

BAHARATIN MİKROBİYEL YÜKÜNÜ AZALTMADA KULLANILAN YENİ YÖNTEMLER

Esra Altıparmak Ergin¹, N. Nilüfer Demirel Zorba^{2*}

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği ABD, Çanakkale

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Çanakkale

Geliş tarihi / Received: 26.12.2014

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 25.02.2015

Kabul tarihi / Accepted: 01.04.2015

Özet

Baharat yoğun olarak tüketilen doğal gıda katkı maddeleridir. Ancak baharatın mikrobiyel yükleri veya mikotoksin içeriği yasal sınırların üzerinde olabildiğinden tüketimi sakıncalı hale gelebilmektedir. Bu durumda ihracatı yapılan ürünler diğer ülkelerde de kabul edilmemekte ve ekonomik kayıplar artmaktadır. Bu nedenle baharatın mikrobiyel yükünü azaltmada farklı işleme yöntemleri denenerek bu sorunlar giderilmeye çalışılmaktadır. Geleneksel buhar sterilizasyonuna alternatif olarak kullanılan ışınlama, elektriksel ısıtma, ozonlama, soğuk plazma ve yüksek basınç yöntemleri çeşitli baharatla yapılan çalışmalara konu olmuş ve bazı uygulamaların sonrasında mikroorganizmalar üzerinde etkili sonuçlar alınmıştır. Değişik konsantrasyon ve dozlarda uygulanan söz konusu yöntemler mikroorganizma yükünü azaltmış, ancak baharatın besinsel ve duyuşsal özelliklerinde bir takım değişikliklere neden olmuştur. Bu nedenle baharatın mikrobiyel yükünü azaltmada kullanılacak, maliyet açısından uygun, duyuşsal özellikler üzerinde en az değişikliğe neden olacak yöntemlerin geliştirilmesi üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Bu makalede yeni yöntemlerin baharatın mikrobiyel yükü üzerine etkileri derlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Baharat, mikrobiyel yük, yeni teknolojiler

APPLICATION OF NEW TECHNOLOGIES FOR DECONTAMINATION OF SPICES

Abstract

Spices are natural food additives with high consumption. However, the microbial load or mycotoxin content of spices could be above the permitted limits and sometimes consumption of them becomes unsafe. In this case, exports of these products are not also accepted by other countries and this increase economic losses. Therefore, these problems are tried to overcome by using different processing methods. Irradiation, electrical heating, ozone, high pressure and cold plasma methods as alternative methods to steam sterilization have been the subject of studies with various spices. Effective inactivation of microorganisms was reported in some methods. However, application of some of these methods at high concentration or dosages causes decrease in the nutritional and sensory quality of spices. Therefore, the studies continue to develop methods those are cost- effective, causing least change on organoleptic characteristics and effective in inactivation of microorganisms. In this review, effects of these methods on spices's microbial loads were summarized.

Keywords: Spice, microbial load, novel technologies

*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ dnukhet@comu.edu.tr, © (+90) 286 218 0018 – 2260, ☎ (+90) 286 218 0541

GİRİŞ

Genellikle bitki yaprakları, çiçekleri, tohumlarından oluşan baharat, belirli koku ve lezzetleri olan, iştah açmak, sindirimi kolaylaştırmak, şifa bulmak ve koruyucu amaçlarla kullanılan gıda katkı maddeleridir. Baharat ve aromatik bitkiler ülkelerin ekonomi ve kültürlerinin gelişmesini etkilemiş ve savaşlara sebep olmuştur. Baharata 13. yüzyılda altın kadar kıymet verilmiş, para olarak kullanılmıştır. Ayrıca baharat, ülkeleri yeni ticaret yolları araştırmaya itmiş ve yeni kıtaların keşfedilmesini sağlamıştır (1).

Baharat sözcüğünün İngilizcesi olan "spices" kelimesinin, Latince "species" yani "dünya meyveleri" anlamına gelen kelimedenden türediği bildirilmiştir. Türkçede ise anlamını "baharlı bitkiler" den aldığı bildirilmektedir (1).

Baharat hem ülkemizde hem de dünyada tüketimi fazla olan doğal gıda katkı maddeleridir. Ancak mikrobiyel yükleri ve içerdikleri mikotoksinler nedeni ile gıda güvenliği açısından riskli ürünlerdir. Üretim şekillerine göre kök, yaprak veya bitkinin farklı bölgelerinden elde edilmelerine bağlı olarak değişik mikrobiyel floraya ve yüke sahiptir. Gıda üretiminde hammaddenin ve katkı maddelerinin mikrobiyel yükünün son ürüne yansıyor olması, baharatın mikrobiyel kalitesinin önemini arttırmıştır.

Baharat, su aktivitesi düşük olduğundan çabuk bozulan gıdalar değildir ancak su aktivitesi yüksek olan gıdalarla karıştırıldığında mikrobiyel risk de artmaktadır (2). Baharat kaynaklı besin zehirlenmelerinin artmasıyla çalışmalar baharatın mikrobiyel yükü ve dekontaminasyonu üzerinde yoğunlaşmıştır (3-5). Bu derlemede baharatın mikrobiyel yükleri hakkında yapılan çalışmalar incelenmiş ve baharatın mikrobiyel yükünü azaltmada uygulanan yöntemlerden bahsedilmiştir.

BAHARATIN MİKROBİYEL YÜKÜ ÜZERİNE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Ülkemizde ve farklı ülkelerde satışa sunulan baharatın mikrobiyolojik kalitesi üzerine çalışmalar yapılmıştır. Tekirdağ ilinde yapılan bir çalışmada çeşitli baharatın toplam mezofilik aerobik sayısının 10^2 – 10^8 KOB/g, koliform sayısının 0 – 10^4 KOB/g, küf ve maya sayısının 10^2 – 10^6 KOB/g ve sporlu bakteri sayısının 10^4 ile 10^6 KOB/g aralığında değiştiği belirlenmiştir (6). Özkızılçık ve ark. (7)

İzmir'de satışa sunulan kekik, kimyon ve benzeri baharatta toplam mezofilik aerobik sayısının 10^2 ile 10^8 KOB/g aralığında olduğunu bildirmişlerdir (7).

Diğer ülkelere baktığımızda ise Hindistan'daki çeşitli baharatta toplam mezofilik aerobik sayısının 4 ile 9 log KOB/g aralığında olduğu görülmektedir. Ayrıca örneklerin çoğunda *Bacillus cereus* pozitif, olarak belirlenmiştir (8, 9). Mandell (10), Bahreyn'de satılan çeşitli baharatı incelemiş ve küf-maya yükünün 258–1462 KOB/g aralığında değiştiğini belirtmiştir.

Mısır'da yapılan bir çalışmada ise baharatın toplam mezofilik aerobik sayısı 10^6 – 10^8 KOB/g, koliform bakteri 10^1 – 10^3 KOB/g düzeyinde gözlenmiştir (11). İngiltere'de 2965 baharat örneği incelenmiş ve örneklerde *B. cereus* 1.0×10^4 – $2,3 \times 10^7$ KOB/g, *C. perfringens* $> 10^3$ KOB/g, *E. coli* 2.4×10^3 – 1.0×10^7 KOB/g olarak belirlenmiştir (12). Tahran'da ise baharat örneklerinin toplam mezofilik aerobik sayısının 10^2 ile 10^9 KOB/g, küf sayısının 10^2 ile 10^6 KOB/g aralığında değiştiği bildirilmiştir (13).

Çalışmalarda da görüldüğü gibi baharatın mikrobiyel yükü geniş bir aralıkta değişmektedir. Bunda baharat tipinin, yetiştirme ve üretim koşullarındaki hijyen şartlarının etkisi büyüktür.

BAHARATIN MİKROBİYEL YÜKÜNÜN AZALTILMASINA YÖNELİK ÇALIŞMALAR

Gıda ürünlerinde mevcut olan mikroorganizmaların kontrolü için geçmişten günümüze kadar çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Bu yöntemler arasında en çok tercih edilen buhar sterilizasyonunun, baharatın mikrobiyel yükünü 2–5 log KOB/g düzeyinde azalttığı gözlenmiştir (14-18). Ancak, buhar ve ısı uygulaması baharatın görünümü ve aroması üzerinde olumsuz etki yapmakta ve küf bulaşma riskini arttırmaktadır (3). Diğer yandan etilen oksit uygulaması, baharatta kalıntı bıraktığı için yerini yeni yöntemlere bırakmaktadır (1). Bu nedenle araştırmacılar gelişen teknoloji ile birlikte, baharatın mikrobiyel yükünü azaltmada farklı yöntemler denemeye başlamıştır. Denenen yeni teknolojiler arasında ışınlama, elektriksel ısıtma yöntemleri, ozonlama, soğuk plazma ve yüksek basınç yöntemleri yer almış ve yapılan bazı uygulamaların sonrasında mikroorganizmalar üzerinde etkili sonuçlar alınmıştır. Söz konusu yöntemlerin baharatta uygulanmasına ilişkin çalışmalar sırasıyla açıklanmıştır.

Gama ışın uygulamaları

Gama ışınları mikroorganizmalarda DNA hasarına yol açarak inaktivasyon sağlar. Baharatın ışınlanmasında mikrobiyel yükü elimine edecek maksimum seviye uygulanırken ışınlamanın olumsuz etkilerini en aza indirecek seviyede uygulama yapılmaya çalışılmaktadır. Çünkü ışınlama sonucunda serbest radikaller, radyolitik ürünler ve bazı istenmeyen bileşiklerin oluşabildiği bildirilmiştir. Bunun yanı sıra tarçın ve karabiber gibi bazı çeşitlerin aroma verici bileşenlerinde azalma meydana gelebilmektedir (3). Diğer yandan yapılan bazı çalışmalarda baharatın lezzet ve aromasının ışınlama sonrasında önemli düzeyde etkilenmediği, indirgen şeker miktarında hafif artış olduğu belirtilmiştir (1).

Gıdalarda uygulanan ışınlama dozlarına bakıldığında 10 kGy gama radyasyonun baharatta ticari steriliteyi sağlamada yeterli olduğu görülmüştür. Baharatın işlendiği ortamların hijyenik olması durumunda ise 7 kGy'lik dozunda yeterli olduğu belirtilmiştir (13).

Szabad ve Kiss'in, 1979, kırmızı biberlerde yaptıkları çalışmada 5 kGy radyasyon dozu uygulanarak mezofilik aerobik bakteri sayısında 2.5 log KOB/g azalma gözlenmiştir. 11 kGy'e kadar yapılan uygulamalarda ise koliform grubu bakteriye rastlanmadığı bildirilmiştir (1). Diğer bir çalışmada ise baharata uygulanan 4–10 kGy dozda ışınlama sonucunda, karabiber, beyaz biber, zerdeçal ve fesleğende koliform grubu bakterilerin tamamen yok edildiği belirlenmiştir. 10 kGy dozdaki ışınlama sonucunda spor oluşturan bakteri sayısı 10^3 KOB/g'ın altına, 12–15 kGy dozda ise toplam aerobik bakteri sayısı kabul edilebilir seviyeye çekilebilmiştir (19).

Waje ve ark. (16), ışınlama (10 kGy) uyguladıkları karabiber örneklerini 4 ve 20 °C' de 6 ay depolamışlardır. Araştırmacılar, 4 °C'deki depolanan örneklerde toplam aerobik bakteri sayısında 4 log KOB/g, koliform sayısında 5 log KOB/g, küf ve maya sayısında 3 log KOB/g azalma belirlemişlerdir. 20 °C'deki örneklerde ise toplam aerobik bakteri sayısında 3 log KOB/g, koliform sayısında 2 log KOB/g, küf ve maya sayısında 1 log KOB/g azalma olduğunu gözlemlemişlerdir.

Yapılan diğer bir çalışmada Sadecka (17), karabiber örneklerine gama ışını (5 kGy, 10 kGy ve 30 kGy) uygulamıştır. Uygulama sonrasında tüm dozlarda toplam canlı sayısında 6 log KOB/g, koliform sayısında ve küf -maya sayısında 1 log KOB/g azalma gözlemlemiştir.

Mikrobiyel yükteki azalmanın yansira uçucu bileşenlerde de azalma olduğu görülmüştür. Tarçın örnekleriyle yapılan bir çalışmada 0, 5, 10, 15, 20 ve 25 kGy ışın uygulanmıştır. Uygulama sonrasında örneklerdeki uçucu bileşiklerde yaklaşık % 56 – % 89.5 düzeyinde önemli bir azalma meydana geldiği belirlenmiştir (20).

Mikrodalga Işın ve Radyo Frekansı Uygulamaları

Gıdaların özellikle su moleküllerinin hareketine neden olan mikrodalga ışınları, ısı çeşidi değil, bir enerji biçimidir. Moleküllerin hareketi sonucunda oluşan sürtünmenin etkisiyle ısı açığa çıkar. Mikrodalga ışınları gıda endüstrisinde 915 – 2450 MHz frekans aralığında kullanılmaktadır (21). Radyo frekans ısıtma ise belirli frekanslardaki elektromanyetik dalgalardan faydalanarak, ısının gıda içerisinde oluşturulduğu, mikroorganizmaları sıcaklık prensibine dayanarak inhibe eden, 13.56 – 27.12 ve 40.68 MHz frekanslarda uygulanan teknolojidir (22).

Kim ve ark.(23), *Salmonella* Typhimurium ve *Escherichia coli* O157:H7 inoküle ettikleri karabiber ve kırmızıbiber örneklerine 27.12 MHz radyo frekans ısıtma uygulamışlardır. Mikrobiyel yükün karabiber örneklerinde 50 s sürede 2.80 – 4.29 log KOB/g, kırmızıbiber örneklerinde ise 40 s sürede 3.38 – 5.0 log KOB/g düzeyinde azaldığını bildirmişlerdir.

Yerel marketlerden temin edilen çeşitli baharata ev tipi mikrodalga prosesi uygulanmıştır. 16 adet örnekte yapılan çalışmada başlangıç ortalama yükü aerobik mezofil bakteri sayısı 1.18×10^3 – 5.1×10^5 KOB/g, mezofil sporlu bakteri sayısı 1.2×10^2 – 1.2×10^4 KOB/g, küf ve maya sayısı ise 1.0×10^3 – 2.2×10^4 KOB/g olarak belirlenmiştir. Uygulama sonrasında küf ve maya sayısında 1– 3 log KOB/g arasında, aerobik mezofil bakteri sayısında 1–5 log KOB/g arasında düşüş olurken, spor oluşturan bakteri sayısında 1–2 log KOB/g azalma olmuştur (24).

Jeong ve Kang (25) farklı nem seviyelerine sahip kırmızı ve karabiberlere *E. coli* O157H7 ve *S. Typhimurium* inoküle ettikten sonra 27.12 MHz düzeyinde radyo frekans ısıtma uygulamışlardır. Mikroorganizmaların 7 log KOB/g düzeyinde inhibe olduğunu ve nem miktarları arttıkça inhibisyonun daha kısa sürede sağlandığını belirtmişlerdir.

Kızılötesi (infrared) Işın Uygulamaları

Kızılötesi ışınları, dalga boyu mikrodalga ışınlardan daha kısa (750 nm ile 1 mikrometre) olan elektromanyetik ışınlardır. Kızılötesi radyasyonun

en çok hasar verdiği yapının proteinler olduğu, onları sırasıyla RNA, hücre duvarı ve DNA takip ettiği gözlenmektedir (26).

Kırmızıbiberlere 5 kW/m² orta dalga kızılötesi ve 11 kW/m² kısa dalga kızılötesi ışınları uygulandıktan sonra farklı su aktivitesindeki örneklerin mikrobiyel yükündeki değişime bakılmıştır. *B. cereus* spor sayısında 0.96 su aktivitesinde 5 kW/m² orta dalga kızılötesi uygulama sonrasında 5 log KOB/g azalma gerçekleşmiş, 11 kW/m² kısa dalga kızılötesi ışın uygulaması sonrasında ise 6 log KOB/g azalma saptanmıştır (27).

Karabiber tanelerinde yapılan çalışmada uzun dalga kızılötesi ışın uygulamasının mikrobiyel yüke etkisi araştırılmıştır. Örneklerin toplam mezofilik aerobik bakteri sayısının 300°C'de 4.7 dakika uygulama sonrasında, 350°C'de ise 3.5 dakika uygulama sonrasında 4 log KOB/g düzeyinde azaldığı belirlenmiştir (28).

Diğer bir çalışmada ise 7 log spor/g *B. cereus* ile inoküle edilen kırmızıbiberlere kısa dalga kızılötesi ışın uygulandıktan sonra 0.76 ve 0.84 su aktivitesinde 7°C'de depolanmıştır. Depolamanın 4 aylık test periyodu sonunda ise *B. cereus* seviyesinin 2–3 log spor/g aralığında seyrettiği belirlenmiştir (29).

Kekik yapraklarına (aw: 0.88) uygulanan kısa dalga kızılötesi ışınlarının *B. cereus* sporlarını 5.6 log KOB/g düzeyinde azalttığı bildirilmiştir (30).

Ozon Uygulamaları

Ozon atmosferde doğal halde bulunan bir maddedir. Ozon uygulamalarının gıda endüstrisindeki kullanım avantajları düşük konsantrasyonda etkili olması, temas süresi ve yarılanma ömrünün nispeten kısıtlılığı, keskin kokusu nedeniyle çabuk fark edilebilmesi, çabuk parçalandığından çevreye zararsız olması, kanserojen veya mutajen olmamasıdır. Molekül halindeki ozon veya ozonun ayrılan hidroksil radikal gibi ürünleri kalıntı bırakmadan mikroorganizmaları hızlı bir şekilde inaktive edebilmektedir. Gıda endüstrisinde uygulanabilirliği açısından birçok avantajı vardır fakat yüksek dozda ozon kullanımı gıdaların kalite parametrelerinde istenmeyen sonuçlara neden olabilmektedir (31).

Zhao ve Cranston 1999'un tane karabiber örneklerine 6.7 mg/l ozonu 6 saat gaz şeklinde uyguladıktan sonra örneklerde toplam canlı sayısında 6 log KOB/g azalma saptadıkları bildirilmiştir. Diğer bir çalışmada ise *E. coli*,

B. cereus ve *B. cereus* sporları inoküle edilen kırmızıbiberler 20 °C ve % 70 nemde ozon gazı ile muamele edilmiştir. Örnekler 1.0 ppm ozon gazı 360 dakika süre ile uygulandığında *B. cereus* ve *E. coli* sayısı 1.5 ve 2 log KOB/g azalırken, 7.0 mg/l ozon gazı 360 dakika uygulandığında ise *B. cereus* sporlarında 1.5 log KOB/g azalma tespit edilmiştir (32).

Asill ve arkadaşları (33), kekik, nane, kedi otu, sater otu gibi tıbbi bitkilere farklı konsantrasyon ve sürede ozon gazı uygulamışlardır. Bu çalışma sonucunda ozon gazı uygulama süresi ve konsantrasyonu arttıkça mikroorganizma sayılarında daha fazla düşüş olduğu saptanmıştır. Ayrıca ozon gazının küf ve mayalar üzerinde diğer mikroorganizma grupları göre daha etkili olduğu görülmüştür.

Yapılan diğer bir çalışmada ise kurutulmuş keklik otuna 2.8 ve 5.3 mg/l ozon gazı 30, 60, 90 ve 120 dakika uygulanmıştır. 120 dakika 2,8 mg/l ozon gazı uygulaması aerobik toplam canlı sayısında 2.7 log KOB/g, küf ve maya sayısında ise 1.8 log KOB/g azalma sağlamıştır. 90 dakika 5.3 mg/g ozon gazı uygulaması ise aerobik toplam canlı sayısını 3.2 log KOB/g düşürmüştür. Örnekler 5.8 log KOB/g düzeyinde *Salmonella* inoküle edilmiş, 2.8 mg/l ve 5.3 mg/l ozon gazının 120 dakika boyunca uygulanmasının *Salmonella* sayısında sırasıyla 2.8 ve 3.7 log KOB/g azalma sağladığı tespit edilmiştir (34). Bununla birlikte 0–20 mg/l düzeyindeki ozon gazının doğrudan veya suya verilerek 5–60 dakika boyunca uygulanmasının mikrobiyel yükte belirgin bir azalma sağlamadığını belirten çalışmalar da bulunmaktadır (35, 36).

Soğuk Plazma Uygulamaları

Plazma, maddenin uyarılmış atom ve moleküller, iyonize gazlar, serbest radikaller gibi kimyasal bileşikler ve elektronlardan tamamını ya da bir kısmını içeren yüksek enerji verilmiş dördüncü halidir. Atom ve moleküllerin elektriksel yapısını yeniden düzenlemek ve uyarılmış türler ve iyonlar üretmek için bir gaz enerji uygulanarak oluşturulmaktadır. Ortam sıcaklığında ya da öldürücü dozun altındaki sıcaklıklarda mikroorganizmaların atomik olarak aşınması ve genetik materyalinin yıkımıyla mikroorganizmaları yok edebilmektedir (37).

Karabiberlerle yapılan bir çalışmada sterilizasyon için mikrodalga ile oluşturulan plazmanın etkinliği araştırılmıştır. 10⁶ ve 10⁷ spor/g seviyesinde

B. subtilis sporları içeren karabiberlere düşük basınçlı hava plazması uygulanmıştır. Uygulama sonucunda sporların DNA'sının yıkıma uğradığı ve mikrobiyel yükün sıfırlandığı saptanmıştır (38).

Diğer bir çalışmada *Aspergillus flavus* ve *B. cereus* sporları ile inoküle edilmiş kırmızıbiber tozu örneklerine mikrodalga destekli soğuk plazma (CPT) uygulaması yapılmıştır. CPT uygulaması 900 W, 667 Pa azot ile birlikte 20 dakika yapıldığında *A. flavus* sporlarında 2.5 ± 0.3 log spor/g, toplam aerobik bakteri sayısında 1 log KOB/g azalma sağlamıştır. Kırmızı biber tozu inoküle edildikten sonra 900 W'da helyum-oksijen gaz karışımı ve 90 °C'de 30 dakika sıcaklık uygulaması ile soğuk plazma uygulandığında 3.4 ± 0.7 log spor/g inhibe edilmiştir (39).

Sun ve ark.(40), *Salmonella* spp. inoküle etikleri tane karabiberlere atmosferik basınç plazma (APP) uygulamışlardır. Araştırmacılar, *Salmonella* sayısındaki azalmanın işlem süresine bağlı olduğunu, 60–80 s uygulama sonunda 4.5–5.5 log KOB/g azalma olduğunu bildirmişlerdir.

Yüksek Basınç Uygulamaları

Yüksek basınç, gıdanın raf ömrünü arttırmak için yapılan katı ve sıvı gıdalara ambalajlı ya da ambalajsız olarak 100–1000 MPa basınç uygulanmasıdır. Bu oranlardaki basınç mikroorganizmaların hücre zarına zarar verir, devamında protein ve enzim denatürasyonu ile mikroorganizmaları inaktive eder (41).

Karabiberlerin mikrobiyel yükünü azaltmak için karabiberlere farklı sıcaklıklarda (60–80–100–140°C), 30 dakika 1000 MPa basınç uygulanmıştır. Tüm uygulamalar sonucunda vejetatif mikroorganizmaların tamamı inaktive edilmiştir. 1000 MPa basınç uygulamasında 60 °C'de küf sporlarının % 84.3'ü öldürülmüştür. Bakteri sporlarının ise 1000 MPa 140°C'de % 99.9'u inaktive edilmiştir (42).

Darbeli Işık Uygulamaları

Darbeli ışık, ultraviyole ışınca zengin, geniş spektrumlu kısa darbeleri kullanarak mikroorganizmaları öldüren, yüzey dezenfeksiyonunu sağlayan bir yöntemdir (41).

Yapılan bir çalışmada *Saccharomyces cerevisiae* inoküle edilen buğday unu ve karabiber örneklerine 58 J/cm² darbeli ışık uygulaması yapılmış ve örneklerdeki mikrobiyel yükte 1 log KOB/g azalma olduğu belirtilmiştir (43).

Nicorescu ve ark. (44), *B. subtilis* ile inoküle ettikleri kimyon, karabiber ve kırmızıbiber örneklerine, 3000 V'da 1 Hz'lik 10 darbeli ışık uygulamışlardır. Karabiber ve kimyon örneklerinde 0.8 log KOB/g azalma olurken, kırmızıbiber örneklerinde 1 log KOB/g azalma tespit etmişlerdir.

Darbeli Elektrik Alan Uygulamaları

Vurgulu elektrik alan, 2 – 300 ms gibi kısa sürelerde ve yüksek elektriksel alan ile yapılan bir uygulamadır. Uygulama iki elektrot arasına konulan gıdaya 20 – 80 kV/cm² arası yüksek voltaj verilerek yapılmaktadır. Uygulama mikroorganizmaların hücre membranının geçirgenliğini artırarak koruyucu özelliğini yitirmesine sebep olur (45).

Keith ve ark. (46), darbeli elektrik alanın soğan tozu, dereotu ve fesleğen örneklerindeki mikrobiyel yük üzerine etkinliğini araştırmışlardır. Soğan tozu örneklerinde 25 kV/cm, 5 µs, 200 ms süre, dereotu örneklerinde 12 kV/cm, 10 µs, 320 ms süre, fesleğen örneklerinde ise 10 kV/cm, 5 µs, 320 ms süre uygulandığında toplam aerobik canlı sayılarında yaklaşık 1 log KOB/g azalma olduğunu bildirmişlerdir.

Kombine Yöntemler

Yapılan araştırmalar mikrobiyel yükü yüksek olan baharata uygulanan yöntemlerin tek başına yeterli olmadığını göstermiştir. Bu nedenle farklı yöntemlerin birlikte kullanımı üzerine araştırmalar yapılmıştır.

Kurutulmuş kırmızıbiberler buhar ile ısı işlem gördükten sonra 10 kGy gama ışınına maruz bırakılmıştır. Bu işlemler sonucunda başlangıç yükü 10⁶ KOB/g olan mikroorganizma sayısında 1–2 log KOB/g azalma saptanmıştır. Işınlanmış örneklerde kapsantin miktarında azalma gözlenmiştir. Bunun dışında bileşenlerinde bir değişiklik gözlenmemiştir (47).

Kimyon tohumlarına uzun dalga kızılötesi (Far Infrared – FIR) ve ultraviyole (UVC) ışınları iki farklı şekilde uygulanmış ve toplam mezofilik aerobik canlı sayısına etkisi incelenmiştir. 200°C 5.5 dakika, 250°C 4.5 dakika ve 300°C'de 3 dakika FIR uygulaması sonrasında sırasıyla 2 log KOB/g, 3 log KOB/g ve 2 log KOB/g azalma olduğu saptanmıştır. 200°C 5.5 dakika, 250°C 4.5 dakika ve 300°C'de 3 dakika FIR, ardından UVC uygulaması sonrasında ise sırasıyla ilave 1 log KOB/g azalma olduğu belirlenmiştir (48).

Çeşitli baharata gama ışını ve etilen oksit kombinasyonu uygulanmış ve örneklerin toplam bakteri sayısındaki değişim gözlenmiştir. Ortalama başlangıç yükü 4.0×10^6 KOB/g olan karabiber örneklerinde 16 kGy ışınlama sonrasında 6 log KOB/g ve başlangıç yükü ortalama 9.9×10^6 KOB/g olan kırmızıbiberlerde ise 10 kGy ışınlama sonucunda 6 log KOB/g azalma tespit edilmiştir (49). Kirkin ve ark. (50), gama ışını (7 kGy, 12 kGy ve 17 kGy) uygulayıp ve modifiye atmosferle (%100 N₂) paketledikleri kekik, biberiye, karabiber ve kimyon örneklerinin toplam canlı, küf ve maya içeriği üzerine etkinliğini incelemişlerdir. Toplam canlı sayısı başlangıç yükü 4.5–5.5 log KOB/g olan kekik, biberiye ve kimyon örneklerine 7 kGy ve üzerindeki dozlar uygulandığında mikrobiyel yük tespit edilemeyecek miktarlara düşmüştür. Başlangıç yükü 7 log KOB/g olan karabiber örneğinde ise 7 kGy dozdaki ışın uygulama sonrasında toplam canlı sayısında 3.3–3.8 log KOB/g azalma tespit edilmiş, 12 kGy ve üzeri gama ışını uygulanan tüm örneklerde mikrobiyel yük saptanamamıştır.

Cheon ve ark. (51) orta dereceli ısı uygulaması (65 °C) ve UVC (20.4kJ/m²) uygulamasını kombine ederek 10 dk süre ile *E. coli* O157:H7 ve *S. Typhimurium* inokule ettikleri kırmızıbiberlere uygulamışlar ve bu mikroorganizmaların sayılarında sırasıyla 2.88 ve 3.06 log KOB/g azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Benzer şekilde, Ha ve Kang (52) toz kırmızıbiberine inokule ettikleri *E. coli* O157:H7 ve *S. Typhimurium* üzerine yakın kızılötesi ve UV uygulamalarını kombine ederek uyguladıklarında sırasıyla 2.78 ve 3.34 log KOB/g azalma sağladıklarını belirtmişlerdir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Geleneksel yöntemlerin mikrobiyel yükü azaltmadaki rolü etkin olmakla birlikte, ısıl işleme dayalı sterilizasyon baharatın organoleptik özelliklerinde istenemeyen değişimlere neden olabilmektedir. Diğer taraftan alternatif yöntemler gerek tek başına gerek kombine şekilde uygulandığında aynı etki sağlanabilmekte ve kalite özellikleri daha iyi korunabilmektedir. Bu yöntemler kullanıldığında hammadde kaybı azalacağından üretimde verimliliğin artacağı düşünülmektedir. Uzun vadede düşünüldüğünde, hammadde kaybı minimum olacağından karlılık artacak ve bu yöntemlerin ilk kurulum maliyetini karşılayacaktır.

Yeni yöntemlerin çeşitli kombinasyonlarının denenmesine ilişkin araştırmalar devam etmektedir. Böylelikle sanayiye yeni yöntemler adapte edilerek kalitesi yüksek son ürünler elde edilebilir.

KAYNAKLAR

1. Abbas SMN, Halkman, K. 2003. Baharat mikroflorası üzerine ışınlamanın etkisi, *Orlab On-Line Mikrobiyol Derg*, 1(3): 43-65.
2. Schweiggert U, Schieber R, Schieber, A. 2007. Conventional and alternative processes for spice production – a review, *Trends Food Sci Technol* 18(15): 260-268.
3. Yılmaz H, Şanlıer N 2014. Baharat ışınlama, *Gıda*, 39(2): 111-118.
4. Zweifel C, Stephan R. 2012. Spices and herbs as source of *Salmonella*- related foodborne diseases, *Food Res Int*, 45: 765-769.
5. Atungulu GG, Pan Z, Dermirci A, Ngadi MO. 2012. Microbial decontamination of nuts and spices. *Microbial Decontamination in the Food Industry: novel methods and applications*, A Demirci and MO Ngadi (eds.), Woodhead Publishing, Philadelphia, USA. pp 125-162.
6. Coşkun F. 2010. Tekirdağ piyasasında satılan bazı baharatların mikrobiyolojik özellikleri, *Tekirdağ Ziraat Fak Derg*, 7(1): 85-93.
7. Özkızılçık A, Ateş M, Çerçi B. 2012. Comparison of real-time PCR and conventional cultural methods to detect *Escherichia coli* O157:H7 in spices in Turkey, *IUFS J Biol*, 71(2): 113-120.
8. Banerjee M, Sarkar, PK. 2003. Microbiological quality of some retail spices in India, *Food Res Int*, 36: 469-474.
9. Banerjee M, Sarkar PK. 2004. Growth and enterotoxin production by sporeforming bacterial pathogens from spices, *Food Control*, 15: 491-496.
10. Mandeel AQ. 2005. Fungal contamination of some important spices, *Mycopathologia*, 159: 291-298.
11. Donia MAA. 2008. Microbiological quality and aflatoxinogenesis of Egyptian spices and medicinal plants, *Global Vet*, 2 (4): 175-18.
12. Sago SK, Little CL, Greenwood M, Mithani V, Grant, KA, McLauchlin J, de Pinna E, Threlfall EJ. 2009. Assessment of the microbiological safety of dried spices and herbs from production and retail premises in the UK, *Food Microbiol*, 26(1): 39-43

13. Dehkordy PKK, Nikoopour H, Siavoshi F, Koushki M, Abadi A. 2013. Microbiological quality of retail spices in Tehran, Iran, *J Food Prot*, 76(5): 843-848.
14. Almela L, Nieto-Sandoval JM, Lopez JAF. 2002. Microbial inactivation of paprika by a high-temperature short-time treatment influence on color properties, *J Agric Food Chem*, 50: 1435-1440.
15. Lilie M, Hein S, Wilhelm P, Mueller U. 2007. Decontamination of spices by combining mechanical and thermal effects; an alternative approach for quality retention, *Int J Food Sci Technol*, 42: 190-193.
16. Waje CK, Kim HK, Kim KS, Todoriki S, Kwon JH. 2008. Physicochemical and microbiological qualities of steamed and irradiated ground black pepper (*Piper nigrum* L.), *J Agric Food Chem*, 56: 4592-4596.
17. Sadecka, J. 2010. Influence of two sterilisation ways, gamma-irradiation and heat treatment, on the volatiles of black pepper, *Czech J Food Sci*, 28 (1): 44-52.
18. Chusri S, Subhadhirasakul S, Tahyoh N, Billateh C, Chaowuttikul C, Chorachoo J, Voravuthikunchai SP. 2012. Effect of different decontamination methods on microbiological aspects, bioactive constituent and antibacteril activity of turmeric (*Curcuma longa* Linn.) Powder, *Eur J Med Plants*, 2(4): 276-289.
19. Anon. 2007. The sterilization of spices, herbs and vegetable seasonings, http://www.sterigenics.com/services/food_safety/global_food_safety_brochure.pdf (Accessed 23.02.2014)
20. Salum DC, Araujo MM, Fanaro GB, Purgatto E, Villavicencio ALCH. 2009. Determination of volatiles produced during radiation processing in *Laurus cinnamomum*, *Radiation Phys Chem*, 78: 635-637.
21. Yıldırım İ. 2013. Radyasyonla gıdaların korunması 14. Bölüm, Gıda Mikrobiyolojisi 4. Baskı, Erkmen O (Ed.), Efil Yayınevi, Ankara, Türkiye, s. 283-292,.
22. Marra, F, Zhang L, Lyng, JG. 2009. Radio frequency treatment of foods: review of recent advances, *J Food Eng*, 91: 497-508
23. Kim SY, Sagong HG, Choi SH, Ryu S, Kang DH. 2012. Radio-frequency heating to inactivate *Salmonella* Typhimurium and *Escherichia coli* O157:H7 on black and red pepper spice, *Int J Food Microbiol*, 153: 171-175.
24. Dababneh BF. 2013. An innovative microwave process for microbial decontamination of spices and herbs, *African J Microbiol Res*, 7(18): 636-645.
25. Jeong SG, Kang DH. 2014. Influence of moisture content on inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* serovar Typhimurium in powdered red and black pepper spices by radio - frequency heating, *Int J Food Microbiol*, 176: 15-22.
26. Baysal T(ed), İçier F, Baysal AH. 2011. Kızılötesi ısıtma, Güncel Elektriksel Isıtma Yöntemleri, Sidas Medya Ltd. Sti., İzmir, Türkiye, s 310-348.
27. Staack N, Ahrne L, Borch E, Knorr D. 2008. Effect of infrared heating on quality and microbial decontamination in paprika powder, *J Food Eng*, 86: 17-24.
28. Erdoğan SB, Ekiz HI. 2013. Far infrared an ultraviolet radiation as a combined method for surface pasteurization of black pepper seeds, *J Food Eng*, 116: 310-314.
29. Staack N. 2013. Potential of infrared heating as a method for decontaminating food powder, http://www.sik.se/archive/dokument/Abstract_NormanStaack.pdf (Accessed: 23.02.2014)
30. Eliasson L, Libander P, Lövenklev M, Isaksson S and Ahrné L. 2014. Infrared decontamination of oregano: effects on *Bacillus cereus* spores, water activity, color, and volatile compounds, *J Food Sci*, 79: 2447-2455.
31. Çatal H, İbanoğlu Ş. 2010. Gıdaların ozonlanması, *Gıda Teknolojileri Elektronik Derg*, 5(3): 47-55.
32. Akbaş MY, Özdemir M. 2008. Effect of gaseous ozone on microbial inactivation and sensory of flaked red peppers, *Int J Food Sci Technol*, 43: 1657-1662.
33. Asill VR, Azizi M, Bahreini M, Arouiee H. 2013. The investigation of decontamination effects of ozone gas on microbial load and essential oil of several medicinal plants, *Not Sci Biol*, 5(1): 34-38.
34. Torlak E, Sert D, Ulca P. 2013. Efficacy of gaseous ozone against *Salmonella* and microbial population on dried oregano, *Int J Food Microbiol*, 165: 276-280.
35. Özlük Çılak G, Halkman AK. 2014. The effect of ozone on microbial load of black pepper corn. *Abstract Book*, 2nd International Congress on Food Technology; November 05-07, 2014 Kuşadası, Turkey, p 92

36. Altıparmak E, Temizkan R, Demirel Zorba, NN. 2014. The effect of ozone application on microbial load of black pepper. *Abstract Book*, 2nd International Congress on Food Technology; November 05-07, 2014 Kuşadası, Turkey, p 261
37. Kayar G, Yıldız H. 2013. Gıda sanayiinde soğuk plazma tekniği uygulamaları, 8. Gıda Mühendisliği Kongresi, <http://www.gidamuhendisligikongresi.org/storage/catalogs/gizem-kayar.pdf>. (Erişim tarihi: 23.02.2014)
38. Argyropoulos D, Janzen O, Krause N, Romano G, Heindi A, Heberle B, Leins M, Schulz A, Voegen W, Aucrich S, Stroth U, Müller J. 2011. Decontamination of black peppercorn (*Piper nigrum* L.) using microwave – generated low pressure air plazma, http://opus.ub.uni-hohenheim.de/volltexte/2013/814/pdf/Argyropoulos_2011_d.pdf (Accessed: 23.02.2014)
39. Kim JE, Lee D, Min SC. 2014. Microbial decontamination of red pepper powder by cold plasma, *Food Microbiol*, 38: 128-136.
40. Sun S, Anderson NM, Keller S. 2014. Atmospheric pressure plasma treatment of black peppercorns inoculated with *Salmonella* and held under controlled storage, *J Food Sci*, 79:2441-2446.
41. Baysal T, İçier F. 2012. Gıda Mühendisliğinde Isıl Olmayan Teknolojiler, Nobel Yayınevi, Ankara, 434s.
42. Skapska S, Windyga B, Kostrzewa E, Jendrzeczak Z, Karlowski K, Fonberg-Broczek M, Sciezynska H, Grochowska A, Gorecka K, Porowski S, Morawski A, Arabas J, Szczepek S. 2003. Effect of ultra-high pressure under argon and temperature on the volatiles and piperine content and microbiological quality of black pepper (*Piper Nigrum* L.), *Advances in High Pressure Bioscience and Biotechnology II: proceedings of the 2nd International Conference on High Pressure Bioscience and Biotechnology*, Dortmund, September 16 - 19, 2002. Winter R (Eds), Springer Verlag, Berlin, Germany. pp 431- 436.
43. Gomez-Lopez VM, Ragaert P, Debevere J, Devlieghere F. 2007. Pulsed light for food decontamination: a review, *Trends Food Sci Technol*, 18: 464-473.
44. Nicorescu I, Nguyen B, Moreau-Ferret M, Agoulon Chevalier S, Orange N. 2013. Pulsed light inactivation of *Bacillus subtilis* vegetative cells in suspensions and spices, *Food Control*, 31: 151-157.
45. Açu M, Yerlikaya O, Kınık Ö. 2014. Gıdalarda ısı olmayan yeni teknikler ve mikroorganizmalar üzerine etkileri, *Gıda Yem Bilimi ve Teknolojisi Derg*, 14: 23-35.
46. Keith DW, Harris LJ, Hudson L, Griffiths MW. 1997. Pulsed electric fields as a processing alternative for microbial reduction in spice, *Food Res Int*, 30: 185-191.
47. Rico CW, Kim G, Ahn J, Furuto M, Kwon J. 2010. The comparative effect of steaming and irradiation on the physicochemical and microbiological properties of dried red pepper (*Capsicum annum* L.), *Food Chem*, 119(3): 1012-1016.
48. Erdoğan SB, Ekiz HI. 2011. Effect of ultraviolet and far infrared radiation on microbial decontamination and quality of cumin seeds, *J Food Sci*, 76(5): 284-292.
49. Anon. 2013. <https://canteach.candu.org/ContentLibrary/20052729.pdf> (Accessed: 23.02.2014)
50. Kirkin C, Mitrevski B, Güneş G, Marriot PJ. 2014. Combined effects of gamma irradiation and modified atmosphere packaging on quality of some spices, *Food Chem*, 154: 255-261.
51. Cheon HL, Shin JY, Park KH, Chung MS, Kang DH. 2015. Inactivation of foodborne pathogens in powdered red pepper (*Capsicum annuum* L.) using combined UV-C irradiation and mild heat treatment, *Food Control*, 50: 441-445.
52. Ha JW, Kang DH. 2013. Simultaneous near-infrared radiant heating and UV radiation for inactivating *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* serovar Typhimurium in powdered red pepper (*Capsicum annuum* L.), *Appl Environ Microbiol*, 79: 6568-6575.

Author Instructions

GIDA (2009) 34 (1): 59-63

www.gidadernegi.org / English / The Journal of FOOD /Author Instructions

Manuscript Submission and Copyright Release Form

GIDA (2009) 34 (1): 67

www.gidadernegi.org / English / The Journal of FOOD /Manuscript Submission and Copyright Release Form

Final Check List

GIDA (2009) 34 (1): 68

www.gidadernegi.org / English / The Journal of FOOD /Final Check List

can be reached from those addresses. Authors must read carefully the author instructions and prepare the manuscript accordingly.