edilmektedir. Aynı zamanda ihracat yapan bu kuruluşlar kuru inciri satın alırken gözle görülebilecek düzeyde zarar görmüş ürünü ve toksin bulaşıklığını UV ışık kaynağı altında kontrol etmektedir. Farklı büyüklükteki bu işletmelerin tamamında aflatoksinli incirler UV ışık altında kontrol edilmektedir. Kuru incirde toksin oluşmuş bölgeler UV ışık altında 1. fosforlu açık sarı veya beyaz renk gibi toksin çeşidine bağlı olarak farklı yansıma yapmaktadır. Toksinler meyvenin dış kabuğunda veya meyve eti içinde 2. oluşabilmektedir.

Kurutulmuş incirin çeşitli depo zararlılarından korunması amacıyla (fungus, böcek vs.) kurutma 3. sonrasında işlemeye kadar geçen süre içinde periyodik aralıklarla metil bromidle fumigasyon yapılması son 4. yıllara kadar yaygın olarak uygulanan bir yöntem olarak bilinmektedir. Ancak metil bromid'in insan bünyesine alındıktan sonra uçucu olmayan bromürler

haline dönüşmesi ve kalıntısının insan kan ve dokularında birikmesi nedeniyle, üründe bulunmasına izin verilen bromür kalıntı miktarı her geçen gün sınırlandırılmaktadır. Metil bromid olumsuz etkileri nedeniyle 2003 yılından itibaren Avrupa'da, son yıllarda da ülkemizde yasaklanmıştır. Bu nedenle yasal olmadığı halde sterilizasyon/fumigasyon amaçlı metil bromid kullanılması durumunda yurt içi tüketimde ve dış satımda ciddi sorunlarla karşılaşılacağı açıktır. Bu amaçla kullanılabilecek en önemli sterilizasyon/fumigasyon araçlarından biriside ozon gazıdır. Ozon oksijenin triatomik formu olup kararsız bir bileşiktir. Bu üç atomlu yapı içindeki oksijen atomları spontan olarak ayrışarak hidroksil radikaller ve diğer serbest radikalleri oluştururlar veya oksitlenebilir yüzeylerle bağlantı kurarlar (Perez ve ark., 1999). Ozon, depo odalarında ve nakliye sırasında gıda yüzeyinde bakteri, maya ve küf gelişimini önlemede ve böcek kontrolünde kullanılabilmektedir (Xu, 1999).

Bu araştırmanın temel amacı kuru incirin depolama sürecinde oluşan Aflatoksin seviyesinin düşürülmesinde ve değirmen güvesine (*Ephestia kühniella* Zeller) karşı ozonun kullanım olanaklarının laboratuvar ölçeğinde araştırılmasıdır. Bu çalışma genelde kuru meyvelerde ve özellikle kuru incirde ozon uygulamasına dönük olarak tasarlanmış ilk çalışmadır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Materyal olarak Aydın yöresinden temin edilen Sarılop çeşidi kuru incir kullanılmıştır.

Araştırmada kullanılan ozon uygulama seti (Ozomax-Kanada) 4 üniteden oluşmaktadır. Bunlar; Saf oksijen kullanılması durumunda 7 g/h, kuru hava kullanılması durumunda 5 g/h ozon üretme kapasitesine sahip bir *ozon jeneratörü*,

Farklı düzeylerde ozon konsantrasyonunu ayarlayan ve buna bağlı olarak ozon jeneratörünü çalıştıran veya durduran bir *otomatik kontrol düzeni*,

Ortamdaki ozon konsantrasyonunu ölçen sayısal bir *ozon ölçer*,

Oksijen tüpleri

Depolama zararlılarına ozon uygulanması esnasında aynı zamanda vakumdan yararlanılmıştır. Fumigasyon ortamında vakum uygulamasıyla yaratılan

düşük O₂ seviyesi böceklerin solunum deliklerinin (spiracles) sürekli açık kalmasına ve dolayısıyla sürekli solunum yapmasına yol açtığı bilinmektedir. Vakum koşulları böceklerin toksik O₃ ve CO₂ gibi gaza karşı duyarlılıklarının artmasına neden olmaktadır.

Ozonlama işleminin vakum ile kombine edilmesi ile ilgili denemeler 9 cm çapındaki metal kapaklı 3 litrelik cam kavanoz içerisinde yürütülmüştür. Bu kavanozların metal kapakları üzerinde 3 cm uzunluğunda 0.5 çapında iki metal rekor ile dışarı açılan iki delik bulunmaktadır. Her metal rekor üzerinde 5 cm uzunluğunda silikon hortum bulunmaktadır. Bu deliklerin ilki ozon jeneratörüne, ikincisi ise vakum pompasına bağlanmıştır. Kavanozların havasını çekerek uygulama ortamı içerisinde düşük basınç elde edebilmek için dönel devimli laboratuvar tipinde vakum pompası (KNF-Almanya) kullanılmıştır. Cam kavanoz içindeki düşük basınç seviyesini ölçebilmek için 0-800 mm Hg aralığında ölçüm yapabilen ve ±1 mm Hg duyarlılıkta ölçüm yapabilen dijital vakum ölçer (Vaccon-ABD) vakum pompası üzerine yerleştirilmiştir. Ozon gazının dışarı çıkması veya cam kavanoz içerisinde düşük basınç seviyesini koruyabilmek için metal kapak üzerindeki iki deliğin silikon hortum içeren uç kısımları metal kışaça tamamıyla kapatılabilecek bir sistem oluşturulmuştur.

Yöntem

Bu çalışmada kuru incir kurdu (*Ephestia cautella* Hübner) kültüre alınmadığı için test böceği olarak deşirmen güvesi (*Ephestia kühniella*) kullanılmıştır. Ozon gazının *E. kühniella* üzerindeki etkisini belirlemek için yürütülen biyolojik testler sonucunda elde edilen canlı ve ölü birey sayılarını kullanarak her uygulama için ölüm oranları (%) hesaplanmıştır. Her uygulama için elde edilen ölüm oranları Arcsin transformasyonuna tabi tutulmuştur. Buradan elde edilen verilere ise tek faktörlü tesadüf parsel deneme planına göre varyans analizi (ANOVA) uygulanmış ve ortalamalar % 1 güven sınırında çoklu karşılaştırmalı LSD testine göre kıyaslanmıştır (Anonim, 1985).

Denemeye alınan bireyler için 3 temel uygulama esas alınmıştır. Bunlar;

1. Vakum ve ozon gazının farklı kombinasyonlar şeklinde birlikte uygulanması,
2. Sadece ozon gazının cam kavanozda sirkülasyona tabi tutulması, ve

3. Kontrol grubu'dur.

Cam kavanozlarda ozonun kuru incirin mikroflorasına etkisinin belirlenebilmesi için ön denemelerden elde edilen 7.5, 15 ve 30 dakika'lık ozon uygulama süreleri benimsenmiştir. Ozon bu sürelerde gaz (fumigasyon amaçlı) ve su içerisine doyurularak (sterilizasyon amaçlı) uygulanmıştır. Fumigasyon uygulamasında 3 L hacimli cam kavanoz içerisine 200 g kuru incir yerleştirilerek, 7 g/h üretim kapasitesine sahip ozon jeneratörü ile ortama sürekli olarak ozon gazı verilmiştir. Ozon gazının su içerisine doyurularak uygulanmasında ise yine aynı miktar kuru incir cam kavanoza yerleştirildikten sonra, içerisi tamamen su ile doldurulmuştur. Bu su banyosu 7 g/h kapasitesindeki ozon jeneratörü ile dikkate alınan uygulama sürelerinde sürekli olarak ozon gazı ile doyurulmuştur. Bu işlem esnasında ozonun suda çözünmesini kolaylaştırmak için jeneratörden gelen ozonun bir akvaryum taşından geçirilerek su içerisine çok küçük baloncuklar halinde verilmesi sağlanmıştır. Yapılan her uygulama sonunda materyal bekletilmeksizin mikrobiyolojik analize tabi tutulmuştur. Mikrobiyolojik parametreler toplam mezofilik aerob mikroorganizma (TAMM), *E. coli*, toplam maya ve küf sayısı olup, ayrıca küflerin tanımlanması yapılmıştır. Araştırma sonucunda elde edilen bulgular SPSS istatistik paket programı kullanılarak Faktöriyel deneme Planına göre varyans analizine tabi tutulmuş ve elde edilen veriler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre % 1 güven sınırında değerlendirilmiştir (Bek ve Efe, 1988).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Ozon Uygulamasının *Ephestia kühniella*'nın Gelişme Dönemleri Üzerine Etkileri

Cam kavanozlarda yapılan ozon uygulamaları sonunda *E. kühniella*'nın erginlerinde belirlenen ölüm oranları Çizelge 1'de verilmiştir. Her gözlem süresinde farklı ozon uygulamaları sonunda *E. kühniella*'nın erginlerinde belirlenen ölüm oranları arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılıklar olduğu belirlenmiştir. 1, 2 ve 4 saatlik vakum ve ardından gerçekleştirilen ozon uygulaması ile erginlerde tüm gözlem sürelerinde % 100 ölüm gerçekleşmiştir. Yine 15, 30 ve 60 dakika sürekli ozon sirkülasyonu sonucunda erginlerde tüm gözlem sürelerinde % 100 ölüm gerçekleşmiştir. 3.5 ve 7.5 dakika sürekli ozon

sirkülasyonu sonucunda erginlerde 1 saat ve 1 gün içinde % 75.7 ile % 87.1 arasında değişen ölüm gerçekleşirken, % 100 ölüm oranına ancak 3 gün içerisinde ulaşılmıştır. 2 saat vakum uygulamasının ardından 3.5, 7.5, 15 ve 30 dakika sürekli ozon sirkülasyonu sonucunda erginlerde % 100 ölüme, 2 saat vakum+15 dakika sürekli ozon uygulaması dışında 3 gün içerisinde ulaşılabilmektedir.

Ölümün ozondan mı, yoksa vakumdan mı kaynaklandığını belirleyebilmek için yapılan denemede ise 2 ve 4 saat sadece vakum uygulaması yapılan kavanozlarda % 100 ergin ölümü tespit edilmiştir. O halde; depolama ortamında uzun süreli (bu örnekte 2 saat ve üzeri) vakum uygulamasının erginler üzerinde yüksek bir ölüm oranına sahip olduğu ve bu anlamda ozona gerek olmayacağı düşünülebilir. Ancak, sadece 1 saatlik vakum uygulamasında ölüm oranının % 38 olması, ozonun vakum uygulamasına ek olarak ergin ölümü üzerine tamamlayıcı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bunun yanında kontrol grubuna bakıldığında 1 saat içinde erginlerde hiç ölüm görülmezken, 3 gün sonra % 43.6 ölüm tespit edilmiştir. Erginler için yapılan tüm ozon uygulamalarının tüm gözlem sürelerinde kontrol grubundan istatistiksel olarak önemli ölçüde farklı olduğu görülmüştür.

Farklı ozon uygulaması sonunda *E. kühniella*'nın larvalarında belirlenen ölüm oranları Çizelge 2'de verilmektedir. Yapılan istatistiksel analiz verilen gözlem sürelerinde farklı ozon uygulamaları sonunda *E. kühniella*'nın larvalarında belirlenen ölüm oranları arasında önemli düzeyde farklılık olduğunu göstermiştir. 1, 2 ve 4 saatlik vakum ve ardından gerçekleştirilen ozon uygulaması ile larvalarda da tüm gözlem sürelerinde (1. gün 2 saat vakum+2. dak. ozon uygulaması dışında) % 100 ölüm elde edilmiştir. Sürekli ozon sirkülasyonu uygulamasında sadece 60 dakika'lık sirkülasyon sonucunda larvalarda 3. ve 7. gün gözlem sürelerinde % 100 ölüm elde edilmiştir. 3.5, 7.5, 15 ve 30 dakika sürekli ozon sirkülasyonu sonucunda larvalarda 1 ve 3 gün içinde % 2.4 ile % 74.4 arasında değişen ölüm gerçekleşirken, 7 gün sonra ancak % 71.6 ile % 91.7 arasında değişen ölüme ulaşılmıştır. 2 saat vakum uygulamasının ardından 3.5, 7.5, 15 ve 30 dakika sürekli ozon sirkülasyonu uygulamaları içerisinde larvalarda % 100 ölüme ancak 2 saat vakum+30 dakika sürekli ozon

uygulaması sonucunda 7 gün içerisinde ulaşılabilmektedir. 2 saat vakum uygulamasının ardından 3.5, 7.5 ve 15 dakika sürekli ozon sirkülasyonu 7 gün sonra ancak % 68.9 ile % 96.4 arasında değişen ölüm oranlarını sağlamıştır.

Ozon uygulanan bireylerden 7. günün sonunda yaşayanlar takip edildiğinde, farklı tekrarlarda 3 larvanın pupa olduktan sonra ergin döneme ulaştığı belirlenmiştir. Uygulama süresindeki artışa paralel olarak ölüm oranında kısmi bir artış görülmüştür. 30 dakika uygulamasında bu oran 7. günde % 89.3'e ulaşmıştır. Gerek 7.5 dakika uygulamasında yaşayan larvalar ve gerekse 15 ve 30 dakika uygulamasında 7. günde yaşayabilen larvaların hiç birinin ergin döneme ulaşmadığı ve morfolojik yapılarında vücut iriliğinin giderek küçülmesi, büzülmesi gibi deformasyonlar ortaya çıktığı belirlenmiştir. Buradan da anlaşılacağı gibi ozon uygulamasının etkisi böceklerin uygulama yapılan dönemden sonraki evrede de görülebilmektedir. Özellikle ozon uygulamalarının larvalar üzerindeki etkisi daha sonraki dönem olan pupa ve ergin döneminde de devam etmektedir. Nitekim, bazı ozon uygulamalarında larvaların bazıları yaşamaya devam etmesine rağmen hiçbiri ergin hale ulaşmamıştır.

Uygulamanın ardından geçen ilk 7 gün sonunda larvalarda belirlenen ölüm oranı 1, 2 ve 4 saatlik yalnızca vakum uygulaması için sırasıyla % 10, % 20 ve % 23.3'dir. Kontrol grubu dikkate alındığında 7 gün içinde larvalarda % 10.6 ölüm tespit edilmiştir. Larvalar için ozon ve ozon ile yapılan tüm kombinasyon uygulamaları tüm gözlem sürelerinde gerek kontrol uygulamalarından, gerekse 1, 2 ve 4 saatlik yalnızca vakum uygulamalarından istatistiksel olarak daha yüksek ölüm oranı elde edilmiştir. Bu sonuca göre ozonun ve ozon kombinasyonlarının larvalar üzerine önemli etkiye sahip olduğu ve bunlar içerisinde vakum uygulamasının ardından atmosferik basınca kadar ozon uygulanmasının larvaların tamamını imha ettiği tespit edilmiştir.

Farklı ozon uygulaması sonunda *E. kühniella*'nın yumurtalarında belirlenen ölüm oranları Çizelge 2'de verilmektedir. Yapılan istatistik analizlere göre her gözlem süresinde farklı ozon uygulamaları sonunda *E. kühniella*'nın yumurtalarında belirlenen ölüm oranları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark belirlenmiştir. Ozon uygulamalarının hiçbirisinde

yumurtaların % 100 ölümü gerçekleşmemiştir. Bu sonuca göre yumurtaların böceğin diğer dönemlerine (ergin ve larva) göre ozona karşı daha dayanıklı olduğu söylenebilir. 1, 2 ve 4 saatlik vakum ve ardından gerçekleştirilen ozon uygulaması ile yumurtalarda 7. günde ancak % 76.5 ile % 82.6 arasında değişen ölüm oranları elde edilmiştir. Tüm ozon uygulamaları içerisinde en yüksek yumurta ölüm oranı % 82.6 ile 4 saat vakum ve ardından ozon uygulamasında elde edilmiştir. Sürekli ozon sirkülasyonu uygulamasında 30 ve 60 dakika sürekli ozon sirkülasyonu sonucunda yumurtalarda 7. günde

en yüksek ölüm sırasıyla % 57.9 ve % 57.7 tespit edilmiştir. 3.5, 7.5 ve 15 dakika sürekli ozon sirkülasyonu sonucunda yumurtalarda 7 gün içinde % 39.2 ile % 51.1 arasında değişen ölüm gerçekleşmiştir. Ancak bu ölüm oranları böceğin yumurta döneminin kontrolünü sağlayacak oranın çok altında olduğu görülmektedir. 2 saat vakum uygulamasının ardından 3.5, 7.5, 15 ve 30 dakika sürekli ozon sirkülasyonu uygulamalarında da yumurtalarda % 44.8 ile % 52.7 arasında değişen düşük oranlarda ölüme ulaşılmıştır.

Çizelge 1. Farklı Ozon Uygulamalarının *E.kühniella* Ergin Bireyleri Üzerine Etkisi

Uygulamalar			ERGİN [Ölüm Yüzdesi (%)±S.H.]		
			1. Saat	1. Gün	3 Gün
Vakum + Ozon	I	2 saat vakum + 3.5 dak. O ₃	66.7±7.2BC	100±0A	100±0A
		2 saat vakum + 7.5 dak. O ₃	60.0±2.4D	97.5±4.6AB	100±0A
		2 saat vakum + 15 dak. O ₃	78.3±13.1C	81.1±11.7CD	87.5±8.9B
		2 saat vakum + 30 dak. O ₃	97.5±4.6AB	100±0A	100±0A
	II	1 saat vakum + 2 dak. O ₃ +2 saat bekletme	100±0A	100±0A	100±0A
		2 saat vakum + 2 dak. O ₃ +2 saat bekletme	100±0A	100±0A	100±0A
		4 saat vakum + 2 dak. O ₃ +2 saat bekletme	100±0A	100±0A	100±0A
	III	1 saat vakum	25±1.7E	26.7±1.7E	37.5±1.5D
		2 saat vakum	100±0A	100±0A	100±0A
4 saat vakum		100±0A	100±0A	100±0A	
Ozon		3.5 dak. sirküle O ₃	87.1±9.6BC	87.1±9.6BC	100±0A
		7.30 dak. sirküle O ₃	75.7±6.9CD	75.7±6.9D	100±0A
		15 dak. sirküle O ₃	100±0A	100±0A	100±0A
		30 dak. sirküle O ₃	100±0A	100±0A	100±0A
		60 dak. sirküle O ₃	100±0A	100±0A	100±0A
Kontrol		0±0F	9±2.5F	43.6±2.5C	
F değeri		28.47	26.72	34.59	
LSD değeri		14.05	12.40	12.40	

Çizelge 2. Farklı Ozon Uygulamalarının *E.kühniella* Larva ve Yumurtaları Üzerine Etkisi

Uygulamalar		Ergin			Yumurta	
		1. Gün	3. Gün	7. Gün	7. Gün	
Vakum +Ozon	I	2 saat vakum + 3.5 dak. O ₃	60.2±13.2BCD	73.6±9.7BCD	96.4±5.6AB	46.7±1.0D
		2 saat vakum + 7.5 dak. O ₃	55.7±12.8BCD	63.1±13.0CD	83.1±7.3BC D	44.8±0.8D
		2 saat vakum + 15 dak. O ₃	37.6±15.0DC	46.7±7.9DEF	68.9±10.2D	50.7±1.0D
		2 saat vakum + 30 dak. O ₃	87.5±13.5ABC	87.5±11.3AB	100±0A	52.7±1.4DC
	II	1 saat vakum + 2 dak. O ₃ +2 saat bekleme	100±0A	100±0A	100±0A	77.3±0.5B
		2 saat vakum + 2 dak. O ₃ +2 saat bekleme	86.3±11.9AB	100±0A	100±0A	76.5±1.1B
		4 saat vakum + 2 dak. O ₃ +2 saat bekleme	100±0A	100±0A	100±0A	82.6±3.0A
	III	1 saat vakum	7.5±1.1EFG	10±0G	10±0E	18.2±1.0HG
		2 saat vakum	10±1.6FG	20±0FG	20±0E	20.7±0.9G
4 saat vakum		23.3±0.8DEF	23.3±0.8EFG	23.3±0.8E	26.1±0.7F	
Ozon	3.5 dak. sirküle O ₃	26.2±7.8DEF	56.4±8.4CDE	71.6±9.9DC	39.2±1.1E	
	7.5 dak. sirküle O ₃	2.4±3.9FG	21.2±8.2FG	82.5±11.0B CD	47.3±1.1D	
	15 dak. sirküle O ₃	45.3±12.4CDE	74.4±9.1BC	90.6±9.4AB	51.1±1.3D	
	30 dak. sirküle O ₃	48.9±15.0DC	56.4±13.4CD	91.7±7.1AB	57.9±1.6C	
	60 dak. sirküle O ₃	97.2±4.9A	100±0A	100±0A	57.7±0.8C	
Kontrol		0±0G	10.6±0.3G	10.6±0.3E	14.4±0.8H	
F değeri		10.14	13.18	16.7	103.72	
LSD değeri		26.60	20.90	16.11	3.60	

Ozon Uygulamasının Mikroflora Üzerine Etkileri

Ozonun gaz veya su içinde uygulanması halinde belirtilen sürelerde ozon ile muamele edilen örneklerden alınan *E. coli*, koliform, toplam aerob mezofilik bakteri, maya ve küf sayımı sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir. TAMM açısından yapılan değerlendirmede, ozon fumigasyonuna tabi tutulan kuru incir örneklerinde başlangıç mikrobiyel yükü 2.76 log kob/g iken, 7.5 dakika'da 1,95 log kob/g'a, 15 dakika'da 1,76 log kob/g'a ve 30 dakika'da ise 1,34 log kob/g'a kadar azalmıştır. İstatistiksel yönden ozon gazı fumigasyonunun süreye bağlı olarak etkisi değerlendirildiğinde; 15'inci ve 30'uncu dakikalardaki TAMM yükündeki azalmanın p<0.05 düzeyinde önemsiz, 7.5 dakikalık ozon gazı ile fumigasyon sonucunda elde edilen TAMM yükündeki azalmanın önemli olduğu anlaşılmaktadır.

Ozonun suya doyurularak uygulamasında ise TAMM yükü 7.5 dakika'da 1,27 log kob/g' a, 15'inci dakikada 0,63 log kob/g ve 30'uncu dakikada 0,34 log kob/g'a azalmıştır. 7.5, 15 ve 30 dakikalık su banyosu uygulamalarında TAMM sayısındaki azalma p<0.05 düzeyinde önemli bulunmuştur. Ayrıca TAMM sayısındaki azalma yönünden fumigasyon ve su banyosu uygulaması arasındaki farkta istatistiksel yönden önemlidir (p<0.05).

Fumigasyon veya su ortamında ozon uygulamasında başlangıçtaki 1,40 log kob/g olan *E. coli* miktarı 7.5 dakikalık uygulama sonucunda tamamen ortadan kalkmıştır. İstatistiksel olarak ozon gazı ile yapılan fumigasyonun süreye bağlı olarak etkisi değerlendirildiğinde; 7.5, 15 ve 30'uncu dakikalardaki *E. coli* yükündeki azalma p<0.05 düzeyinde önemsizdir.

Koliform bakteri sayısı yönünden başlangıçta 2,54 log kob/g olan mikrobiyel yük 7.5 dakika ozon fumigasyonu sonunda 2,08 log kob/g'a, 15 dakika'lık uygulama sonunda 1,70 log kob/g' a ve 30 dakika'lık uygulama sonunda ise 0,70 log kob/g' a düşmüştür. İstatistiksel olarak ozon gazı uygulamasının süreye bağlı olarak etkisi değerlendirildiğinde 7.5, 15 ve 30 dakikalık ozon fumigasyonu maya yükündeki azalma yönünden istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Su banyosu uygulamasında Koliform bakteri yükü ilk 7.5 dakika'lık ozon uygulamasından sonra tamamen ortadan kaldırılmıştır.

Ozon gazı ile yapılan fumigasyon materyalde 2,39 log kob/g olan başlangıç yükünü, 7.5 dakikada 1,06 log kob/g' a, 15'inci dakikada 0,82 log kob/g ve 30'uncu dakikada ise 0,30 log kob/g' a düşürmüştür. Uygulama süresi yönünden yapılan değerlendirmede 7.5, 15 ve 30 dakikalık ozon fumigasyonu sonucunda

maya yükündeki azalmanın istatistiksel yönden önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Ozona doyurulmuş su içerisinde bulunan materyalin başlangıç maya yükü 7.5 dakika'lık uygulama sonunda 2,23 log kob/g'a azalırken, 15 dakika'lık uygulamada tamamen ortadan kalkmıştır. İstatistiksel yönden uygulama süreleri arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Fumigasyon ve su banyosu yöntemleri maya sayısındaki meydana gelen azalma yönünden karşılaştırıldığında; 7.5 ve 15 dakikalık uygulamalar arasındaki farkın önemli olduğu görülür ($p<0.05$).

Küf sayısındaki değişim incelendiğinde ozon fumigasyonunda mikrobiyel yük 1,93 log kob/g' dan, 7.5 dakika sonunda 1,34 log kob/g'a azalmış ve 15'inci dakikada ise küfe hiç rastlanmamıştır. İstatistiksel test 7.5 dakika'lık ozon fumigasyonu sonunda küf yükündeki azalmanın önemli olduğunu göstermiştir ($p<0.05$).

Su banyosu ile yapılan ozon uygulamasında ise küf yükü 7.5 dakikada 0,20 log kob/g'a düşmüş, 15'inci dakikada ise tamamen ortadan kaybolmuştur. 7.5

dakikalık muamele sonucunda küf yükündeki azalmanın istatistiksel yönden önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ayrıca fumigasyon ve su banyosu uygulaması kıyaslandığında; 7.5 dakikalık ozonlama işlemi sonunda küf sayısında meydana gelen azalmanın istatistiksel açıdan önemli olduğu görülmüştür ($p<0.05$).

Ozon uygulaması öncesinde giriş materyali olarak kuru incir örneklerinde tanımlanan küfler *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus parasiticus*, *Byssoschlamyys fulva*, *Cladosporium clodosporiodes*, *Mucor hiemalis*, *Mucor plumbeus* Bon. *Mucor racemosus* Fres, *Scopulariopsis bain.*'dir (Çizelge 4). 7.5 dakikalık fumigasyon sonucu kuru incir örneklerinde *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Byssoschlamyys fulva*, *Cladosporium clodosporiodes*, *Mucor plumbeus* Bon., *Mucor racemosus* Fres, *Scopulariopsis bain.* tanımlanırken, ozona doyurulmuş su banyosunda yapılan uygulama ile sadece *Aspergillus niger* ve *Mucor plumbeus* Bon. tanımlanabilmiştir. 15 ve 30 dakikalık fumigasyon ve su banyosu uygulamalarında hiçbir küf bulunamamıştır

Çizelge 3. Ozon Uygulamasının Mikrobiyolojik Yük Üzerine Etkisi

Mikroorganizma	Süre (Dakika)	Ozonlama İşlemi			
		Fumigasyon		Ozonlu Su İle Muamele	
		Mikroorganizma Sayısı(log kob/g)	% azalma	Mikroorganizma Sayısı (log kob/g)	% azalma
TAMM	0	2.76 ^{a(a)}	0	2.76 ^{a(a)}	0
	7.5	1.95 ^{b(a)}	29.35	1.27 ^{b(b)}	53.99
	15	1.76 ^{c(a)}	36.23	0.63 ^{c(b)}	77.17
	30	1.34 ^{c(a)}	51.45	0.34 ^{d(b)}	87.68
<i>E. coli</i>	0	1.40 ^{a(a)}	0	1.40 ^{a(a)}	0
	7.5	0 ^{b(a)}	100	0 ^{b(a)}	100
	15	0 ^{b(a)}	100	0 ^{b(a)}	100
	30	0 ^{b(a)}	100	0 ^{b(a)}	100
Koliform	0	2.54 ^{a(a)}	0	2.54 ^{a(a)}	0
	7.5	2.08 ^{ab(a)}	18.11	0 ^{b(b)}	100
	15	1.70 ^{b(a)}	33.07	0 ^{b(a)}	100
	30	0.70 ^{c(a)}	72.44	0 ^{b(a)}	100
Maya	0	2.39 ^{a(a)}	0	2.39 ^{a(a)}	0
	7.5	1.06 ^{b(b)}	55.65	2.23 ^{b(a)}	6.69
	15	0.82 ^{c(a)}	65.69	0 ^{c(b)}	100
	30	0.30 ^{d(a)}	87.45	0 ^{c(a)}	100
Küf	0	1.93 ^{a(a)}	0	1.93 ^{a(a)}	0
	7.5	1.34 ^{b(a)}	30.57	0.20 ^{b(b)}	89.64
	15	0 ^{c(a)}	100	0 ^{c(a)}	100
	30	0 ^{c(a)}	100	0 ^{c(a)}	100

* Parantez dışındaki harfler süreler arasındaki farklılığı ortaya koyarken parantez içinde verilen harfler ise uygulanan ozon konsantrasyonları arasındaki farklılığı 0,05 önem düzeyinde göstermektedir

Çizelge 4. Kuru İncirden İzole Edilen ve Tanımlanan Küfler

Ozon uygulama süresi	Tanımlanan Küf	
	Fumigasyon	Ozonlu Su İle Muamele
0 (Başlangıç)	<i>Aspergillus flavus</i> <i>Aspergillus niger</i> <i>Aspergillus parasiticus</i> <i>Byssochlamyys fulva</i> <i>Cladosporium clodosporiodes</i> <i>Mucor hiemalis</i> <i>Mucor plumbeus</i> Bon. <i>Mucor racemosus</i> Fres <i>Scopulariopsis bain.</i>	
7,5 dakika	<i>Aspergillus flavus</i> <i>Aspergillus niger</i> <i>Byssochlamyys fulva</i> <i>Cladosporium clodosporiodes</i> <i>Mucor plumbeus</i> Bon. <i>Mucor racemosus</i> Fres <i>Scopulariopsis bain.</i>	<i>Aspergillus niger</i> <i>Mucor plumbeus</i> Bon.
15 dakika	-	-
30 dakika	-	-

Aflatoksin B₁ Miktarındaki Değişim

Kuru incirler ozon gazı ile muamelesi sonucunda aflatoksin B₁ miktarında görülen değişim Çizelge 5'de verilmiştir. Ozon fumigasyonu sonucunda incir örneklerinde aflatoksin miktarındaki azalma 30. dakikada % 48.76, 60. dakikada % 72,42 ve 180. dakikada % 95.25 oranında gerçekleşmiştir. İstatistiksel test, ozon fumigasyonu uygulama sürelerinin aflatoksin B₁ miktarındaki azalma üzerine önemli olduğunu göstermiştir (p<0.05).

Sulu ortamda gerçekleştirilen ozonlama işlemi ile 30. dakikada % 0.82, 60. dakikada % 83.25 ve 180. dakikada % 88.66 oranında aflatoksin B₁ miktarında azalma şeklinde gerçekleşmiştir. İstatistiksel test ozon fumigasyonu sırasında aflatoksin B₁ miktarında görülen azalmanın 30. dakikada önemsizken, 60 ve 180 dakikalık işlem süresinin önemli olduğunu göstermiştir (p<0.05).

Ozon gazının fumigant olarak kullanılması ile ozonun su içerisine verilmesi işlemleri arasında meydana gelen aflatoksin B₁ miktarındaki azalma baz alınarak irdelendiğinde istatistiki olarak iki yöntem arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

SONUÇ

Ülkemizde hali hazırda uygulanmakta olan kuru incir işleme tekniğine adapte edilebilecek olan ozon gazı uygulaması kuru incir kalitesinin korunması anlamında önemli bir potansiyel arz etmektedir. Şimdiye dek

genellikle yaş sebze ve meyvenin yıkanmasında suya uygulanarak kullanılan ozon gazı genel olarak kurutulmuş tarım ürünlerinde ve özel olarak kuru incirde ilk kez bu araştırma kapsamında kullanılmıştır. Alınan sonuçlar kuru incirde ozon kullanılarak mikrobiyolojik yükün azaltılmasının, Aflatoksin degradasyonunun ve *Ephestia*'nın farklı gelişme dönemlerinin kontrolünün mümkün olduğunu göstermiştir. Çevre dostu bir teknik olan ozonlamanın istenen sterilizasyon/fumigasyon etkisini göstermesi kuşkusuz tek başına yeterli değildir. Bundan sonraki aşama bu işlemin meyve kalitesi üzerine olumsuz bir etkisi olup olmadığını bilimsel yöntemlerle belirlemek ve uygulamayı işletme ölçeğine uyarlamaktır. Laboratuvar sonuçlarının işletme ölçeğine uyarlanması esnasında kimi zaman önemli zorluklarla karşılaşıldığı mühendislik uygulamalarından bilinen bir gerçektir. Ozonun diğer alanlarda kullanımı bilinmesine karşın, otomatik kontrolündeki güçlükler nedeniyle kuru tarım ürünlerine uyarlanması kapsamında güvenilir, tekrar edilebilir veri üretmek pek kolay değildir. Uluslararası literatürde bu konuda henüz yeterli düzeyde bir birikim yoktur. Ancak gıda güvenliği ve kalitesini korumak için şu anda mevcut olan uygulamalar içinde, örneğin CO₂ uygulamalarıyla karşılaştırıldığında, üretimi ve kullanımının daha mümkün olduğu düşünülmektedir. Ozon vakum ve hermetik depolama uygulamaları gibi yöntemlerle kombinasyon halinde kuru incir dışında kayısı, fındık ve diğer kuru tarım ürünleri içinde bir potansiyel arz etmektedir.

Çizelge 5. Ozonlama İle Kuru İncir Örneklerindeki Aflatoksin B₁ Miktarındaki Değişim

Uygulama Süresi (Dakika)	Kuru İncir			
	Fumigant		Sulu ortam	
	Toksin Miktarı (ppb)	% Azalma	Toksin Miktarı (ppb)	% Azalma
0	19.40 ^{a (a)*}	0.00	19.40 ^{a (a)}	0.00
30	9.94 ^{b (b)}	48.76	19.24 ^{a (a)}	0.82
60	5.35 ^{c (a)}	72.42	3.25 ^{b (b)}	83.25
180	0.92 ^{d (b)}	95.25	2.20 ^{b (b)}	88.66

*Parantez dışındaki harfler süreler arasındaki farklılığı ortaya koyarken parantez içinde verilen harfler ise fumigasyon ve sulu ortamda yapılan ozonlama yöntemleri arasındaki farklılığı 0,05 önem düzeyinde göstermektedir.

TEŞEKKÜR

Araştırmacılar " Kuru İncirde Ozon Uygulamasının Mikrobiyel Flora, Aflatoksin B1 ve İncir Sineği Üzerine Etkileri (TOGTAG 3090, Proje Yürütücüsü: Prof. Dr. Serdar

Öztekin)" isimli projeye verdiği destekten ötürü TÜBİTAK'a ve kendi kurumlarına teşekkür ederler.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Anonim, 2003. İncir Çalışma Grubu Raporu, Ürün Raporları. http://www.tzob.org.tr/tzob/tzob_urun_rapor/rapor_2003_incir.htm. Erişim: Kasım 2003.
- Anonim, 1985. SAS Institute, *User's guide: Statistics*. SAS Institute, Cary, N.C.
- Bek, Y., E. Efe, 1988. *Araştırma ve Deneme Metotları-I*, Ç.Ü.Z.F. Ders Kitabı, No:71, Ç.Ü.Z.F. Ofset ve Teksir Atölyesi, Adana
- Karabayır, C., 2004. Kuru İncir İhracat Değerleri, İhracatı Geliştirme Merkezi Verileri, e-ileti bildirisi (cengizk@igeme.gov.tr).
- Özay, G., 1989. Kuru İncirlerde (Ficus carina L.) Aflatoksin Kontaminasyonu, Gıdalarda Küfler ve Mikotoksinler Sempozyumu, 12-13 Aralık 1989, İstanbul Ticaret Odası Konferans Salonu.
- Perez, A. G., C. Sanz, J. J. Rios, R. Olias, J. M. Olias, 1999. Effects of Ozone Treatment on Postharvest Strawberry Quality, *J.Agric. Food Chem.*, 42, 1652-1656.
- Xu, L., 1999. Use of Ozone to Improve the Safety of Fresh Fruits and Vegetables. *Food Technology*, 53 (10), 58-61,63.
- Yaşar, B., 1996. *Depo Zararlıları*, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 16.