

GIDA İŞLETMELERİNDE ORTAM HAVASININ MİKROBİYEL YÜĞÜ ÜZERİNE ETKİLİ FAKTÖRLER VE HAVA ÖRNEKLEME TEKNİKLERİ

The Effective Factors on Microbial Load of Air in Food Plant and Air Sampling Techniques

B.Gökçe ÇÖL *

Harun AKSU **

* Eurolab Gıda Mikrobiyolojisi Laboratuvarı, Florya, İstanbul

** İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, 34851, Avcılar, İstanbul

Özet

Hava, yeryüzündeki hayatın devamı için en önemli öğelerden birisidir. Havanın içerisinde var olan yabancı maddeler (örneğin toz-toprak parçaları, bitki tozları, yün ve pamuk lifleri, vb), toz zerrecikleri halinde rüzgar ve hava akımı gibi yollar ile havaya karışır. Mikroorganizmalar ise bu yabancı maddelere bağılı olarak ya da serbest halde havada bulunabilir. Bu mikroorganizmaların bazıları hastalık yapabilir. Havanın her yerde olduğu düşünülürse, özellikle gıda işletmelerinde açıkta bekletilen gıdaların havadan mikrobiyel kontaminasyona maruz kalma riski fazladır. Mikrobiyel kontaminasyon, işletme açısından önemli kayıplara yol açarken, o işletmede çalışan personelin sağılığını da olumsuz yönde etkilemektedir. Bozulmuş gıdalar ise hem milli ekonomiye büyük zarar vermekte hem de halk sağılığını ciddi boyutlarda tehdit etmektedir. Bu nedenle, gıda işletmelerindeki havanın mikrobiyel yüğü, gıda hijyeni ve halk sağığı bakımından oldukça önemlidir. Bu derlemede ortam havasının mikrobiyel yüğü üzerine etkili faktörler ve havada mevcut mikroorganizma sayısını tesbitinde kullanılan örnekleme tekniklerine değinilecektir.

Anahtar Kelimeler: Gıda işletmesi, hava, örnekleme, hijyen, hava kaynaklı hastalıklar

Summary

Air is one of the most important elements for life. Outsider materials in air (e.g dust-sold particles, plant powders, and wool and cotton fibers) contaminate the air via wind and air flow as minute particles. Microorganisms can also be found in air either bounded to these materials or independently. Some of these microorganisms can lead to diseases. If it is considered that air is everywhere, especially in food factories, the risk of microbial contamination is at very high levels for foods without coverings. While microbial contamination causes important losses for companies, it also affects the health of the personnel working in those companies. Contaminated foods do not only damage national economy but also it is a threat to public health. Therefore, microbial load in air in food plants is very important for food hygiene and public health. In this review, effective factors on microbial load of air in food plant and air sampling techniques were mentioned.

Key Words: Food plant, air, sampling, hygiene, air-borne diseases

Giriş

Ortam havası çok sayıda mikrobiyel etken içerebilmektedir. Bioaerosol olarak da adlandırılan bu etkenler çeşitli yollarla gıdalara ve gıda işletmelerinde çalışan personele bulaşabilmektedir. Buna bağlı olarak gıda bozulmaları, gıda zehirlenmeleri ve çeşitli enfeksiyöz hastalıklar oluşabilir. Bu nedenle gıda üretiminde ortam havasının kontrolü oldukça önemlidir. Çeşitli tedbirler alınarak dış ortamdan gıda üretim alanlarına kontaminasyonların mümkün olduğunca engellenmesine çalışılırken, iç ortam havasındaki mikrobiyel etken yoğunluğunun düşürülmesine yönelik uygulamalar gerçekleştirilir (Çöplü, 1999; Cundith ve ark., 2002; Nunes ve ark., 2005; Çobanoğlu ve ark., 2005). Ortam havasının mikrobiyel yükünü tesbite yönelik, cihaza dayalı

olan veya olmayan çeşitli analiz tekniklerine de başvurulabilmektedir (Ljungquist ve Reinmüller 1998; Çöplü, 1999; Wirtanen ve ark. 2002; Salustiano ve ark., 2003).

Ortamın nemi, hava akımı, işletmenin konumu ve bölümleri, faaliyet alanı, yapısal özellikleri gibi faktörler havanın mikrobiyel yükü üzerine etkili faktörlerdendir (Kang ve Frank, 1989a; Kang ve Frank, 1989b; Lutgring ve ark., 1997; Ljungquist ve Reinmüller, 1998). İşletme içerisinde özellikle havalandırma sisteminin konumu, çalışması ve dizaynı havanın mikrobiyel yükünü önemli ölçüde etkilemektedir (Lee ve ark., 2001). İnsanlar, özellikle kentlerde zamanlarının % 80'e varabilen önemli bir bölümünü kapalı alanlarda geçirdikleri için bu ortamlardaki kontaminantlara daha sık maruz kalabilmektedir (Jaffal ve ark., 1997; Bayer ve ark, 2000; Çobanoğlu ve Kiper, 2006). Yine gıda üretim, depolama ve servis alanları da gıda maddesinin kontaminasyonu üzerine doğrudan etki etmektedir. Bu nedenle iç ortam havası dış ortam havasına göre daha fazla önem taşımaktadır. Nitekim ev, okul, alışveriş merkezi, restoran gibi kapalı mekanlardan alınan hava örneklerinin dış ortamlardan alınanlara nazaran daha yoğun kontamine olduğu ifade edilmektedir (Lee ve ark., 2001).

Havada bulunan mikrobiyal kaynaklı kontaminantlarla ilgili olarak bakteriyel ve fungal çeşitli etkenlerin, virusların, mite türü etkenlerin ve bunların yanısıra polenlerin, mikrobiyel uçucu bileşiklerin ve biyofilmlerin etkisi bulunmaktadır (Al-Dagal, 1992; Fiedler ve ark., 2001). Fungal etkenlerin, özellikle de küf sporlarının havadaki kontaminantlar içerisinde önemli bir yeri vardır. Gerek küfler, gerekse mayalar hem iç, hem de dış ortamlarda, özellikle de rutubetli bölgelerde bulunurlar ve ortama iyi bir şekilde adapte olurlar. Geniş pH aralığında, depolama sıcaklığında ve su aktivitesi değerlerinde gelişim gösterebilmektedirler. Yüksek tuz ve şeker konsantrasyonuna sahip ortamlarda da gelişebilmektedirler. Çoğu binalarda iç ortam sıcaklığı 18-25 °C arasındadır. Bu sıcaklık fungal etkenlerin gelişimi için oldukça uygundur. Ortam rutubeti fungal etken gelişimi üzerine etki etmekle birlikte düşük relatif rutubette üreyen fungal

etkenler de mevcuttur (Lin ve Li, 1989). Bina içi rutubet oranının % 70'den yüksek olması küf oluşma riskini artırır (Çobanoğlu ve ark., 2005). Bakteriyel etkenler de fungal etkenler gibi daha sıcak ve daha nemli ortamları tercih ederler. İşletmelerde mutfak, banyo ve tuvalet ekipmanları, havalandırma sistemleri ve drenajlar bakterilerin yoğun bulunduğu yerlerdir. Taze meyva-sebze, et gibi çiğ ürünlerin çok fazla bakteri içerdiği ve ortamdaki hava hareketleriyle insan aktivitelerinin çiğ ürünlerdeki mikroorganizmaların havaya yayılmalarına neden olduğu belirlenmiştir (Lee ve ark., 2001). Virüsler de pek çok hastalığın oluşumundan sorumludur. Virüs içeren damlacıklar (örneğin, hapşırarak suretiyle damlacıklar şeklinde virüs saçılması) havanın kuru olması durumunda çok çabuk emilerek havada asılı olarak kalmakta ve hava akımıyla beraber kolayca taşınmaktadır. Havanın nemli olması durumunda damlacık yüzeye daha çabuk düşecektir. Mite kaynaklı olarak da alerji, astım gibi hastalıklar şekillenebilmektedir. İç ortam havasında toz içeren alanlar, eşyalar ve yer döşemeleri mite gelişimi için uygun yerlerdir. 15-27 °C arasındaki sıcaklık derecelerinde ve % 70'in üzerindeki relatif rutubet koşullarında bu tür etkenlerin çoğunun iyi bir şekilde geliştiği belirtilmiştir (Seltzer, 1995; Platts-Mills ve Weck, 1989).

Havada Bulunan Mikroorganizmaların Bulaşma Yolları ve Sağlık üzerine Etkileri

Ortam havasının kontaminasyonu, işletme dışındaki havada bulunan mikroorganizma miktarına, ortama, mevsime, kentleşmeye ve hava şartları etkisine bağlı olarak değişmektedir. Çoğunlukla kırsal alanlarda şehirlere oranla daha fazla sayıda mikroorganizma mevcuttur. Holah ve ark. (1995), gıda fabrikaları dışında fungal etken sayısını 37/m³ ve mezofil aerob bakteri sayısını 285/m³ olarak bulmuştur. Crook ve Olenchock (1995) ise dış ortam havasında 1000/m³ fungal etken ve 100/m³ mezofil aerob bakteri bulmuştur. Brown (2001) bir sebze paketleme fabrikasını konu alan çalışmasında küf sayısını dış ortam havasında 811/m³ , paketleme salonunda ise

1168/m³ olarak bulmuştur. Fabrikada işlenen sebzelerin sağlandığı serada ise küf sayısı 4923/m³ olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, seradaki ölçümün fabrika dışındakilerden çok daha fazla olduğunu göstermiştir.

Spray kurutma, un vb. toz ürünlerin tartılması, genel olarak kuru malzemelerin işlenmesi ve elde edilen ürünlerin depolanması toz aerosolleri ortaya çıkarabilmektedir. 10 µm' den daha az çaptaki partiküller, insanlarda solunum rahatsızlıklarına sebep olabilir. Havada bulunan mikroorganizmalar ile partikül büyüklüğü aynı olmayıp çoğu kez partikül çapı mikroorganizmalardan daha büyüktür (Brown, 1996). Fırıncılıkta undan kaynaklanan tozlara bağlı olarak çalışanlarda mesleki astım hastalıklarının oluşması önemli bir problemdir. Buğday, mısır, arpa, pirinç gibi tahıllar ve unları, kahve, şeker kamışı, çay ve tütün yaprağı, saman, pamuk, keten, kenevir gibi bitkisel kaynaklı ürünlerden açığa çıkan tozlar akut ve kronik mahiyette çeşitli solunum yolları hastalıklarına neden olabilmesi açısından dikkate alınmaktadır. Fırıncıların yanısıra çiftçiler, değirmenciler gibi meslek grupları bu tür meslek hastalıklarına daha sıklıkla maruz kalabilmektedir (Brown, 1996; Çobanoğlu ve Kiper, 2006). Mikrobiyal kaynaklı etkenlerin yanısıra gıdaların işlenmesi esnasında açığa çıkan kimyasal nitelikteki çeşitli maddeler de çalışanlar ve işletme açısından problemler oluşturabilirler. Salata yıkama işlemi bazı işletmelerde çalkalama esasına dayalı sistemler ile yapılmaktadır. Yıkama suyu yüzeyindeki hava kabarcıklarının dağılmasıyla, su damlacıklarının içerdiği mikroorganizmalar ve klorin ortaya çıkmaktadır. Yıkama suyu 70-100 ppm klorin içeren bir sebze yıkama fabrikasının incelenmesi sonucunda, yıkama tanklarından kaynaklanan aerosollerin havalandırma sistemine girip alüminyum soğutma tanklarının aşınmasına neden olduğu bildirilmiştir (Sawyer ve ark., 1993).

Çeşitli kaynaklarda temizlik işlemlerinden kaynaklanan aerosollerin, açıkta bulunan ürünler ve gıdalar ile temas ederek gıda ve ürün yüzeylerini kontamine ettiği konusuna dikkatler

çekilmektedir. Özellikle yüksek risk içeren uygulamalarda, gıda işleme ve işletme temizleme işlemleri sırasındaki dikkatsizliklere bağılı olarak *Listeria* spp. gibi patojenlerin yayılma olasılığı bulunmaktadır (Spurlock ve Zottola, 1991; Cundith ve ark., 2002). Spurlock ve Zottola (1991) *Listeria monocytogenes*' in aerosoller içerisinde 210 dakikadan daha uzun süre canlı kalabildiğini bildirmişlerdir. Bu nedenle, temizlik alet ve ekipmanları düzenli olarak iç kısımları da dahil olmak üzere temizlenmeli ve cihazlarda mikroorganizma gelişimi önlenmelidir. Ancak, yüksek basınçlı su püskürtme ve spreyleme ile yapılan temizlik şekilleri, yüksek risk içeren bölgelerde tavsiye edilmemektedir (Spurlock ve Zottola, 1991).

Çoğu insan aktivitesi, mikroorganizmaların çevrede yayılmasına sebep olan bir risk faktörüdür. Hapşırma ve öksürme yoluyla bakteriler havaya karışabilir. İnsan derisinin kıyafet giymek suretiyle kapatılması çevreye kontaminasyonların engellenmesinde az oranda etkilidir. Hapşırma ve burun silme burun sekresyonlarından köken alan infeksiyöz aerosollerin yaratılmasında öksürmeye nazaran 1000 defa daha etkilidir. Kuvvetli bir hapşırma esnasında 40000 den fazla damlacık saçılırken, öksürme ile sadece birkaç yüz damlacık saçıldığı ve bunların boyunun 1-2 µm çapında olduğu belirtilmiştir. Erkekler kadınlara oranla daha çok bakteriyel aerosol yayarlar. Üzerinde çalışma kıyafeti bulunan erkekler dakikada 1008 kob, kadınlar 75 kob bakteriyel aerosol yayar. Çeşitli kıyafet şekilleri, bakteriyel partiküllerin yayılmasında bir kontrol oluşturur. Örneğin fabrika kıyafetleri temiz oda kıyafetlerine oranla daha fazla bakteri yayar. Bir fabrika içinde yapılan çalışmada, dört kişilik bir odada petri başına düşen ortalama bakteri sayısı 2.2 ile 4.4 kob/petri ve tahmini *Staphylococcus* sayısı 0.7-1.4 kob/petri bulunurken, insanlara yakın konulan petrilere tahmini *Staphylococcus* sayısı 3 ile 7 kob/petri arasında gözlenmiştir. Ayrıca, uzun saçlı insanların saçlı olmayan ya da kısa saçlı insanlara nazaran daha çok bakteri içerdiği de belirtilmektedir (Brown, 1996).

Bakteri sporlarının vejetatif hücrelere nazaran canlı kalmaları daha yüksektir. Gıda işletmelerinden aerosolize olan mikroorganizmaların canlılıkları üzerine çok az bilgi vardır (Stersky ve ark., 1972). Çok sayıda faktör, mikroorganizmaların canlılığı üzerinde etkilidir. Bu faktörler; mikroorganizma türünü, kültürün gelişme koşullarını, gelişme fazını, örnekleme tekniklerini ve örnek alınan çevreyi kapsamaktadır. Radyasyon, oksijen, ozon ve desikasyon gibi çeşitli faktörlerin de mikroorganizmaların canlılığı üzerine etkisi olduğu bilinmektedir (Griffiths ve De Cosemo, 1994). Oksijen, çoğu hava kökenli mikroorganizmayı oksidasyon yoluyla yavaş bir şekilde öldürmektedir (Kowalski ve Bahnfleth, 1998).

Gıda işletmelerinde havada bulunan bakteri, küf ve mayaların konsantrasyonlarındaki artış, hem ürünler hem de gıda çalışanları açısından tehlike oluşturabilir. Havada bulunan mikroorganizma sayısı, ortamda bulunan insan sayısı, örneklemenin yapıldığı zaman, örneğin alındığı ortamın sıcaklığı ile nem koşulları, örnekleme esnasında alınan havanın hacmi, kullanılan besiyeri ve inkübasyon süresi ile ilişkilidir. İlaç ve sağlık sektörünün yanı sıra gıda sektöründe de standart kalite kontrol işlemlerinin bir parçası olan havanın mikrobiyel kontrolüne gereken önemin verilmesi gerekmektedir. Düşük iç ortam kalitesiyle ilgili sağlık problemleri, sadece kimyasal kirleticiler nedeniyle değil aynı zamanda biyolojik kontaminantlara bağlı olarak da gelişmektedir. Biyolojik kontaminantlar mukus membran irritasyonu, baş ağrısı, yorgunluk gibi semptomlara sebebiyet vermekte ve bu tip semptomlar “hasta bina sendromu” (sick building sendrom) olarak tanımlanmaktadır. Belli bir binada yaşarken veya çalışırken ortaya çıkan, ancak bu ortamdan uzaklaşınca kaybolan bu sendromda gözlerde yanma ve sulanma, burun tıkanıklığı, burun akıntısı, hapşırma, boğazda kuruluk ve astımda görülebilmektedir. Bazı küf tipleri ile hasta bina sendromu arasında korelasyon olması söz konusudur (Brown, 2001; Çobanoğlu ve ark., 2005; Çobanoğlu ve Kiper, 2006).

Son yıllarda küflerin ev ve iş yerlerinde insan sağlığı üzerindeki etkileriyle ilgili çalışmalar artmıştır. İç ortamda bulunan küfler; sinir, solunum, bağışıklık, hematolojik ve dermatolojik sistemlerini ve birden fazla organ üzerinde insan sağlığı açısından ters etki yaratmakta ve bağışıklık sistemi baskı altında olan insanlarda hayati tehlike içeren sistemik enfeksiyonlara yol açmaktadır. İç ortam havasında bulunan küf konsantrasyonunda genel bir standart olmamasına karşın, koloni sayısının 150-1000 kob/m³ olması insan sağlığını etkileyecek problemlere yol açabilmektedir. Dış ortamdan kaynaklanan polen, küf ve mayaların iç ortamda solunmalarının insan sağlığına etkileri çoğunlukla solunum semptomları ve alerjik etkiler olarak görülmekle birlikte, direkt solunumla ilgisi olmayan yorgunluk, baş ağrısı gibi semptomlar ile karşımıza çıkmaktadır. Havada bulunan mikroorganizmalar, insanlarda hafif irritasyonlardan hastalıklara kadar varabilen sorunlara neden olmaktadır (Fischer ve Dott, 2003; Curtis ve ark., 2004). Havada mevcut mikroorganizmalardan en bilinenlerden biri lejyoner hastalığının etkeni olan *Legionella* spp.'dir. İlk kez 1976 yılında Philadelphia otelinde toplantı yapan lejyonerlerde ortaya çıkmış, 182 lejyonerin pnömoni olması ve bunlardan 29'unun ölmesi ile dikkati çekmiştir. Bu etkene bağlı salgınlar kontamine suların aerosol haline gelmesi ve bunların solunumu sonucunda oluşmaktadır. Duş sistemleri, su püskürten düzenekler, kuvvetli basınçla suyun akmasına dayalı sistemler suyu aerosol haline getirebilmektedir (Jaffal ve ark., 1997; Çobanoğlu ve ark., 2005). Tüberküloz, kızamık gibi hastalıklar da hava yolu ile bulaşan önemli hastalıklar içerisinde gösterilebilir. Bu bakımdan gıda işletmelerinde çalışan insanların sağlığını korumak amacıyla, çalışılan ortamdaki mikroorganizmaların konsantrasyonunu ve bileşimini değerlendirmek de önem taşımaktadır (Fischer ve Dott, 2003; Curtis ve ark., 2004).

Küfler, depolanmış ürünlerde yaygın olarak problemlere neden olabilmektedir. Yaklaşık 100.000 küf türü tanımlanmıştır. Birçok raporda, iç ortam havasının 1000 kob/m³' ten daha fazla sayıda fungal etken sporuyla kontamine olduğu belirtilmiştir. İç ortam havasında başta *Cladosporium*,

Aspergillus ve *Penicillium* türleri olmak üzere *Alternaria*, *Stachbotrys*, *Rhizopus*, *Mucor*, *Wallemia*, *Trichoderma*, *Chaetium*, *Botrytis*, *Epicoccum* ve *Fusarium* türlerine ait fungal etkenlere sık olarak rastlanmaktadır. Küf sporları gıdalar üzerine salgıladıkları sindirici enzimler ve mikotoksinler yoluyla gıdalarda bozulmaya yol açmaktadır. Küflerin üzerinde buldukları üründe oluşturdukları sekonder yapıdaki toksik metabolitlere ‘mikotoksin’ denir. Günümüzde 300’den fazla mikotoksin bilinmekte olup mikotoksin üreten küf cinslerinin en önemlileri *Aspergillus*, *Penicillum*, *Fusarium* ve *Alternaria*’dır. Mikotoksinler, alındıkları doza bağlı olarak canlılarda iki farklı etkiye neden olmaktadır. Yüksek dozlarda alındıklarında akut toksik etki meydana gelmekte ve gıdanın tüketiminin ardından kısa süre içerisinde ölümlerle sonuçlanabilecek durumlar oluşmaktadır. Daha düşük dozların uzun süre alınması sonucunda ise kronik hastalıklar görülmektedir. Etkiler özellikle karaciğer, böbrek gibi organlarda hastalık ve dejenerasyon şeklinde olabilir. Bağışıklık sistemi bozuklukları, deri nekrozları, kusurlu ve eksik organ oluşumları, üremede azalma gibi bozukluklara da yol açabilirler. Bu nedenle, son yıllarda küflerin ev ve iş yerlerinde insan sağlığı üzerindeki etkileriyle ilgili çalışmalar oldukça yoğunluk kazanmıştır (Brown, 1996; Jaffal ve ark., 1997; Fischer ve Dott, 2003; Adhikari ve ark., 2004; Curtis ve ark., 2004; Çobanoğlu ve ark., 2005).

Dışardan iç ortama taşınan polenler, küf ve mayalar; insanlarda çoğunlukla allerjik astım, yorgunluk, baş ağrısı vb. semptomların meydana gelmesine neden olmaktadır (Fischer ve Dott, 2003; Curtis ve ark., 2004). 10 µm’ den daha büyük küf sporları, nazofarenkste tutularak burun ve gözle ilgili semptomlara sebep olur. 10 µm’ den daha küçük olan sporlar ise (özellikle 6 µm’ den küçük olanlar) solunum yolunun alt kısımlarına ve akciğerlere taşınmaktadır. Bu durum astım benzeri allerjik reaksiyonlar ile immun sistemi baskılanmış kimselerde hayati tehlikedeki sistemik enfeksiyonların meydana gelmesine yol açabilmektedir. *Cladosporium cladosporioides*, *C. herbarum*, *Penicillum brevicompactum*, *P. chrysogenum*, *Aspergillus candidus*, *A. niger*, *A.*

versicolor vb. mantar türleri, insanlarda şiddetli alerjik reaksiyonların oluşumuna neden olabilir ve göz ve sinüs irritasyonları, baş ağrısı, yorgunluk, baş dönmesi gibi semptomlar görülebilir (Aşan ve ark., 2004; Fischer ve Dott, 2003). Beijer ve ark. (2003), incelemiş olduğu 48 hastada küfe bağlı olarak şekillenmiş semptomları gruplandırmış, %54'ünde anksiyeti/depresyon/sinirlilik, %42'sinde görme bozukluğu, %42'sinde göğüs gerginliği, %40'ında uykusuzluk, %38'inde baş dönmesi, uyuşukluk/karınalanma, %31'inde mide bulantısı, %27'sinde cilt döküntüsü, %15'inde titreme, %21'inde kalp çarpıntısı ve %35'inde laringites belirlemiştir.

Hava Örnekleme Sistemleri

Havadaki mikroorganizmaları saptamak için çok değişik metodlar kullanılmaktadır. Bu metodlar; havadaki kob/m³, petri açma yöntemine göre kob, mikrobiyal hücrelerin kimyasal bileşenlerini (ATP, DNA, enzim) m³ havada ölçme ve mikroskop altında sayım yapmak olmak üzere dört ana başlık altında incelenebilir. Kimyasal bileşenleri ölçmeye dayalı metotlar, henüz yeterince hassas olmadıklarından havadaki mikroorganizmaları saptamada kullanılan pratik ve güvenilir metotlardan biri olarak görülmemektedir. Mikroskoba dayalı sayımlar ya da floresans mikroskopik yöntemiyle otomatik sayım uygulamaları oldukça sınırlıdır. Koloni oluşturan birim (kob) sayısı, üreyen canlı mikroorganizmayı tesbit edebilen en önemli parametredir. Örneklemede kullanılan uygun cihazlar, mikrobiyel toplama ve saptamadaki etkinliklerine etki eden birkaç parametreye bağlı olarak değişkenlik gösterir. İçeri çekim yeterliliği, toplama sırası ve sonrasındaki kurutmanın miktarı, toplama sırasında mikroorganizmaların çarpma hızı, toplanan mikroorganizmanın yüzey yoğunluğu gibi parametreler, koloni oluşumunun gölgelenmesine yol açabilecek parametrelerdir (Wirtanen ve Salo, 2004).

Hava Örnekleiyici Sistemler

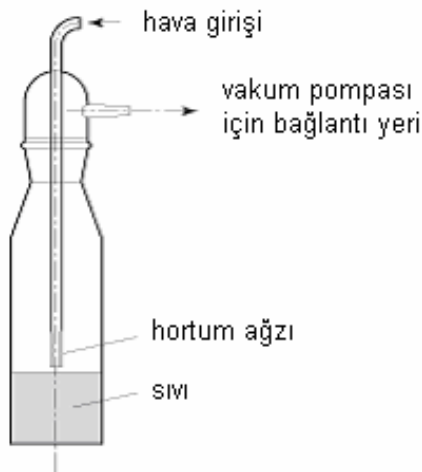
Çöktürme (Sedimentation) Yöntemi: Çöktürme metodu, çok eskiden beri gıda endüstrisinde kullanılan geleneksel bir yöntemdir. Bu yöntemde; tespit edilecek mikroorganizmaya uygun besiyeri içeren petri plakları tespit yapılacak alanda açılmaktadır. Belirli bir süre (yaklaşık 15 dakika) bekletildikten sonra petri kapakları kapatılarak uygun sıcaklık ve sürede inkübasyona bırakılmaktadır. İnkübasyon sonucu, mikroorganizma kob ya da partikül sayısı olarak tespit edilmektedir. Havada bulunan partiküller, kütlelerine bağılı olarak ve yerçekiminin etkisiyle açık bırakılan petri kaplarına düşmektedir. Ancak alanın büyüklüğü ile petri kabı arasında hiçbir ilişki olmadığından, hava sirkülasyonunun olmadığı kapalı alanlarda saatte 2.5-3 cm hızla mikroorganizmaların yere inmesi söz konusudur. Yöntemin uygulanması basit ve masrafsız olmasına karşın kantitatif değildir, daha doğrusu bu yöntem havadaki mikroorganizma miktarını tahmin etmekte ancak tam olarak sayısını vermemektedir. Ayrıca havada bulunan mikroorganizma konsantrasyonu fazla olduğunda, sayımda problem çıkabilmektedir. Büyük partikülleri toplama eğiliminde ve havanın hareketlerine duyarlı olan bu yöntemin önemli bir dezavantajı da, sonucun örnek alınan havanın hacmine göre verilememesidir. Petri açma yönteminin uygulanması kolay olmasına karşın, tahmin edilenden daha az sayıda mikroorganizma tespitine sebep olmakta ve bu nedenle kullanılması pek önerilmemektedir (Griffiths ve DeCosemo, 1994; Holah ve ark., 1995; Curiel ve ark., 1999; Salustiano ve ark., 2003).

Çarptırma (Impaction) Yöntemi : Çarptırma yöntemi, belirli sürede belirli hacimdeki havanın, örnekleme cihazı (air sampler) ile çekilerek, besiyerine çarptırılması esasına dayanmaktadır. Çarptırma yöntemi, inert olan partikülleri hava akımından ayırmak için kullanılır. İmpactorler, mikroorganizmaları içlerinde agar bulunan petri kutularında toplarlar. Bu nedenle örneklemede uygun agarın seçilmiş olması önem taşımaktadır. Aksi takdirde, mikroorganizmaların gelişmesi istenilen düzeyde olmayabilir. İmpactorlerin toplama aşamasında hava akımı etkisiyle yön

değiştiren partiküller, büyük oranda eylemsizlik kuvvetiyle katı agarlar üzerine çaptırılır. Sieve ve slit olmak üzere iki çeşit impactör vardır. Sieve tarzı impactörler elek şeklindedir ve daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Sieve impactörler, havayı belirli bir hızda emer. Metal plaka üzerindeki çok sayıdaki delikli levhadan geçen hava, plaka içerisinde agar emdirilmiş petri kutularına çaptırılır. Sieve tarzındaki impactörlerin tek, çift, altı ya da yedi evreden modelleri vardır. Tek aşamalı cihazda büyük partiküller önce, küçük partiküller daha sonraki evrelerde yapışmaktadır. Çok evreli impactörler ise gıdadan ziyade daha çok sağlıkla ilgili alanlarda kullanılır. Çarptırma yöntemi, havada bulunan bioaresol sayısının düşük olduğu düşünülen zamanlarda kullanılan, diğer tespit etme metotlarına göre daha yüksek oranda tespiti sağlayan bir yöntemdir. Örnek alımı sonrasında ilave bir manipulyasyona gerek yoktur. Cihaz yüksek randımanlı örnek alma özelliğine sahiptir ve uygulanması oldukça kolaydır. Bununla birlikte bazı dezavantajları da vardır. Örnekleme esnasında çarptırılan hava, zamanla besiyeri üzerinde kurur. Özellikle örnekleme zamanı 5 dakikayı geçtiğinde agarın yüzeyi kurumaya başlar. Bu kuruma, kuruyan besiyeri yüzeyine mikroorganizma tutunmasının tam olarak sağlanamaması ve inkübasyon sırasında mikroorganizmanın gelişmesini sürdürebilmesi için gerekli olan suyun besiyerinden uzaklaşması şeklinde iki önemli dezavantajdan dolayı mikroorganizma sayısının tespitinde yanıltıcı sonuçlar verebilmektedir. Kuru ve sıcak havalarda uzun süreli emişlerde, besiyeri yüzeyinde kuruma kaçınılmazdır (Curiel ve ark., 1999; Salustiano ve ark., 2003).

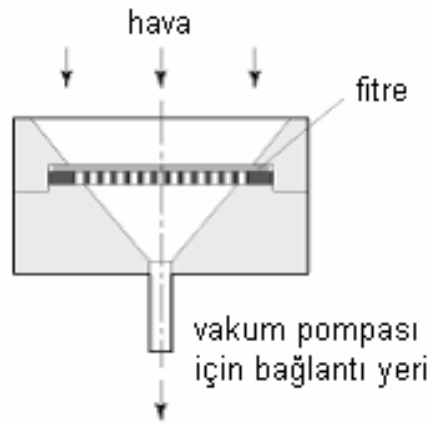
İmpinger Yöntemi : Bu yöntemde, test edilecek olan ortamın havası vakum yardımıyla steril bir sıvı içerisinden geçirilir. Böylece havada bulunan mikroorganizmalar sıvı faza geçer. İmpinger yönteminde havadaki mikroorganizmayı saptamak için sıvı ortam kullanılır. İmpingerlerin yüksek emiş hızı ve düşük emiş hızıyla çalışan modelleri vardır. Düşük hızda çalışan impingerler (Şekil 2.1), 5 µm çapından daha küçük partikülleri toplamada etkin değildir. Yüksek hızla çalışan impingerler ise 1 µm'den daha büyük partikülleri toplayabilir ancak, vegetatif hücreler yüksek

hava akımına bağılı olarak bölünebilip çoğalabilir. Bu da daha yüksek sayıda koloni miktarı sayılmasına neden olabilir (Curiel ve ark., 1999). Toz partiküllerine tutunmuş olan birden fazla sayıda mikroorganizma olabilir. Bu toz partikülleri üzerindeki mikroorganizmalar, çarpıtırma ya da filtrasyon yönteminde tek koloni oluştururken, havanın su ortamından geçirilmesi sırasında yüksek hızda hava alınımı etkisiyle her biri ayrı koloni oluşturabilir ve tahmin edilenin üstünde mikroorganizma sayısı ortaya çıkabilir. Ucuz bir yöntem olmasına karşın emiş hızına bağılı olarak partiküllerin canlılığında kayıplar meydana gelebilir ya da uzayan toplama zamanları toplama stresine yol açarak canlı mikroorganizmaların ölümüne yol açabilir. Ayrıca her örnek alım öncesinde kullanılan cam malzemenin steril olması gerekmektedir. Bu yöntemle partiküller işlem sırasında bölünürse, yüksek miktarda sayı çıkar ya da tam tersi yüksek biçim gücü ile mikroorganizmalar inaktive olabilir. İmpinger yöntemi, özellikle yüksek oranda kontamine olduğu düşünölen ortamlardan alınacak örnekler için önerilmektedir. Analizler istenilen ölçüde dilüsyonlar yapılarak sağlanabilir. İmpingement yöntemi, hava kaynaklı hücreleri ve diğör partikülleri bir sıvı içerisinde toplamaktadır. Genelde kullanılan impingement örnekleyicileri 10-12 L hava çekmektedir (Stetzenbach ve ark., 2004).

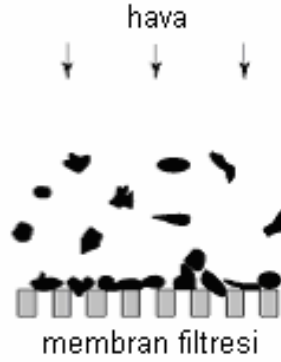


Şekil 1: İmpinger

Filtrasyon Yöntemi : Bu yöntem, vakum etkisiyle havanın özel bir filtre üzerinden geçirilmesi ve mikroorganizmanın bu filtre üzerinde tutulması prensibine dayanır. Şekil 2.2' de bu amaçla kullanılan bir hava filtresi verilmiştir. Mikroorganizmanın üzerinde tutulduğu filtre, besiyeri üzerine yerleştirilerek inkübe edilir ve oluşan koloniler sayılır. Çoğunlukla tek bir filtre kullanılır ve tüm partiküller daha küçük parçacıklara bölünmeden toplanmış olur. Filtrasyon aparatı selüloz lif, sodyum alginat, fiber glass ve jelatin membran filtresinden oluşabilir. Jelatin membran filtre (Şekil 2.3), havanın geçişi esnasında filtrenin kurummasını engelleyecek tarzda ve canlı mikroorganizmanın kuruyarak inaktive hale gelmesine engel olacak şekilde dizayn edilmiştir. Dolayısıyla farklı iklim koşullarında ve emiş miktarlarında standart sonuç veren bir yöntemdir. Örnekleme sırasında vegetatif hücreler dehidre hale gelip ölebilir. Düşük akım hızı ve küçük miktarlarda örnek alınması uygundur. Yöntemin diğere önemli avantajları da test edilen havanın hacminin ayarlanabilmesi ve havada bulunan tüm mikroorganizmanın tespit edilebilmesidir. Filtrasyon yöntemi özellikle polenleri, mantar sporlarını ve tozları toplamada daha çok tercih edilmektedir (Salustiano ve ark., 2003; Stetzenbach ve ark., 2004).



Şekil 2: Bakteri hava filtresi



Şekil 3: Membran filtresi

Merkezkaç Kuvveti(Santrifüj) Yöntemi : Merkezkaç kuvveti yöntemi, havada bulunan mikroorganizmaların merkezkaç kuvveti yaratılarak agar bulunan yüzeylere doğru sevk edilmesine dayalı bir yöntemdir. Bu yöntemde, havadan mikroorganizma toplayan agar stripli bir fan kullanılır. Aerosoller bükülebilir dairesel yolda hızlı hava akımı etkisiyle geçer ve oluşan merkezkaç kuvvetinin etkisiyle partiküllerin agar emdirilmiş yüzeye çarpmasına neden olur. Santrifüjlü örnekleyici, sahip olduğu pervane sayesinde havayı toplama bölgesine doğru çeker ve havayı dışarı doğru merkezkaç kuvvetini etkisiyle Nutrient Agar' ın bulunduğu periferel yüzeye çarptırır. Örnekleme sonunda agar strip çıkartılarak inhibe edilir ve oluşan koloniler hesaplanır. Yöntemin uygulanması kolaydır ve çarptırma metoduna göre örnekleme esnasında yüksek hızda hava akımı oluşmadığından mikroorganizmalar daha az stres altındadır. Bu tip örneklemede, yüksek hacimliler gelişirken ufak partiküller yapışmaz. Bununla birlikte bu cihazın yapısı büyük parçacıklar için secicilik göstermesinden ötürü, diğer cihazlara oranla daha fazla sayıda mikroorganizma sayılmasına meyillidir (Ljungvist ve Reinmuller, 1993).

Termal Presipitasyon Yöntemi : Termal presipitasyon yöntemi, partiküllerin sıcak yüzeyden soğuk yüzeye doğru taşınmasını sağlayan "termoforezis" prensibine dayanır. Bu nedenle partiküllerin hareket düzeyi, sıcaklıklardaki değişikliklere bağlıdır. Bu yöntem, özellikle partikül

büyükliğünün 1 µm' den daha küçük olduğu durumlarda partikül büyükliğünün dağılımını saptamada kullanılmaktadır. Mikroorganizmalar camla kaplı sliplerde toplanır, sayıları ve partikül büyüklikleri mikroskop yöntemiyle hesaplanır. Yöntem, çok sayıda ön ayarlama gerektirdiğinden ve hava örnekleme hızının düşük olmasından dolayı (300/400 mL/dak.) işletmelerde yaygın olarak kullanılmamaktadır (Fung, 2002).

Elektrostatik Presipitasyon Yöntemi : Elektrostatik presipitasyon yönteminde mikroorganizma verilen elektrostatik sarj etkisiyle zıt yönde dönen disk içerisinde yakalanmaktadır. Bu yüzey, cam ya da agar olabilir. Yöntemin hava örnekleme hızı ve örnek toplama etkinliği yüksek, hava akımına karşı direnci ise düşüktür. Yöntemin hava örnekleme esnasında ozon ve azot oksitin iyonize olmasıyla mikroorganizmalara karşı toksik etki oluşturabilme dezavantajı vardır. Ayrıca elektrostatik sarjın mikroorganizma canlılığı ve küme oluşturma üzerine etkisi fazla bilinmemektedir. Bu yöntem, aerosollerin tespit edilmesinde cihazın kompleks yapıda olması ve dikkatli taşınmasının gerekmesinden dolayı çok nadir kullanılmaktadır (Bintsis ve ark., 2000).

Bioaerosol Ölçüm Yöntemleri

1-Partikül Toplayıcı Yöntem : Havadaki partiküllerin sayı ve büyükliklerinin ölçülmesinde kullanılan bir yöntemdir. Çok küçük parçacıkların tespit edilebilmesi, cihazın önemli karakteristik özelliğidir. Işık saçan sayıcılar, çoğunlukla polisitiren latex küre ile kalibre edilmiştir. Piyasadaki optik sayaçlar, laser difraktometreleri, faz doppler sistemleri, duyarlılık deconvolasyon sistemleri ve laser partikül interasyon sistemlerinden oluşmaktadır. Diğer partikül tespitinde kullanılan yöntemler, elektriksel aerosol analizlerinde kullanılan elektriksel hareketlik tekniklerini içermektedir. Differansiyel mobilite analizörler ve Lidar teknolojisi gibi diğer yöntemler de vardır.

2-Kültür Metodu : Havadan alınan örneklerdeki mikroorganizmalardan sıvı ya da katı besiyerinde belirli süre ve sıcaklıkta inkubasyonu sonucunda gelişen koloniler hesaplanmasına dayanan bir yöntemdir. Kültür tekniğinde örnekleme için özel bir ekipmana gerek yoktur ve uygulanması kolaydır. Havada bulunan mikroorganizmalar canlılıklarını sürdürebilir fakat, stres altında olma gibi çeşitli nedenlerden dolayı koloni oluşturma yeteneklerini kaybetmiş olabilirler. Bu yüzden tahmin edilen düzeyin altında koloni sayısı bulunur ve bu da havada bulunan mikroorganizma sayısının kob olarak gerçek değerini ifade edemez (Heidelberg ve ark., 1997). Mikroorganizma toplam sayısının epifluoresan mikroskopi ile hesaplanması, kültür edilen mikrobial hücrelerin miktarları arasında geniş varyasyonlar (%0,02-%10.6) göstermiştir (Lighthart, 1997). Kültür tekniği, gıda işletmelerinde belirli patojen mikroorganizmaların bozulmasına neden olan mikropların doğrudan identifikasyonunda kullanılmaktadır (Lund, 1996).

3-Floresans ve Mikroskop Teknikleri : Mikroskop yöntemi ile mikroorganizma sayısı ve mikroorganizmaların morfolojik görünümü ile ilgili bilgiler edinilir. Mikroskopik bakıya dayanan yöntemler hızlı ve kolaydır. Havada bulunan mikroorganizmaların otomatik sayaç ile sayılması ve boyutlarının ölçülmesinde floresan mikroskopik metottaki veriler, analiz süresini azaltır (Griffiths ve Decosemo, 1994). Floresan mikroskop yöntemi, filtre üzerinde bulunan ya da impinger sıvıları içerisinde bulunan mikroorganizmaların hesaplamalarında uygulanabilir (Kildeso ve Nielsen, 1997). Faz kontrast mikroskop ise özellikle bakteriyal endospor hesaplamada kullanılır. Bakteri endosporları, koyu renkte görülen vejetatif hücrelerin aksine parlak görünümlüdür. Flurokromojenler; protein, koenzim ve nükleik asit gibi hücrelere yapışarak uygun dalga boylu ışığa maruz kaldıklarında flurosans ışımaya göstermektedir. İlave olarak UV floresans içeren aerosol sayaçlar, biyolojik partiküllerin birçok organik ve inorganik partiküllerden ayrılmasını sağlar (Terzieva ve ark., 1996).

4-ATP Biyoluminesans Yöntemi : ATP hem gıda bileşenlerinde hem de mikrobiyel hücrelerde bulunur. Ateş böceklerinde var olan lusiferaz enzim kompleksi kullanarak ölçülebilir. Örnekte bulunan ATP miktarıyla orantılı olarak, örneğin dış kısmında ışığa meydana gelmektedir. Yöntemin saptama limiti 10^4 hücredir. Yöntem, örnekte yer alan tüm ATP içeren mikrobiyel popülasyonu ölçtüğü için spesifik değildir. Hava kaynaklı hücrelerdeki ATP içeriği ölçüm sırasında aerosolizasyonun etkisiyle stres altında olabilir ve bu da yöntemin saptama etkinlik seviyesini etkileyebilir. Dahası ATP bioluminesans yöntemi ile spor tespiti yapılması uygulanabilir değildir. Çünkü birçok spor içeren örnekte çok az ya da hiç ATP bulunmaz (Wirtanen ve ark., 1997).

5-Moleküler Yöntemler : Moleküler biyoloji saptama yöntemleri, PCR ve gen proplarını içermektedir. Havadaki mikroorganizmaların düşük dozdaki konsantrasyonlarının belirlenmesinde PCR tekniği kullanılabilir. Mikroorganizmaların ortaya çıkarılması ve tanımlanmasında gerekli olan mikroorganizma gelişimini ortadan kaldırmak suretiyle PCR, DNA'nın hedef nükleik asit sekansını belirler. PCR analiz yöntemi, hücrelerin metabolik durumları göz önüne alınmaksızın DNA saptanmasına izin verir. Bu tekniğin hassaslığı ve daha az zamanda yapılabilmesi az sayıda olan hedef mikroorganizmanın belirlenmesi için yapılan aerobiolojik monitorizasyon için uygundur. PCR'a dayalı olarak havada bulunan mikroorganizmaların saptanma çalışmaları, hala gelişme aşamasındadır. PCR kaynaklı teknikler, geçmişleriyle birlikte diğer mikroorganizma grup ya da tür seviyesinde saptama ve identifikasyona olanak verir. Bu tekniğin spesifitesi, duyarlılığı ve uygulama zamanını azaltması, örnek içerisindeki az miktardaki hedef mikroorganizmanın saptanması için uygundur. Fakat daha başarılı çalışmalar için, uzman personel ve özel cihazlara gereksinim vardır (Griffiths ve Decosemo, 1994). Hava örnekleri yüksek konsantrasyonda hedef dışı DNA' lar gibi inhibitör bileşikler içerebilir. Çoğu uygulamalarda örneğin ön zenginleştirilmesine gereksinim vardır.

Moleküler biyolojik yöntemler, bioaerosol içindeki mikroorganizmanın saptanmasında, identifikasyonunda ve nükleik asit hibridizasyonunda kullanılmaktadır. Herbir hibridizasyon biçimi, farklı aerosol konsantrasyonları için uygundur. Koloni hibridizasyon tekniğiyle 24 saat gibi kısa bir süre içerisinde havadaki mikroorganizmayı identifiye etmek mümkündür (Alvarez ve ark., 1995).

Sonuç olarak hava kaynaklı kontaminantların gıda işletmelerinde gıda maddelerinin kontaminasyonlarına neden olabildikleri, gıda işletmelerinde çalışan personelin sağlığının da hava kaynaklı kontaminantlardan olumsuz etkilenebileceği dikkate alınmalı, gıda işletmelerinde HACCP sistemlerinin kurulumunda riskleri ortaya koyarken hava hijyeninin teminine yönelik tedbirlerin alınması sağlanmalı, işletme çevresinde ve işletme içinde hava kaynaklı kontaminasyonları tesbite ve azaltmaya yönelik uygulamalar gerçekleştirilmelidir. Bu amaçla havadan örnek alınmasına yönelik çeşitli cihazların kullanımı daha doğru ve güvenilir sonuçlar vermesi açısından önemlidir. Hava hijyenine yönelik çeşitli tedbirlerin alınması daha sağlıklı gıdaların üretimine de yardımcı olacaktır.

Kaynaklar

- 1-Çöplü, N.: Afyon çay selüloz fabrikasında havanın mikrobiyolojik analizi. Türk Hij.Den.Biol.Derg., 1999; 56(2):87-90.
- 2-Cundith, C.; Kerth, C.R.; Jones, W.R.; Mc Caskey, T.A.; Kuhlers, D.L.: Air-cleaning system effectiveness for control of airborne microbes in a meat-processing plant. J.Food Sci., 2002; 67(3):1170-1174, 2002.
- 3-Nunes, Z.G.; Martins, A.S.; Altoe, A.L.F.; Nishikawa, M.M.; Leite, M.O.; Aguiar, P.F.; Fracalanza, S.E.L.: Indoor air microbiological evaluation of offices, hospitals, industries and shopping centers. Mem.Inst.Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2005; 100(4):351-357.

- 4-Çobanoğlu, N.; Pekcan, S.; Aslan, A.; Kiper, N.: Solunan havada tehlikeler. Astım Allerji İmmünoloji, 2005; 3(2):77-85.
- 5-Ljungquist, B. ve Reinmüller, B.: Interaction between air movements and the dispersion of contaminants clean zones with unidirectional air flow. J.Parent Sci.Tech., 1993; 47, 60-69.
- 6-Wirtanen, G., Miettinen, H., Pahkala, S., Seppo, E. ve Liisa, V.-C.: Clear air solutions in food processing. VTT Publications, 2002:309, 47p.
- 7-Salustiano, S.C., Andrade, N.L., Brandao, S.C.C., Azeredo, R.M.C. ve Lima, S.A.K.: Microbiological air quality of processing areas in a dairy plant as evaluated by the sedimentation technique and a one-stage air sampler. Br. J.Microbiol., 2003; 34, 255-259
- 8-Kang, Y.J. ve Frank, J.F.: Biological aerosols:a review of airborne contamination and its measurement in dairy processing plants. J. Food Prot., 1989a; 52, 512-524.
- 9-Kang, Y.J ve Frank, J.F.: Evaluation of air samplers for recovery of biological aerosols in dairy processing plants. J. Food Prot, 1989b; 52, 665-659.
- 10-Lutgring, K.R., Linton, R.H., Zimmerman, N.J., Peugh, M. ve Heber, A.J.: Distribution and Quantification of bioaerosols in poultry slaughtering plants. 1997; J.Food Prot., 60, 804-810.
- 11-Lee, S.C., Li, W.M. ve Chan, L.Y.: Indoor air quality at restaurants with differnt styles of cooking in metropolitan Hong Kong. The Science of Total Environment, 2001; 12; 279 (1-3), 181-193.
- 12-Jaffal, A.A.; Banat, I.M.; El Magheth, A.A.; Nranze, H.; Bener, A.; Ameen, A.S.: Residential indoor airborne microbial populations in the United Arab Emirates. Environ.Int., 1997; 23(4):529-533.
- 13-Bayer, C.W.; Crow,S.A.; Fischer, J.: Causes of indoor air quality problems in school. 2000; US Dept.Energy, ORNL/M-6633/R1.

- 14-Çobanoğlu, N. ve Kiper, N.: Bina içi solunan havada tehlikeler. Çocuk Sağ.Hast.Derg., 2006; 49:71-75.
- 15-Al-Dagal, M.M.O.: A case study of the influence of microbial quality of air on product shelf life in a meat processing plant, Dairy Food Environ.Sanitat., 1992; 12, 69-70.
- 16-Fiedler, K.; Schütz, E.; Geh, S.: Detection of microbial volatile organic compounds (MVOCs) produced by moulds on various materials. Int.J.Hyg.Environ.Health, 2001; 204:111-121, 2001.
- 17-Lin, W.-H ve Li, C.-S.: Associations of fungal aerosols, air pollutants, and meteorological factors. Aerosol Science and Technology, 2000; 32, 359-368.
- 18- Seltzer, J.M.: Biologic Contaminants. In: Seltzer, J.M., ed. Occupational medicine: state of the art reviews, effects of the indoor environment. Philadelphia, PA; Hanley & Belfus, 1995; 10(1):30.
- 19-Platts-Mills, T.A.E.ve Weck, A.L.: Dust mite allergens and asthma – A worldwide problem. Journal of Allergy and Clinical Immunology, 1989; 83(2). 416-422
- 20-Holah, J.T., Rogers, S.J., Holder, J., Hall, K.E., Taylor, J. ve Brown, K.L.: The evaluation of air disinfection systems. Campden&Chorleywood Food Research Association, 1995; R&D Report No.13.1-22.
- 21-Crook, B. ve Olenchock, S.A.: Industrial workplaces. In: Cox, C.S., Wathes,C.M.,eds. Bioaerosols Handbook, CRC Press., 1995; Boca Raton, FL, pp. 531–545.
- 22-Brown, K.L.: Evaluation of Risks of Airborne Contamination of Food Products. Campden&Chorleywood Research Association, 2001; R&D Report No. 148.
- 23-Brown, K.L.: Guidelines on air quality standards for the food industry, Campden&Chorleywood Food Research Association, 1996; Guideline No:12,143p.

- 24-Sawyer, B., Elenbogen, G., Rao, K.C., O'Brien, P., Zenz, D.R. ve Lue-Hing, C.: Bacterial aerosol emission rates from municipal wastewater aeration tanks. *Applied and Environmental Microbiology*, 1993; 59(10), 3183–3186.
- 25-Spurlock A T ve Zottola E A.: The survival of *Listeria monocytogenes* in aerosols. *J Food Prot.* 1991;54:910–912.
- 26-Stersky , A.K., Heldman, D.R. ve Hedrick, T.I.: Viability of airborne *Salmonella newbrunswick* under various conditions. *Journal of Dairy Science*, 1972; 55, 14-18.
- 27-Griffiths, W.D ve De Cosemo, G.A.L.: The assesment of bioaerosols: a critical reviews. *Journal of Aerosol Science*, 1994; 25, 1425-1458.
- 28-Kowalski, W.J. ve Bahnfleth, W. (1998). Airborne respiratory disease and mechanical systems for control of microbes. *HPAC Eng.*, 1998; 70, 34-48.
- 29-Fischer, G.; Dott, W.: Relevance of airborne fungi and their secondary metabolites for environmental, occupational and indoor hygiene. *Arch.Microbiol.*, 2003; 179:75-82, 2003.
- 30-Curtis, L., Lieberman, A., Stark, M., Rea, W. ve Vetter, M.: Adverse health effects of indoor molds, *J.Nutritional and Environmental Medicine*, 2004; 14(3), 261-274.
- 31-Adhikari, A.; Reponen, T.; Lee, S.-A.; Grinshpun, S.A.: Assessment of human exposure to airborne fungi in agricultural confinements : Personel inhalable sampling versus stationary sampling. *Ann.Agric.EnvIRON.Med.*, 2004; 11:269-277.
- 32-Aşan, A., İlhan, S., Şen, B., Erkara, İ.P., Filik, C. ve Çabuk, A.: Airborne fungi and actinomycetes concentrations in the air of Eskişehir City (Turkey), Indoor and Built Environment, 2004; 13, 63-74.
- 33-Beijer, L., Thorn, J. ve Raylender, R.: Mould exposure at home relates to inflammatory markers in blood. *European Respiratory Journal*, 2003; 21, 317-322

- 34-Wirtanen, G. ve Salo, S.: Hygiene Control in Nordic Dairies. VTT Publications. 2004; 545, 253 p.
- 35-Curiel, G.J., van Eijk,H.M.J., Lelieveld,H.L.M.: Process Hygiene. Risk and Control of Airborne Contamination. In: Robinson,R.K., Batt,C.A., Patel,P., eds. Encyclopedia of Food Microbiology, New York, Academic Press,Inc., 1999; 2372p.
- 36-Stetzenbach, L.D., Buttner, M.P., Cruz, P.: Detection and enumeration of airborne biocontaminants. Current Opinion in Biotechnology, 2004; 15, 170-174.
- 37-Fung, D.Y.C.: Rapid Methods and Automation in Microbiology. Comprehensive reviews in food science and food safety, 2002; 1:3-6.
- 38-Bintsis, T., Litopoulou-Tzanetaki, E. ve Robinson, R.K.: Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry a critical review, Journal of the Science of Food and Agriculture , 2000; 80, 637-645.
- 39-Heidelberg, J.F., Shahamat, M., Levin, M., Rahman, I., Stelma, G., Grim, C.: Effect of aerosolization on culturability and viability of gram-negative bacteria. Applied and Environmental Microbiology, 1997; 63, 3585-3588.
- 40-Lighthart, B.: The ecology of bacteria in the alfresco atmosphere. FEMS Microbiology Ecology, 1997; 23, 263-274.
- 41-Lund, F.: Direct identification of the common cheese contaminant *Penicillium commune* in factory airsamples as an aid to factory hygiene. Letters in Applied Microbiology, 1996; 22, 339-341
- 42-Kildeso, J. ve Nielsen, B.H.: Exposure assessment of airborne microorganisms by fluorescence microscopy and image processing. Annals of Occupational Hygiene, 1997; 41, 201-216.

43-Terzieva, S., Donnelly, J., Ulevicius, V., Grinshpun, S.A., Willeke, K., Stelma, G.N.: Comparison of methods for detection and enumeration of airborne microorganisms collected by liquid impingement. *Applied Environment Microbiology*, 1996; 62, 2264-2272.

44-Wirtanen, G., Salo, S., Maukonen, J., Bredhold, S.A. ve Mattila-Sandholm, T.: Nordfood sanitation in dairies. *VTT Publications*, 1997; 309, 47p.

45-Alvarez, A.J., Buttner, M.P. ve Stetzenbach, L.D.: PCR for Bioaerosol Monitoring: Sensitivity and Environmental Interference, *Applied and Environmental Microbiology*, 1995; 61, 3639-3644.

İletişim Adresi:

Harun AKSU; İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı 34851, Avcılar/İstanbul. Tel: 0212 473 70 70 Faks: 0212 591 38 94
Email: h.aksu@istanbul.edu.tr