

Kuru İncirin İşlenmesi, Kalite Problemleri ve Gıda Endüstrisinin Geliştirdiği Yenilikçi Yöntemler

Esra Gençdağ , Ahmet Görgüç , Fatih Mehmet Yılmaz  ✉

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 09010 Efeler, Aydın

Geliş Tarihi (Received): 21.11.2018, Kabul Tarihi (Accepted): 19.04.2019

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): fatih.yilmaz@adu.edu.tr (F.M. Yılmaz)

☎ 0 256 213 75 03 📠 0 256 213 66 86

ÖZ

Türkiye, sahip olduğu özel ekolojik koşullar sayesinde farklı türlerde incir zenginliğine sahip ve aynı zamanda kurutmalık ve sofralık incir yetiştiriciliğinde ve ticaretinde dünyada lider konumdadır. Özellikle kurutmaya en uygun olan *Sarılop* çeşidi incir, ülkemizde toplam incir üretiminin %90'ından fazlasına karşılık gelen önemli bir ihracat ürünüdür. Kuru incir üretiminde gözlenen kalite problemleri yetiştiricilik, hasat, kurutma, işleme ve depolama süreçlerinin hepsinden ileri gelebilmektedir. Bu yüzden, kuru incir üretiminde bahçeden itibaren işlenip ambalajlanana kadar birçok zirai ve teknolojik önlem alınmaktadır. Kuru incirde önemli bir gıda güvenliği problemi olan aflatoksin bulunma riski bu konuda çok sayıda çalışma yapılmasını sağlamıştır. Gıda endüstrisi, kaliteli kuru incir üretiminin sağlanması amacıyla alternatif yöntemler geliştirmekte ve bu yöntemlerin işletmelerde kullanılabilirliği test edilmektedir. Kuru incir işlemede metil bromitin yerine kullanılabilir fümigasyon tekniklerin aranması, yeni analiz yöntemlerinin geliştirilmesi ve kuru incir işleme hattında bilgisayar - algoritma tabanlı görüntüleme tekniklerinin kullanımı söz konusu yeni teknolojilerden bazılarıdır. Bu derleme kapsamında, güncel çalışmalar takip edilerek kuru incir üretimi, kalite problemleri ve kuru incir işlemede geliştirilen yenilikçi yöntemler hakkında bilgi verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kuru incir, Aflatoxin, Gıda güvenliği, Yenilikçi yöntemler, Kuru meyve

Dried Fig Processing, Quality Problems and Innovative Methods Developed by Food Industry

ABSTRACT

Turkey is the leader in the world on the cultivation and trade of both dried and table figs, and a rich source of the different kinds of figs because of its special ecological conditions. Especially the *Sarılop* fig variety, which is the most suitable for drying, accounts more than 90% of the total fig production, and it is an important export product for the country. The quality problems in the production of dried figs may arise at various steps including plant growing, harvesting, drying, processing and storage conditions. Therefore, many agricultural and technological precautions are taken into account for the production of dried figs until they are processed and packaged, starting from horticultural activities. High aflatoxin risk, which is one of the most important food safety problems in dried figs, has accelerated scientific studies on this subject. The food industry develops alternative methods to ensure the production of high quality dried figs, and the feasibilities of these methods are tested regularly. The search for new fumigation techniques that can be used as an alternative to methyl bromide, development of new methods of analysis and the use of computer – algorithm based imaging techniques are some of the new technologies in the dried fig processing. Within the scope of this review, current information about dried fig production, quality problems and innovative methods developed in dried fig processing are presented in the light of the latest studies.

Keywords: Dried fig, Aflatoxin, Food safety, Innovative methods, Dried fruit

GİRİŞ

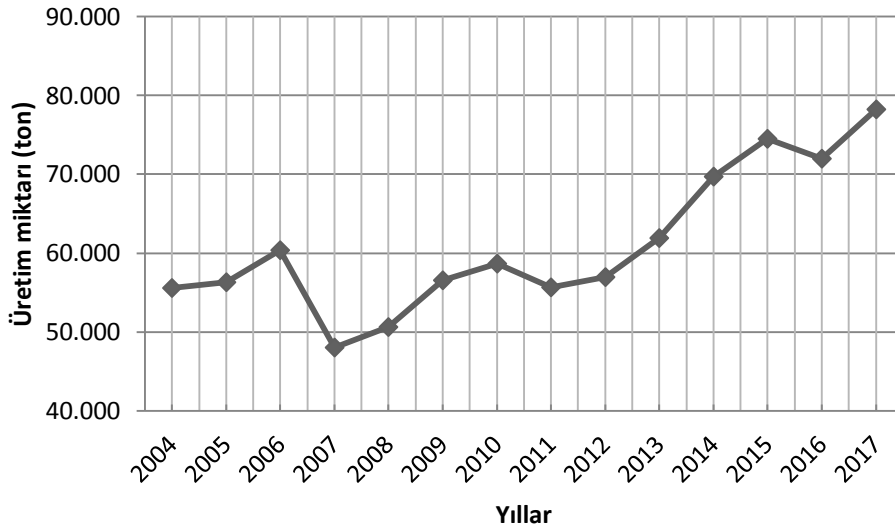
İncir (*Ficus carica* L.), *Urticales* takımının *Moraceae* (dut) familyasına ait bir bitki olup ismini Ege Bölgesi'ndeki antik bir yerleşim yeri olan Caria'dan almaktadır [1, 2]. İncir, Anadolu'da insanlık tarihi kadar geçmişi olan ilk kültür meyvelerinden biridir [1-3]. İncir, anavatanı olan Türkiye'den Suriye ve Filistin'e, sonrasında ise Ortadoğu üzerinden Çin ve Hindistan'a yayılmıştır [3]. İncir, Akdeniz kıyılarının bulunduğu bölgelerde tipik olarak yetişen bir meyvedir [4, 5]. İncirin yetişmesi açısından en uygun iklim ve ekolojik koşulların Ege Bölgesi'ndeki Büyük ve Küçük Menderes havzalarının olduğu; incir çeşitliliğinin de yine bu bölgelerde en fazla bulunduğu belirtilmektedir [1, 4, 6]. Aydın ve İzmir, bu havzalarda incir üretiminin yapıldığı iller olarak ön plana çıkmaktadır [4, 7]. Ege Bölgesi'nde üretilen incirlerin büyük bir kısmı kurutulularak değerlendirilirken, bu bölgenin dışında üretilen incirler genellikle taze olarak tüketilmektedir [4]. Türkiye'de sofralık ve kurutmalık olarak birçok incir çeşidi yetiştirilmektedir. En fazla üretimi yapılan çeşit, toplam incir üretiminin %90'ından fazlasını oluşturan *Sarılop* çeşididir. *Sarılop*'un yanında *Bursa siyahı*, *Göklop*, *Yeşilgüz*, *Morgüz* ve *Bardacık* da yetiştirilen diğer

çeşitler arasındadır [3, 4, 8]. *Sarılop* çeşidi incirler; tadı, büyüklüğü, etli kısmın fazla olması, açık rengi ve en önemlisi de karakteristik morfolojisiyle kurutmaya en uygun çeşit olarak kabul edilmektedir [2, 4, 9].

Birleşmiş Milletler Tarım ve Gıda Örgütü (FAO)'nın sunduğu son beş yıllık ortalama verilerine göre Türkiye, yaklaşık 300 bin ton üretim ile dünya yaş incir üretiminin yaklaşık %30'unu karşılayarak ilk sırada yer almaktadır. Türkiye'yi ise sırasıyla Mısır, Fas, Cezayir, İran, Suriye, ABD ve İspanya takip etmektedir [3]. Dünyada kuru incir üretim miktarlarına bakıldığında (Tablo 1) ise 2010 yılından itibaren gerçekleştirilen kuru incir üretiminin yarısına yakınının ülkemiz tarafından gerçekleştirilmekte olduğu görülmektedir. Son yedi yılın verileri incelendiğinde; 2016 yılında 127.500 ton olan dünya kuru incir üretiminin %57'sinin Türkiye'de gerçekleştiği, %23.5'lik payla İran'ın ikinci, %7 ile ABD'nin ise üçüncü sırada yer aldığı anlaşılmaktadır. İzmir Ticaret Borsası rekolte raporlarına göre, Türkiye'de yıllık kuru incir üretim miktarının genel olarak 55.000 tonun üzerinde gerçekleştiği görülmektedir. Meydana gelen olumsuz iklim koşulları dönem dönem üretim miktarında azalmalara sebep olsa da genel olarak Türkiye'de kuru incir üretimi belirgin bir düşüş yaşamamıştır (Şekil 1) [3].

Tablo 1. Dünyada kuru incir üretiminin yıllara göre değişimi [3]

Ülkeler	Üretim miktarı (ton)						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Türkiye	58.662	55.653	56.935	61.909	69.731	74.505	72.000
İran	22.500	23.000	22.000	21.759	30.000	30.000	30.000
ABD	10.000	11.000	9.250	10.487	9.000	9.000	9.000
Yunanistan	7.500	8.000	7.600	5.600	7.000	8.000	7.500
İspanya	5.000	5.000	6.000	5.000	5.000	6.000	5.500
İtalya	3.500	4.500	3.900	2.200	3.000	4.000	3.500
TOPLAM	107.162	107.153	105.685	106.955	123.731	131.505	127.500



Şekil 1. Türkiye'de kuru incir üretiminin yıllara göre değişimi (2004 – 2017) [3]

Türkiye'de kurutmalık incirlerin neredeyse tamamı Ege Bölgesi'nden sağlandığı için, bu bölgedeki toplam kuru incir üretim miktarı aynı zamanda Türkiye kuru incir üretim miktarlarına karşılık gelmektedir. Ege Bölgesi'nde kuru incir üretimi açısından ilk sırada toplam üretimin

%23'ünü karşılayan Aydın'ın Germencik ilçesi gelmektedir. Germencik'i takiben %22'lik üretim miktarıyla Nazilli (Aydın) ikinci, %12 ile Tire (İzmir) üçüncü, %10 ile İncirliova (Aydın) ise dördüncü sırayı almaktadır. Geriye kalan üretimi de yine Aydın ve

İzmir'in diğer ilçeleri gerçekleştirmektedir [3]. Aydın ve İzmir illerinde faaliyet gösteren yaklaşık 150 adet incir işletmesi tüm dünyaya kuru incir işlemekte ve pazarlamaktadır. Bir sezonda 63.500 ton kuru incir, 250 milyon dolar ihracat rakamlarıyla bu firmalardan diğer ülkelere ulaştırılmaktadır [10]. Kuru incir üretimi, hasadı, işlenmesi ve pazarlanması aşamalarının Aydın ve İzmir'de yaklaşık 20.000 ailenin geçim kaynağı olduğu da ayrıca bildirilmektedir. Gerek tarımında yaşanan zorluklar gerekse pazarlanmasında mikotoksin sorunu yüzünden oluşan ciddi ekonomik kayıplar, kuru incir üretiminde sıklıkla dile getirilmekte ve üzerinde durulması gerektiği vurgulanmaktadır. Ülkemiz açısından büyük ticari ve ekonomik öneme sahip olan kuru incirin uygun koşullarda yetiştirilmesinin yanı sıra, kalitesinin bozulmadan hasat edilerek kurutulması ve depolanması da büyük önem taşımaktadır. Bu açıdan kuru incirin işlenmesi sırasında oluşabilecek kalite problemlerinin belirlenmesi ve bu problemlerin hızlı bir şekilde ortadan kaldırılması gerekmektedir. Bu derleme kapsamında, kuru incirin işlenmesi, incirde kaliteyi etkileyen faktörler ve son zamanlarda gıda endüstrisinde uygulanmış veya deneme aşamasında olan yeni yöntemler ele alınmıştır.

KURU İNCİR ve ÜRETİM AŞAMALARI

Kuru incir, *Ficus carica* L. türüne ait meyvelerin hasatından sonra doğal veya yapay kurutma işlemleri sonrasında tüketime sunulan incir olarak tanımlanmaktadır [1]. Kuru incir, zengin şeker (~%48 fruktoz ve glukoz) içeriğinin yanında esansiyel aminoasitler, karoten, tiamin, riboflavin ve çeşitli mineralleri içermesi; yağ içeriğinin ise düşük olmasından dolayı dünyada yaygın olarak üretilen kurutulmuş meyveler arasında yer almaktadır [11, 12]. Türk Standartları Enstitüsüne ait kuru incir standardına [13] göre kuru incirler bütün ve sağlam olmalı, yabancı tat ve koku içermemeli, yabancı maddelerden arındırılmış olmalı, aşırı kuru olmamalı ve bununla beraber anormal düzeyde nem içermemeli; kuru incirlerde herhangi bir küf belirtisi bulunmamalı, güneş yanığı, yırtık ve yarık benzeri deformasyonlar olmamalı, olgunlaşmadan hasat edilmesine kadar olan süreçte canlı veya ölü böcek ile diğer parazitler bulunmamalıdır [8].

Kuru incirin bahçeden tüketime kadar geçirmiş olduğu işlem basamakları sırasıyla ilekleme, olgunlaşma, hasat, kurutma, sınıflandırma, fumigasyon, aflatoksinli incir ayıklama, yıkama, şekil verme, ambalajlama ve depolama olarak özetlenebilmektedir [14]. Gerek bahçedeki kültürel önlemler gerekse işletmelerdeki tedbirler kombine olarak sürdürülmez ise kuru incirde renk kararması, ekşime, çatlama, böcek zararı, mikotoksin oluşumu ve mikrobiyal kirlilik gibi birçok problem ile karşılaşılabilir. Son üründe yani kuru incirde rastlanan aflatoksin sorununun en önemli sebebi olarak ilekleme aşamasının doğru yapıp yapılmadığı gösterilmektedir. Benzer şekilde doğru hasat uygulaması ve işleme öncesi depolama süreçleri de aflatoksin bulaşmasında kritik noktalar. Yukarıda bahsi geçen işlem basamaklarında yeterli özen gösterilirse uluslararası arenada ün kazanmış ülkemiz kuru incirinin imajı uzun yıllar üstünlüğünü koruyabilecektir. Esasında,

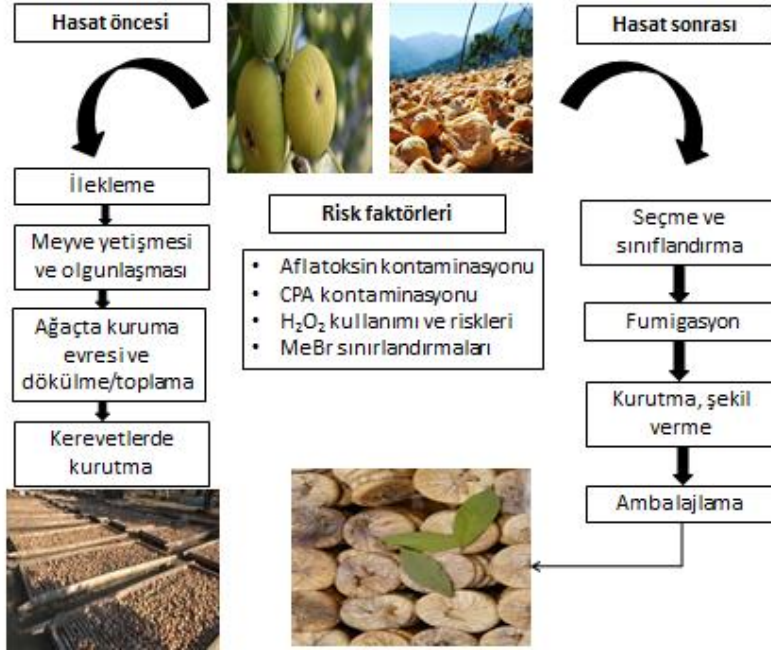
hasat öncesi meyve yetiştirme periyodu ve kuru meyve işleme aşamaları birbirleriyle ilişkili olduğu için ve hasat öncesi işlemler doğrudan son ürün kalitesini etkilediği için bahçeden depolama aşamasına kadar bir bütün olarak faktörlerin ele alınması gerekmektedir [15]. Hasat öncesi yapılan işlemler en az hasat sonrası işlemler kadar son ürün kalitesini etkilediği için kuru incir üretimini hasat öncesi ve hasat sonrası olmak üzere iki farklı başlık altında ayrıntılı olarak incelemek en doğru yaklaşımdır. Kuru incirin yetiştirme ve üretim aşamaları ile beraber bu aşamalarda oluşabilecek risk faktörleri (Aflatoksin kontaminasyonu, siklopiazonik asit (CPA) kontaminasyonu, hidrojen peroksit (H₂O₂) kullanımı, metil bromit (MeBr) sınırlandırmaları) şematik olarak Şekil 2'de gösterilmiştir.

KURU İNCİRDE HASAT ÖNCESİ İŞLEMLER

İncir üretiminde hasat öncesi işlemler; toprak işleme, sulama, gübreleme, budama, ilekleme, hastalık ve zararlılarla mücadele gibi kültürel işlemlerden oluşmaktadır. Bahsi geçen kültürel işlemlerin tamamı son ürün kalitesi üzerinde etkili olmakla beraber "ilekleme" bazı mikroorganizmaların meyve içine taşınmasında etkili olabileceği için gıda güvenliği açısından daha fazla öneme sahiptir. İlekleme, erkek incir ağaçlarında bulunan ilek meyvelerindeki polenlerin, ilek sineği (arıcık) (*Plastophaga psenes*) tarafından dişi incire taşınmasıdır [16]. Türkiye'de incir yetiştiriciliğinde ilekleme (tozlama) genellikle haziran ayının ilk yarısında gerçekleştirilmektedir. Sabahın erken saatlerinde erkek incir ağaçlarından toplanan ilek meyveleri, ilek filelerinin içerisine 3-4 adet koyulmakta ve her ağaca bu filelerden üçer tane asılmaktadır. Bu işlem en az iki defa tekrarlanır. Eğer hava çok serin ve yağışlı ise üçüncü kez file asma işlemi yapılabilir. İleklerden çıkan ilek arıları dişi incir ağaçlardaki meyvelerin içine girerek döllenmeyi sağlar. Erkek incir meyveleri, döllenmeyi sağlayan polenleri barındırması ve bu polenlerin taşınmasında aracı olan ilek arısının yaşamını sürdürebildiği tek konakçı olması nedeniyle büyük öneme sahiptir [16]. Döllenmeden önce yeşil renkli olan incirlerin renklerinin açılarak sararmaya başlaması, dişi incirlerin uç kısımlarının zamklı bir madde ile kaplanması, meyvelerin büyümeye devam etmesi gibi bulgular dişi incirin döllenmediğini göstermektedir. Döllenme sonrasında meyveler olgunlaşmaya başlamakta; döllenmemiş olan meyveler ise koyu yeşil bir renk almaktadır. Bu durumda döllenmemiş meyveler için ilekleme işleminin tekrarlanması gerekmektedir. İleklemenin tekrarlanmadığı, yani döllenmenin sağlanmadığı meyvelerin buruşuk bir form alarak ağaçtan döküldükleri gözlenmektedir. İlekleme döneminde ilaçlama, tuzak asma ve sürüm işlemleri yapılmamalıdır. İleklemede hastalıklı ve zararlanmış, çürümüş meyveler filelere konulmamalı hatta kasara konulmadan bahçeden uzaklaştırılmalıdır. İlek meyveleri sağlıklı olması yaz meyvelerinde oluşan *Fusarium* ve *Aspergillus* mantarlarının bulaşmaması ve de dolaylı olarak fumonisin, aflatoksin gibi mikotoksinlerin oluşmaması için önemlidir Tüm bu nedenlerden dolayı yüksek kalitede incir elde edilmesinde ilekleme işlemi önemli bir yere sahiptir [16, 18].

İlekleme sonrasında incir, olgunlaşmaya başlamaktadır. Olgunlaşan meyveler, taze tüketim için hasat edilmez ve ağaçta bırakılırlar ise ileri olgun dönemde belli miktar su kaybederek orta nemli (su oranı %40 - 50) aşamaya gelmektedir. Orta nemli incirler kendiliğinden ağaçtan düşmekte ve yere düşen orta nemli meyveler 2 - 3 gün arayla hasat edilmektedir. Ülkemiz şartlarında olgunlaşma ve hasat periyodu 7 - 8 hafta sürmektedir [16]. Dökülmeyen incirler ise bir sırtık yardımıyla düşürülmektedir [8, 19]. Buruklaşarak yere düşen meyveler ağaç altlarında bekletildiğinde çürüme ve

bozulma riski artmaktadır. Ağaç altları gölge ve kısmen nemli olduğundan mümkün olduğunca meyveleri sergi yerlerine hızlıca almakta fayda vardır. Bu aşamada hasar görmüş ve çürük meyveler ayrı kaplara toplanmalı ve ayrı sergi yerinde kurutulmalıdır. Bu meyveler "kerevet" olarak adlandırılan plastik veya tahta kurutma kasaları üzerinde 2 - 3 gün, nem oranı %22 - 24 oranına düşünceye kadar kurutulur. İşlemlerin daha hızlı ve sağlıklı olması açısından kurutmanın Şekil 3'te gösterildiği gibi tünellerde yapılması önerilmektedir.



Şekil 2. Kuru incir üretim aşamaları



Şekil 3. Kapalı tünellerde kerevetlerde kurutma aşaması

Yaklaşık 4 - 5 gün olan sergi süresinin sonrasında hurda olarak nitelendirilen endüstriyel incirler ayrılmakta ve sağlam kuru incirler üretici depolarına alınmaktadır [8, 17, 19]. Hasat sırasında ayrılan hurda (endüstriyel) incirler etil alkol ve incir pekmezi üretiminde değerlendirilmektedir. Etil alkol yapımı sırasında ortaya çıkan incir çekirdekleri de boya, kozmetik ve ilaç sanayinde, küspesi ise besi yemi yapımında kullanılmaktadır [1, 14].

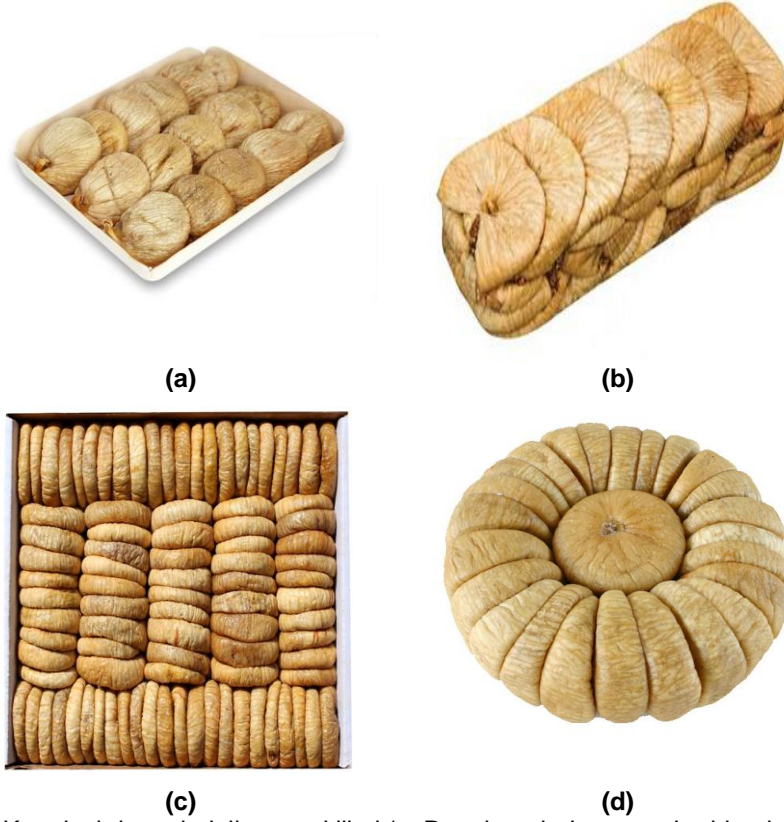
KURU İNCİRDE HASAT SONRASI İŞLEMLER

Hasat sonrası işletmeye ulaşan kuru incirlerin kabulünde, ilk aşamada birtakım fiziksel analizler gerçekleştirilmektedir. Fiziksel analizleri takiben kuru incirde sanitasyonu sağlamak amacıyla fumigasyon basamağına geçilmektedir. Fumigasyon sonrası ön ayırma işlemi ile de çatlak ve siyah küf gibi yapıların bulunduğu kuru incirler ayrılmaktadır. Sonrasında incirler, boyutlarına göre sınıflandırılmaları için farklı eleklerden geçirilerek boylama işlemi gerçekleştirilmekte, ardından aflatoksinli incirlerin ayıklanması, %5 - 7 NaCl çözeltisi ile yıkama ve yüzey suyunun kurutulması işlemine tabi tutulmaktadır. Aflatoksinli incirlerin ayıklanarak partinin aflatoksinsiz hale getirilmesi işlemi karanlık odada ultraviyole (365 nm) ışık ile görsel olarak yapılmaktadır. Son ayıklama ve şekil verme işlemleri sonrasında ise kuru incirler ambalajlanmaktadır [20].

Fumigasyon işleminde incirler, ambar zararlılarının sanitasyonu amacıyla fumigant gazlara maruz bırakılmaktadır. Kuru incir fumigasyonunda amaç, en düşük gaz dozunda ve en kısa fumigasyon süresinde mutlak sanitasyon sağlamaktır. UV ışık altında kuru incirin parlak yeşilimsi sarı bir floresan vermesi

aflatoksin varlığının güçlü bir göstergesidir [21]. UV lamba altında renk vermeyen incirlerden fiziksel hasarlı olanlar ayrılarak, kusur bulunmayan ürünler yıkama bölümüne gönderilmektedir. Yıkama aşamasında incir üzerinde bulunabilecek toz, toprak ve çamur artıkları üründen uzaklaştırılmakta, aynı zamanda mikroorganizma yükü de düşürülmektedir. Ardından

yıkamadan çıkan ürün kurutma tüneline gönderilmektedir. Kurutma aşamasındaki hedef, ürünün nem içeriğini TSE 541'e [13] göre %26'nın altına düşürmektir. Kurutma işleminden sonra ürüne müşteri isteği doğrultusunda şekil verilmekte (Şekil 4), ardından ambalajlanan ürün ihracata ya da pazarlamaya dek oda sıcaklığında ya da soğukta depolanmaktadır [7, 19].



Şekil 4. Kuru incirde ambalajlama şekilleri (a: Protoben, b: Layer, c: Lerida, d: Garland)

KURU İNCİRDE RİSK FAKTÖRLERİ

Kuru incirlerde en sık karşılaşılan kalite problemi, bir mikotoksin olan aflatoksinin üründe bulunması olarak ön plana çıkmaktadır. Mikotoksinler pek çok işlenmiş veya işlenmemiş gıdada bulunabilen, funguslar tarafından üretilen ve insan sağlığını tehdit eden toksik metabolitlerdir [7, 22]. Günümüzde 100'den fazla toksijenik küf tarafından üretildiği bilinen 400'den fazla çeşit mikotoksin olduğu bilinmektedir. Bunlardan en tehlikelileri yüksek toksik etkileri nedeniyle aflatoksinlerdir. Kurutulmuş meyvelerin sahip oldukları yüksek şeker içeriği, hasat yöntemleri ve uygun olmayan şartlarda kurutulmaları veya depolanmaları aşamalarında küf gelişimine ve dolayısıyla aflatoksin ve okratoksin A kontaminasyonuna maruz kalma potansiyelleri oldukça yüksektir. Aflatoksin üretimi 13 – 40°C (optimum 30°C) sıcaklık ve 0.95 su aktivitesi değeri gibi özel ortam koşullarında gerçekleşmektedir. Kuru incir, bu koşulları sağlama potansiyeli olan bir gıdadır. Kuru incirde aflatoksin ve okratoksin A bulaşması sonucu tüketicilerde ciddi sağlık sorunları görülmekte, ürünlerde yasal limitlerin üzerinde değerlerin tespit edilmesi halinde üreticiler için de büyük ekonomik kayıplar ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle,

kontamine örneklerin temizlenmesi açısından farklı dekontaminasyon yöntemlerinin geliştirilmesi ve toksin bulaşmasının muhtemel olduğu üretim aşamalarında özel önlemlerin alınması gerekmektedir [22].

Kuru incir üretim esnasında karşılaşılan kalite problemleri incelendiğinde; ilek meyvesinden çıkan ve polenleri dişi incir meyvesine taşıyan ilek arılarının *Aspergillus spp.* ve diğer fungusları da beraberinde taşımaları olasılığı bulaşmanın ilk ve en önemli aşaması olarak bilinmektedir. İlekleme ile bulaşan mantarlar, küf gelişimi, aflatoksin oluşumu ve incirlerde akma gibi çeşitli sorunlara neden olmaktadır. Bu yüzden ilekleme işleminde dikkat edilmesi gereken noktalar bulunmaktadır. İlk olarak temiz ilek kullanımı aflatoksin riskinin azaltılmasında oldukça önemlidir. İlekler ağaçlara asılmadan önce tek tek kontrol edilmeli, çürümüş veya rengi değişmiş olanların ayrılması gerekmektedir. Uygun olmayan ilek meyveleri ise bahçe dışında imha edilmelidir. Ağaç üzerinde unutulmuş incirde aflatoksin riskinin oluşmasına neden olabileceğinden döllenme işlemini tamamlayan ilekler ağaç üzerinde bırakılmamalıdır. İlekleme işleminin fazla veya az miktarda yapılması da kalite ve verimde düşüslere

neden olmaktadır. Ayrıca, ilekleme fazlasıyla yapılması aflatoksinin oluşum riskini artırmasının yanında fazla sayıda küçük ve kalitesiz meyve oluşumuna da neden olabilmektedir [15, 16]. Kuru incir hasadının her gün düzenli olarak yapılması; hayvan ve haşere zararlılarının en alt seviyeye indirilmesi ve kuru incir meyvesinde küf kontaminasyonunun engellenmesi açısından oldukça önemlidir [2]. İncir üretiminin kurutma aşamasında da kalite problemlerinin meydana gelme riski bulunmaktadır. Kurutmanın yapılacağı zeminin demir tel yerine plastik örgü izgaradan yapılması, dayanıklılık ve küflenme riskini azaltması açısından daha sağlıklı bir kurutmanın gerçekleşmesine yardımcı olmaktadır. Bu nedenle, kerevetlerde tel yerine plastik örgü tercih edilmektedir [8, 17].

Kuru incirdeki mevcut mikotoksin içeriği olarak en fazla aflatoksinin üzerinde durulmuş olmasına rağmen son zamanlarda siklopiazonik asit üretici küflerinin de kuru incirde risk faktörü oluşturabileceği gözlenmiş ve bu konuda çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Yapılan bir çalışmada Heperkan ve ark. [23], kurutulmuş incir örneklerinde siklopiazonik asiti ve aflatoksini sırasıyla ince tabaka kromatografisi ve yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) ile belirlemişlerdir. Siklopiazonik asit ile kontamine olmuş kuru incir örneklerinin sayısının, aflatoksinin içeren örneklerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Siklopiazonik asit ve aflatoksinin kuru incirde bir arada bulunduğu ilk kez bu çalışma ile rapor edilmiştir. Siklopiazonik asit, çeşitli *Aspergillus* ve *Penicillium* üyeleri tarafından üretilebilmektedir. Siklopiazonik asite dair henüz herhangi bir yasal standart belirlenmemiştir. Bunun nedeni toksinin gıdalarda çok düşük miktarlarda ve bazı ürünlerde aflatoksinle birlikte bulunmasından dolayı aflatoksinin için belirlenen yasal standartlarla dolaylı olarak önlenilebileceği olmasıdır [2, 23]. İncirlerde aflatoksinin varlığı, genellikle incirlerin UV ışık altında görülmemesi ile tespit edilmeye çalışılmaktadır. Bu aşamada, parlak floresans oluşumu potansiyel aflatoksinin varlığına işaret etmektedir. Parlak renkli floresansa incirde *Aspergillus flavus* grubu küflerin oluşturduğu bir diğer metabolit olan olan kojik asit neden olmaktadır. Endüstriyel uygulamada incir partilerinde kojik asitten dolayı floresans veren incirlerin aflatoksinli diye nitelendirilerek UV ışık altında ayıklanması etkili bir metod olup 1980'li yılların sonlarından beri kullanılmaktadır. Bu yöntem ürün yüzeyinde oluşan aflatoksini belirlemede ve bu meyveleri ayıklamada etkili olurken, meyve içi aflatoksinin oluşumunu belirlemede etkisiz kalabilmektedir [7, 19].

Geçmişte kuru incir üretim aşamalarında hidrojen peroksitin (H_2O_2) kurutma sırasında hem mikrobiyal riski azaltıcı hem de ağartıcı olarak kullanıldığı görülmektedir. Ancak günümüzde kullanımı yasaklanan hidrojen peroksitin incir işleyen firmalar tarafından kullanılması haksız rekabete yol açmaktadır. İnsan sağlığı açısından risk oluşturması ve tespit edilmesi durumunda kuru incir ihracatında sorun oluşturması nedeniyle hidrojen peroksit kullanımına engel olmak amacıyla resmi kurumlarca yapılan denetimlerin ve kontrol amaçlı analizlerin daha sık yapılması gerekmektedir [1, 3]. İşlenip ambalajlanan ve ihracat

öncesi denetimlerde aflatoksinin analizi haricinde rutin olarak gerçekleştirilen bir diğer analiz de hidrojen peroksit analizidir. Kuru incir işleyen firmaların hidrojen peroksit kullanıp kullanmadığının tespiti amacıyla 2014 yılına kadar HPLC yöntemi kullanılmaktaydı; ancak bu yöntemin güvenilirliği ile ilgili büyük soru işaretleri gündeme geldiğinden Ege Üniversitesi'nden bilim insanları kuru incirde hidrojen peroksit tespitinde enzimatik yöntem geliştirmişler ve günümüzde akredite analiz laboratuvarlarında bu analiz metodu uygulanmaktadır.

Kuru incir üretiminde ortaya çıkan bir diğer problem ise ruhsatlı ve kısa sürede etkili olan bir fumigasyon yönteminin kısıtlı olmasıdır. Kuru incir üretiminde, fumigasyon aşamasında fumigant olarak ülkemizde Montreal Protokolü uyarınca 2007 yılında yasaklanıncaya dek Metil Bromit (MeBr) kullanılmaktaydı [24]. Metil bromit, atmosferik koşullarda 24 saatlik uygulama süresiyle kuru incir fumigasyonunda vazgeçilmez bir fumigant olmuştur; ancak ozon tabakasına olumsuz etkilerinin tespit edilerek yasaklanmasının ardından metil bromite alternatif yöntemler üzerinde yoğun çalışmalar yapılmaya başlanmış ve bu yöntemlerin kabul edilebilirliği üzerinde durulmuştur.

Kuru incirde *Fusarium* cinsine ait bazı türlerin yol açtığı iç çürüklüğü hastalığının neden olduğu ekşimeler incir meyvesinin pazar değerini düşüren ayrı bir risk faktörüdür [25]. Hastalık sonunda, incir meyvesinde açık kehribar renkte bir sıvı oluşmakta, meyve akmakta ve ekşimektedir. Böylece incir veriminde yaklaşık %50 oranında kayıp oluşabilmektedir [26].

Tüm bunların haricinde, özellikle son yıllarda Aydın ilinde faaliyet gösteren jeotermal enerji santrallerinin kuru incir üretimini ve kalitesini etkilediği gündeme getirilmektedir. Jeotermal enerji santrallerinden doğaya salınan buharın tarım ürünlerinin kalitesini etkilediği, aynı zamanda ağır metallerin tarım ürünlerinde birikebileceği iddiaları son zamanlarda sıklıkla dile getirilmektedir. Bu konuda farklı görüşler olmasına rağmen, bilimsel çalışmalar gerçekleştirilerek konunun aydınlatılması önemli görülmektedir.

GIDA ENDÜSTRİSİNİN GELİŞTİRDİĞİ YENİLİKÇİ YÖNTEMLER ve UYGULAMALARI

Kuru incir üretiminde işletmeler tarafından çoğunlukla geleneksel yöntemlerin kullanıldığı bilinmektedir. Buna karşın, son üründe istenilen kalite kriterlerini sağlamak amacıyla farklı yenilikçi yöntemler de geliştirilmekte ve uygulanmaktadır. Yıkama aşaması ele alındığında incir işletmelerinin neredeyse tamamının sadece %5 - 7'lik sodyum klorür çözeltisi kullandığı bilinmektedir. Kuru incirlerin yıkanmasında NaCl işletmeler tarafından kuru incir yüzey dezenfektanı olarak görülmektedir. Bazı incir işleme tesislerinin küf ve maya sorununu bertaraf etmek için yıkama aşamasında değişik kimyasallardan yararlandığı bilgisi de alınmaktadır. Bazı modern incir işleme tesislerinde (Aydın ilinde üç işletme) yıkama işleminin dekontaminasyon amaçlı elektrolize yükseltgen su kullanılarak yapıldığı bilinmektedir [27].

İncir Araştırma Enstitüsü tarafından yürütülen bir proje kapsamında, elektro aktivite suyun (EAS) kuru incir ve incir işletmelerinde oluşabilecek mikrobiyal problemler üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Yıkama aşamasında EAS kullanımının kuru incirde mikrobiyal popülasyonun azaltılmasında NaCl'ye kıyasla daha etkili olduğu bildirilmiştir. Elektro aktivite su, ekolojik açıdan temiz olması, yüksek derecedeki aktifliği sayesinde etkin temizleme işlemi gerçekleştirmesi ve düşük maliyetli olması gibi nedenlerle işletmeler tarafından tercih edilebilmektedir [28].

Kuru incirlerde mikrobiyal dezenfeksiyon ve dolaylı olarak ikincil mikotoksin üretiminin kısıtlanması ve de kısmen aflatoksin detoksifiyesi için yapılan çalışmalardan bir diğeri ise ozon uygulamasıdır. Ozonun, herhangi bir kalıntı bırakmadan moleküler oksijene hızlı bir şekilde ayrışması ve hasat sonrasındaki pestisit kalıntılarını ortadan kaldırması sebebiyle etkili bir yöntem olduğu düşünülmektedir. Literatürde gaz halindeki ozon ve ozonlanmış suyun, incirin mikrobiyal florası ve aflatoksin içeriği üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmalar mevcuttur. Ozonun kuru incirin organoleptik özellikleri ve besin değerleri üzerindeki etkilerini belirlemek için yapılan çalışmalar da halen devam etmektedir. Kuru incirde istenmeyen aflatoksin oluşumu ve hasare hasarını önlemek amacıyla ozon gazlı depolama odaları da kullanılabilir [29]. Ozon uygulamasının ele alındığı çalışmalar incelendiğinde; Akbaş ve Özdemir [30], kuru incirlerde oluşabilecek olan *Escherichia coli*, *Bacillus cereus* ve sporlarını azaltmak amacıyla ozonlama yöntemini uygulamışlardır. Kuru incirler, *E. coli*, *B. cereus* ve *B. cereus* sporları ile steril torbalarda gram örnek başına 10^7 koloni oluşturan birim (kob g^{-1}) seviyesinde olacak şekilde inoküle edilmiş ve ozonlamadan önce $25^{\circ}C$ 'de 1 saat kurumaya bırakılmıştır. Hazırlanmış olan numunelere $20^{\circ}C$ 'de, %70 bağıl nemde ozon uygulaması gerçekleştirilmiştir. İstatistik olarak önemli ($p<0.05$) derecede *E. coli* ve *B. cereus* sayısındaki azalma düşük ozon konsantrasyonlarında (<1 ppm) meydana gelirken, kurutulmuş incir örneklerinde *B. cereus* sporlarının azalması daha yüksek ozon konsantrasyonlarında gerçekleşmiştir (>1 ppm). Ozonlama işlemlerinden sonra kuru incirin renk, pH değeri ve nem içeriklerinde önemli değişiklikler gözlenmemiştir. Ozonlama işlemi özellikle kuru incirdeki vejetatif hücrelerin azaltılmasında etkili olmuş ve kuru incirin dekontaminasyonu için ümit verici bir yöntem olarak görülmüştür. Duyusal açıdan değerlendirildiğinde ozonlu ve ozonlanmamış kuru incirlerin tatlılık, lekelenme, lezzet ve görünümleri arasında belirgin bir fark gözlenmemiştir. Benzer şekilde Zorlugenç ve ark. [29], kuru incirin mikrobiyal florası ve aflatoksin içeriği üzerine ozon gazının ve ozonlanmış suyun etkisini araştırmışlardır. Kuru incirler 13.8 mg/L ozon gazı ve 1.7 mg/L ozonlu suya ayrı ayrı 7.5, 15 ve 30 dk. maruz bırakılmış, uygulanan işlemlerin incirlerdeki mikrobiyal flora üzerinde meydana getirdiği değişimler gözlenmiştir. Ozon gazı ve ozonlu su uygulamalarının kuru incirde aflatoksin oluşumuna neden olan *A. flavus* ve *Aspergillus parasiticus*'u tamamen yok ettikleri bildirilmiştir. Aynı zamanda, ozonlama süresi arttıkça aflatoksin miktarında

azalmanın gerçekleştiği gözlenmiştir. Benzer bir diğer çalışmada Agriopoulou ve ark. [31], aflatoksin B1, B2, G1 ve G2 mikotoksinlerinin, düşük konsantrasyonlarda ozonlu solüsyonlarla muamele edilmesi sonucu aflatoksin miktarında önemli azalmaların meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Uygulanan ozon gazı konsantrasyonu, aflatoksin türleri üzerinde farklı etkiler göstermiştir. Öztekin ve ark. [32], kuru incirde mikrobiyal inaktivasyon için 5 ppm ve 10 ppm miktarlarında üç ve beş saat ozonlama işlemi uygulamışlardır. Kuru incir üzerindeki mikroorganizma sayısını azaltmak için 5 ppm'de en az üç saatlik bir işlemin gerektiği tespit edilmiştir. Toplam aerobik mezofilik mikroorganizma ve maya/küf sayımında, tüm koliform bakterilerin inaktive olduğu bu seviyede yaklaşık olarak sırasıyla %38 ve %72 seviyelerinde azalma gerçekleşmiştir. Ayrıca hasat sonrasında maya ve küf oluşumunun önlenmesi, ileriki aşamalarda oluşabilecek aflatoksin riskinin azalmasını da sağlamıştır. Öztekin ve ark. [33], yapmış oldukları diğer bir çalışmada, vakum uygulaması ile beraber gerçekleştirilen ozon uygulamasının kuru incirin mikrobiyal florası ile aflatoksin B1 üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda vakum uygulamasının ozon gazının biyolojik etkinliğini artırdığı tespit edilmiştir. Farklı sürelerde (1, 2 ve 4 saat) yapılan vakum uygulaması ve sonrasında gerçekleştirilen ozon uygulamasıyla kuru incirin mikrobiyal yükü azaltılmış olup aflatoksin B1 miktarında azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışmalar göz önüne alındığında ozonlama işleminin kuru incirde mikrobiyal yük ve aflatoksin kontrolünün sağlanmasında uygulanabilecek alternatif bir yöntem olduğu ifade edilebilir.

Kuru incirde özellikle yüzey dezenfeksiyonun sağlanması amacıyla ışınlama yöntemi de kullanılabilir. Bu yöntemin kullanımıyla ilgili yapılan bir çalışmada Çetinkaya ve ark. [34], ambalajlanmış kuru incir örneklerini 0.5 - 1.0 kGy arasında değişen doz oranı ile ışınlamaya tabi tutmuşlardır. Işınlamadan sonraki altıncı günde ilk analizler yapılmış, ardından bir, iki ve üç aylık depolama sonrası analizler yapılmıştır. Sonuçlar, düşük dozlarda radyasyonun kuru incirin duyusal özellikleri üzerinde herhangi bir yan etkisi olmaksızın hasat sonrası mikrobiyal yükün kontrolünde etkili olduğunu göstermiştir. Bir aydan daha uzun depolama süreleri için 0.75 ve 1.0 kGy dozları, ticari olarak paketlenmiş kuru incirlerde minimum uygulanan dozlar olarak belirlenmiştir.

Kuru incirde bir diğer önemli risk faktörü olarak görülen ambar zararlılarının bertaraf edilmesinde uygulanmakta olan fumigasyon aşaması da son ürün kalitesi açısından oldukça önemlidir. Kuru incir fumigasyonunda MeBr gibi bazı kimyasalların kullanımının sınırlandırılması veya yasaklanması sonucunda gıda endüstrisi MeBr'in yerini alacak alternatif yöntemler geliştirmeye başlamıştır. Bu kapsamda kimyasal (fosfin, karbonil sülfid, sülfürl 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 denenme aşamasındadır [7, 35-37]. Bu amaçla

gerçekleştirilen çalışmalara bakıldığında MeBr'e alternatif olarak yeni yöntemlerin geliştirildiği gözlenmektedir. İncir endüstrinde ilerleyen teknoloji ile beraber alternatif yöntemlerin uygulanması sonucunda kaliteli kuru incir üretiminin gerçekleşmesi hedeflenmektedir. Bu konuda yapılmış olan çalışmalar incelendiğinde Yatkın ve ark. [38], ECO₂Fume (%2 oranında fosfin içeren) isimli silindirik gaz fosfin preparatının tek başına ve vakumla beraber 24 saat uygulanması sonucu, *Carpophilus hemiptus*'un yumurta, larva, pupa ve ergin evrelerinin tamamen ortadan kaldırılabildiklerini tespit etmişlerdir. Kuru incirin önemli bir bölümünü işleyen ve ihraç eden üreticilerin çoğunun vakumlu fumigasyon sistemlerine sahip olması nedeniyle bu yöntemin hayata geçirilmesinde teknik bir altyapı sorunu olmayacağı ve yöntemin yaygın olarak kullanılabileceği değerlendirilmektedir. Çalışmada elde edilen sonuçlar, 24 saatlik fumigasyon gereksinimini karşılaması bakımından ECO₂Fume isimli silindirik fosfin preparatının uygulamada başarıyla kullanılabileceğini ve kuru incir üretiminde MeBr'in yerini alabileceğini göstermektedir. MeBr alternatiflerinin kuru incir sektöründe uygulanabilirliği teknik ve ekonomik açıdan değerlendirildiğinde bazı uygulamaların kalitede istenmeyen değişimlere sebep olmasından dolayı kullanılması tavsiye edilmemektedir. Örneğin, alüminyum fosfit uygulamasının kuru incirde istenmeyen renk değişimlerine yol açması sebebiyle magnezyum fosfit (MgPH₃) uygulaması ön plana çıkmaktadır. Bu amaçla MeBr'e alternatif olarak önem kazanan MgPH₃ ile ilgili yapılan bir çalışmada [35], çadır altında 3 ve 5 gün 600 ppm ve 5 gün 1000 ppm fosfin uygulamalarının kuru incir meyve kalitesi üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Fosfin uygulamalarından 3 ve 5 gün süreyle 600 ppm fosfin uygulamasının kalite parametrelerine olumsuz bir etkisi gözlenmemiştir. Fakat 5 gün süreyle 1000 ppm fosfin uygulamasının kabukta meydana getirdiği kısmi zararlanmalardan dolayı kalitede bazı olumsuzluklara sebep olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle uzun süre ve yüksek konsantrasyondaki fosfin uygulamasının kuru incir sektöründe kullanımı önerilmemektedir. Ayrıca yüksek konsantrasyonda gerçekleştirilen uygulamaların incir zararlılarının fosfine karşı direnç gelişimi oluşturabilme riskini de arttırdığı gözlenmiştir. Benzer şekilde Athanassiou ve ark. [39], kuru incirde uygulanan düşük basınçta fosfin fumigasyonunun depo zararlıları üzerindeki öldürücü etkisini araştırmışlar ve bu amaçla 18, 48 ve 72 saat düşük basınçta fosfin uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Fungusların tamamen inhibisyonu, *Oryzaephilus surinamensis* ve *Tribolium confusum* türleri için sırasıyla 48 ve 72 saat yapılan düşük basınçlı fosfin uygulamasıyla elde edilmiştir.

Kuru incir üretiminde depolama sürecindeki haşereleri kontrol etmek amacıyla uygulanan bir diğer yöntem ise kontrollü atmosferde ısıl işlem uygulamasıdır. Bu uygulama, kurutulmuş meyve kalitesi üzerinde olumsuz etki yaratmaması ve kuru incirin nem içeriği, renk ve tekstürü üzerinde ise olumlu etkiler oluşturması nedeniyle metil bromite iyi bir alternatif olarak ortaya çıkmaktadır [40]. Kontrollü atmosfer uygulamasıyla ilgili yapılan bir çalışmada Şen ve ark. [40], yüksek sıcaklıkta (41°C), kontrollü atmosferin (%1±0.5 oranında O₂

azaltılmış), kuru incir depo zararlılarından olan incir güvesi (*Ephesia cautella*), Hint yemeği güvesi (*Plodia interpunctella*) ve kurutulmuş meyve böceği (*Carpophilus spp.*) üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Uygulanan işlemlerden hemen sonra ve dört aylık bir depolama sonrasında metil bromit ile muamele edilen kuru incirlerle karşılaştırma yapılmıştır. Test edilen haşere türlerinin %100 kontrolü sağlandığı için kontrollü atmosfer uygulamasının metil bromite alternatif olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir. Yüksek konsantrasyonda karbondioksit uygulamaları ise normal atmosferik koşullarda kullanıldığında uygulama süresinin uzun oluşu (3 - 10 gün) ile daha ziyade organik kuru incir üretimiyle sınırlı kalmış; yüksek basınçla birlikte kullanımında ise maliyetinin çok yüksek olması nedeniyle zorunlu haller dışında kullanım olanağına kavuşmamıştır.

Son yıllarda yapılan çalışmalara bakıldığında bilgisayar tabanlı otomatik görüntü sistemleri, geleneksel olarak pahalı, zaman alıcı ve yoğun emek gerektiren manuel inceleme teknikleriyle yapılan gıda kalite değerlendirmelerine kıyasla daha hızlı ve güvenilir bir yöntem olarak ortaya çıkmaktadır. Bu sistemlerden birisi olan hiperspektral görüntüleme tabanlı kontrol sistemi (HSI), her bir incir örneğinin konveyör bandı için 10 ms'lik bir pozlama süresi ve 0.6 rpm'lik devir sayısı ile elde ettiği görüntüleri işlemektedir. Dakikada 7 - 12 incir arasında değişen bir insan değerlendirmesinin çıktısı ile kıyaslandığında, HSI uygulamasının operasyonel bir sistem için elverişli olduğu düşünülmektedir. Ortaç ve ark. [41], yapmış oldukları çalışmada küf enfeksiyonlarına eğilimli olan kuru incirin değerlendirilmesi için yansıtma ve geçirgenlik özelliklerine dayanan HSI'yi uygulamışlardır. Yansıtma moduyla ürün dış yüzeyi, geçirgenlik modu ile ise kuru incirin iç görüntüleri elde edilebilmektedir. Sistemin geçirgenlik özellikleri kullanılarak kurutulmuş incirlerin içinde kirlenmenin olup olmadığı tespit edilmiştir. Yansıtma moduna kıyasla, geçirgenlik modunda incir ve ışık kaynağının doğru hizalanmaması gibi çeşitli zorluklar mevcuttur. Yansıtma ve geçirgenlik modlarının verimli bir şekilde birleştirilmesiyle gelecekteki HSI sisteminin, sağlam, temiz, canlı haşerelerden ve küflerden arındırılması gibi düzenlemeleri içerip kuru incir için tam bir kalite kontrol sistemi sağlaması beklenmektedir. Benzer şekilde kuru incirin kalite kontrolünü ve sınıflandırmasını geliştirmek amacıyla bilgisayar vizyonuna dayalı otomatik sistemlerin gelişimi üzerinde duran Benalia ve ark. [42], bu amaçla incirin renk değerlendirmesi yoluyla nitel ayırımına dayalı deneysel bir çalışma ile incirlerin görüntü işleme algoritmalarını geliştirmişlerdir. Her örneğin esmerleşme indeksi ölçümü CIE XYZ, CIELAB ve HunterLab renk ölçüm cihazları ile ifade edilmiş ve daha sonra PCA ve PLS-DA bazlı yöntemler kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Hem renk ölçer hem de görüntü analizinin, yüksek kaliteli kuru incirler ve rengi kötüleşmiş olanlar arasında renk parametrelerine göre etkin bir ayırım yapılmasına izin verdiği görülmüştür. Kalkan ve ark. [43], floresan ve multispektral görüntüleme kullanarak aflatoksin ile kontamine olan incirleri tespit etmişlerdir. Görüntüleme işlemleriyle incirlerin floresans düzeyi, yüzeydeki küf

konsantrasyonu ve aflatoksin seviyeleri incelenmiş; küf konsantrasyonu ile parlak yeşilimsi sarı floresans (BGYF) ve aflatoksin arasında, ayrıca yüzey ile BGYF arasında güçlü bir korelasyonun olduğu belirlenmiştir. Kuru incir çoğunlukla aflatoksin üreten küflerden etkilenmekte ve bu küfler genellikle aflatoksin ile birlikte kojik asit de üretmektedir. Kojik asit, floresan bir bileşiktir ve ultraviyole (UV) ışığı altında BGYF sergiler. Bu floresan özelliğini kullanarak incir işleme tesisleri, işlenmiş incirin aflatoksin seviyesini azaltmak için pozitif BGYF sonuç veren incirleri elle seçmekte ve ayırmaktadır. Manuel seçim, aflatoksin ile kontamine olmuş örneklerin çıkarılmasının en etkili yolu olarak görülmektedir. Ancak, elle yapılan seçim sırasında işçiler UV ışınlarına maruz kalmakta ve bu durum da sağlıklarına neden olabilmektedir.

Uygulanan alternatif yöntemlere ek olarak soğuk plazma tedavisi, belirgin bir sıcaklık artışı olmadan kuru incirde oluşabilecek mikroorganizmaların inaktive edilmesine yardımcı olan yeni bir teknik olarak karşımıza çıkmaktadır. Soğuk plazma, ultraviyole fotonlar, elektronlar, pozitif ve negatif iyonlar, serbest radikaller ve uyarılmış veya uyarılmamış moleküller ve atomlar gibi enerjik reaktif türler içermektedir. Mikrobiyal hücre zarlarının reaktif türler veya UV ile yüzey erozyonuna uğratılması, soğuk plazma tekniğinde mikroorganizmaların inaktivasyonunda kullanılan mekanizmalardır. Soğuk atmosferik basınç plazması ve düşük enerji elektron ışını da kuru gıda yüzeylerinde mikrobiyal inaktivasyon için ümit vaat eden iki yenilikçi teknolojidir [44].

Kuru incir üretiminde mikrobiyal faaliyetlerin sınırlandırılmasına yönelik yapılan çalışmaların yanı sıra uygulanan kurutma işleminin de son ürün kalitesi açısından önemli olduğu düşünülmektedir. Bu amaçla yapılan bir çalışmada Şahin ve Öztürk [45], ön işlem olarak darbeli vakum ozmotik dehidrasyon (PVOD) tekniği uygulanmış ve uygulanmamış olan Sarılop (*Ficus carica* L.) çeşidi incirlerin kurutma kinetiklerini karşılaştırmışlardır. Ön işlem görmüş incirlerin kurutma süreleri ön işlem görmemiş incirlerden daha kısa sürmüştür, böylece PVOD tekniğinin kurutma süresini kısalttığı belirlenmiştir. Ayrıca PVOD işleminin kurutma esnasında ek maliyetlerin azaltılması gibi ekonomik avantajlara sahip olduğu ifade edilmiştir. Kuru incirler duysal açıdan değerlendirildiğinde ise örnekler arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı ($P > 0.05$) görülmüştür. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda PVOD tekniğinin kullanımının kontrollü şekilde üretime olanak sağladığı için kuru incir üretiminde kullanılabilir ve uygun olduğu ifade edilmiştir.

SONUÇ

Kuru incir ülkemizin önemli ihracat ürünlerinden birisi olup "Türk Kuru İnciri" / "Ege İnciri" / "Aydın İnciri" gibi markalar ile dünyada değer bulmuştur. Marka değerinin ve ürün kalitesinin korunması ve geliştirilmesi adına üretimde en uygun şartların oluşturulması gerekmektedir. Kuru incir üretiminde çeşitli risk faktörlerinin bulunması, kuru incirin kalitesini dolayısıyla ticaretini olumsuz etkilemektedir. Kaliteli son ürün elde

edilebilmesi açısından bu risk faktörlerinin yok edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla gerçekleştirilen bazı geleneksel yöntemlere gelen kısıtlamalar alternatif yeni yöntemlerin geliştirilmesine olanak tanımıştır. Gelişmekte olan teknoloji de göz önüne alınarak daha güvenilir ve daha hızlı yöntemlerin uygulanabilirliği test edilerek kuru incirde mikrobiyal ve duysal kalitenin istenen seviyelerde olması için ileri çalışmaların da yürütülmesi gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Atik, A. (2012). Aydın ilinde doğal olarak kurutulan, geleneksel ve endüstriyel işlenen incirlerin bazı özellikleri ve aflatoksin içerikleri. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 75 s.
- [2] Somuncuoğlu, Ş. (2007). Kuru incirde siklopiazonik asit varlığının ve miktarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 60 s.
- [3] Anonim. (2018). 2017 yılı kuru incir raporu. Türkiye Cumhuriyeti Gümrük ve Ticaret Bakanlığı Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü, Ankara.
- [4] Anonim. (2017). Kuru incir sektör raporları. Türkiye Cumhuriyeti Ekonomi Bakanlığı, Ankara.
- [5] Çalışkan, O., Polat, A.A. (2012). Morphological diversity among fig (*Ficus carica* L.) accessions sampled from the eastern mediterranean region of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 36, 179-193.
- [6] Yıkılmaz, F. (2007). Tekirdağ ilinde satışa sunulan kuru incirlerde aflatoksin varlığı. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 58 s.
- [7] Şen, L., Nas, S. (2010). Kuru incir, üzüm ve kırmızı biberlerde mikotoksin varlığı. *Akademik Gıda*, 8(3), 24-32.
- [8] Göçmez, A., Seferoğlu, H.G. (2014). Sofralık ve kurutmalık incir kalite kriterleri ve kaliteyi etkileyen faktörler. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 1, 98-108.
- [9] Yaşartürk, Z.E. (2016). Sarılop incir çeşidinde bazı uygulamaların meyve kalitesi üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın, 99 s.
- [10] EİB. (2017). Ege kuru meyve ve mamülleri ihracatçıları birliği ocak-aralık sektör raporu. <http://upload.eib.org.tr/20150512/00000000004256.pdf>.
- [11] Ortaç, G., Bilgi, A.S., Taşdemir, K., Kalkan, H. (2016). A hyperspectral imaging based control system for quality assessment of dried figs. *Computers and Electronics in Agriculture*, 130, 38-47.
- [12] Kabak, B. (2016). Aflatoxins in hazelnuts and dried figs: occurrence and exposure assessment. *Food Chemistry*, 211, 8-16.
- [13] Anonim. (2006). TS 541 kuru incir standardı. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 16 s.
- [14] Avşar, D., Yalçın, İ. (2007). Aydın yöresindeki incir işletmelerinin yapısal durumunun belirlenmesi. *ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(1-2), 63-67.

- [15] Arpacı, S., Konak, R., Çiçek, E. (2018). A national value: Turkish figs. XXX. *International Horticultural Congress*, August 12-16, 2018, İstanbul, Turkey, Book of Proceedings, 16-22p.
- [16] Aksoy, U. (2012). Kuru incir yetiştiriciliği ve aflatoksin yönetimi el kitabı. 1. Basım. İzmir, 70 s.
- [17] Karbancıoğlu Güler, F. (2008). İncirde okratoksin A ve fumonisin oluşumunun incelenmesi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 186 s.
- [18] Günal, N. (2008). Türk Dünyasında incir kültürü. *International Periodical For the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 3, 5.
- [19] Karaca, H. (2005). Kuru İncirlerin aflatoksin, patulin, ergosterol içeriği ve farklı koşullarda aflatoksinlerin parçalanma düzeyleri. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 122 s.
- [20] Anonim. (2018a). <http://www.haktes.com.tr/kuru-incir-uretim.html>_27.10.2018).
- [21] Bircan, C., Barringer, S.A., Ulken, U., Pehlivan, R. (2008). Increased aflatoxin contamination of dried figs in a drought year. *Food Additives and Contaminants*, 25(11), 1400-1408.
- [22] Gürhayta, O.F., Çağındı, Ö. (2015). Kurutulmuş meyvelerde aflatoksin ve okratoksin varlığının ve sağlık üzerine etkilerinin değerlendirilmesi. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 12(2), 327-338.
- [23] Heperkan, D., Somuncuoğlu, Ş., Karbancıoğlu-Güler, F., Mecik, N. (2012). Natural contamination of cyclopiazonic acid in dried figs and co-occurrence of aflatoxin. *Food Control*, 23, 82-86.
- [24] Tütüncü, Ş., Emekçi, M. (2014). Kuru incir zararlısı *Carpophilus hemipterus* (L), (*Coleoptera nitidulidae*)'un değişik yaşlı pupalarına fosfin gazının etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 20, 399-405.
- [25] Doğan, Ö. (2009). Bazı fungusitlerin incir iç çürüklüğü hastalığı etmeni *Fusarium* spp.'ye etkilerinin saptanması. Doktora Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın, 81 s.
- [26] Doğan, Ö., Benlioğlu, S. (2011). Erkek incirlerin boğa meyvelerinde incir iç çürüklüğü hastalığının bulunma oranlarının belirlenmesi. *Bitki Koruma Bülteni*, 51(3), 277-285.
- [27] Anonim. (2018c). <https://arastirma.tarim.gov.tr/incir/Belgeler/dergi/24-25.pdf>_12.11.2018).
- [28] Yamaner Ç., Tan, N., Kösoğlu, İ., Konak, R., Dimoğlu, A. (2013). Kuru incir mikrobiyal popülasyonunun kontrolünde elektro aktive suyun (EAS) etkisi. 8. Gıda Mühendisleri Kongresi, 7-9 Kasım 2013, Başkent Öğretmenevi, Ankara, 56 s.
- [29] Zorlugenç, B., Kiroğlu Zorlugenç, F., Öztekin, S., Evliya, I.B. (2008). The influence of gaseous ozone and ozonated water on microbial flora and degradation of aflatoxin B1 in dried figs. *Food and Chemical Toxicology*, 46, 3593-3597.
- [30] Akbaş, M.Y., Özdemir, M. (2008). Application of gaseous ozone to control populations of *Escherichia coli*, *Bacillus cereus* and *Bacillus cereus* spores in dried figs. *Food Microbiology*, 25, 386-391.
- [31] Agriopoulou, S., Koliadima, A., Karaiskakis, G., Kapolos, J. (2016). Kinetic study of aflatoxins' degradation in the presence of ozone. *Food Control*, 61, 221-226.
- [32] Öztekin, S., Zorlugenç, B., Kiroğlu Zorlugenç, F. (2006). Effects of ozone treatment on microflora of dried figs. *Journal of Food Engineering*, 75, 396-399.
- [33] Öztekin, S., Işıkber, A.A., Zorlugenç, B., Kiroğlu-Zorlugenç, F., Ulusoy, R., Satar, S., Evliya, B., Fenercioğlu H. (2007). Ozon uygulamasının kuru incirde mikrobiyal flora, aflatoksin B1 ve değirmen güvesi (*Ephestia kühniella zeller*) üzerinde etkileri. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 3(3), 169-177.
- [34] Çetinkaya, N., Özyardımcı, B., Denli, E., İc, E. (2006). Radiation processing as a post-harvest quarantine control for raisins, dried figs and dried apricots. *Radiation Physics and Chemistry*, 75, 424-431.
- [35] Meyvacı, K.B., Şen, F. (2007). Magnezyum fosfit uygulamalarının kuru incir meyve kalitesine etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 44(1), 29-40.
- [36] Johnson, J.A., Valero, K.A., Hannel, M.M., Gill, R.F. (2000). Seasonal occurrence of postharvest dried fruit insects and their parasitoids in a culled fig warehouse. *Journal of Economic Entomology*, 93(4), 1380-1390.
- [37] Schneider, S.M., Roskopf, E.N., Leesch, J.G., Chellemi, D.O., Bull, C.T., Mazzola, M. (2003). United States department of agriculture-agricultural research service research on alternatives to methyl bromide: pre-plant and post-harvest. *Pest Management Science*, 59, 814-826.
- [38] 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, Ankara, 56 s.
- [39] Athanassiou, C.G., Rumbos, C.I., Sakka, M., Sotiropoulos, V. (2016). Insecticidal efficacy of phosphine fumigation at low pressure against major stored-product insect species in a commercial dried fig processing facility. *Crop Protection*, 90, 177-185.
- [40] Sen, F., Meyvacı, 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, 28-33.
- [41] Ortaç, G., Bilgi, A.S., Taşdemir, K., Kalkan, H. (2016). A hyperspectral imaging based control system for quality assessment of dried figs. *Computers and Electronics in Agriculture*, 130, 38-47.
- [42] Benalia, S., Cubero, S., Prats-Montalbán, J.M., Bernardi, B., Zimbalatti, G., Blasco, J. (2016). Computer vision for automatic quality inspection of dried figs (*Ficus carica* L.) in real-time. *Computers and Electronics in Agriculture*, 120, 17-25.
- [43] Kalkan, H., Güneş, A., Durmuş, E., Kuşçu, A. (2014). Non-invasive detection of aflatoxin-contaminated figs using fluorescence and multispectral imaging. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 31(8), 1414-1421.

- [44] Lee, H., Kim, J.E., Chung, M., Min, S.C. (2015). Cold plasma treatment for the microbiological safety of cabbage, lettuce, and dried figs. *Food Microbiology*, 51, 74-80.
- [45] Şahin, U., Öztürk, H.G. (2016). Effects of pulsed vacuum osmotic dehydration (PVOD) on drying kinetics of figs (*Ficus carica* L.). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 36, 104-111.
-