

İstanbul'daki Bazı Yiyecek ve İçecek İşletmelerinde İç Ortam Havaasının Mikrobiyolojik Kalitesi¹

Başak Gökçe ÇÖL

İstanbul Gelişim Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi,
Beslenme ve Diyetetik Bölümü
bgcol@gelisim.edu.tr
ORCID: 0000-0002-7627-9867

Harun AKSU

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Veteriner Fakültesi,
Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı
h.aksu@iuc.edu.tr
ORCID: 0000-0001-5948-2030

Geliş tarihi / Received: 13.03.2023

Kabul tarihi / Accepted: 28.04.2023

Öz

Yiyecek ve içecek işletmelerinde iç ortam havaasının kalitesi, gıdaların kalite özellikleri ve raf ömürlerinin korunmasında önemli bir unsurdur. İç ortam havaasındaki virüs, maya-küf, bakteri gibi biyolojik kirleticiler, gıdaların bozulmalarına sebep oldukları gibi insan sağlığına da zarar verebilirler. Bu çalışma, çeşitli gıda işletmelerindeki mutfakların iç ortam mikrobiyolojik kalitelerini değerlendirmek amacıyla İstanbul'da gerçekleştirilmiştir. Üç ay boyunca 10 farklı yiyecek ve içecek işletmesinin iç ortam havaasından aylık olarak hava örnekleme cihazı ile alınan örnekler mikrobiyolojik açıdan analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre mutfakların çeşitli bölümlerindeki ortalama toplam mezofilik aerob ve maya-küf sayıları sırasıyla 2,16-2,63 log kob/m³ ve 2,37-2,61 log kob/m³ arasında hesaplanmıştır. İşletmelerin altısında toplam mezofilik aerob bakteri açısından ortalama hava kalitesinin orta, dördünde kötü iken, toplam maya-küf açısından yedi işletmenin kötü, üç işletmenin ise orta sınıfta değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, işletmelerin iç ortam havaasının mikrobiyolojik yükünü azaltarak, havanın kalitesini artırmak için gerekli düzeltici-iyileştirici önlemleri alması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hava hijyeni, mutfak, kalite, mikrobiyal yük, gıda güvenliği

¹ İlgili çalışma, sorumlu yazarın yüksek lisans tezinden türetilmiştir

Microbiological Quality of Indoor Air in Several Food and Beverage Businesses in Istanbul

Abstract

In food and beverage businesses, the quality of indoor air is an important factor in maintaining the quality characteristics and shelf life of food. Biological pollutants, such as viruses, yeast, mildew, and bacteria in the indoor air, can cause deterioration of food and harm human health. This study was carried out in Istanbul to evaluate the indoor microbiological air quality of the kitchens of various food businesses. Samples were taken monthly from the indoor air of 10 different food and beverage businesses with an air sampling device for three months and were analyzed microbiologically. According to the results of the analysis, the average total mesophilic aerobe and yeast-mold counts in various parts of the kitchens were calculated to be between 2.16-2.63 log cfu/m³ and 2.37-2.61 log cfu/m³, respectively. While the average air quality was moderate in terms of total mesophilic aerobic bacteria in six of the enterprises and bad in four, seven enterprises were evaluated as bad in terms of total yeast-mold, and three enterprises were evaluated in the middle class. Based on the findings, it was concluded that the enterprises should take necessary corrective-remedial measures to increase the air quality by reducing the microbiological load of the indoor air.

Keywords: *Air hygiene, kitchen, quality, microbial load, food safety*

Giriş

Yiyecek ve içecek işletmeleri gibi çok sayıda insana hizmet veren toplu tüketim yapılan yerlerde üretim, servis, depo, mal kabul ve çeşitli hazırlık (tatlı, sebze, et vb.) bölümlerindeki havanın mikrobiyal kalitesi, üretilen gıdaların kalitesi ve raf ömrünü etkilemektedir. Bu işletmelerde hava kalitesinin değerlendirilmesi, gıdaların hijyenik koşullarda üretilmesi ve potansiyel sağlık risklerinin kontrol edilmesi açısından önem arz etmektedir. İşletmelerin konumu, kullanılan malzemeler, gıda işleme yöntemleri, çalışma koşulları ve personel gibi pek çok faktör iç ortam havasının kalitesini etkileyen unsurlardır (Klinmalee vd., 2009; Shilpa vd., 2013). İç ortam havasının mikrobiyal kalitesi gıdaların kontaminasyon riskini artırması yanı sıra çalışan personelin de sağlığını olumsuz etkileyebilmektedir (Çöl ve Aksu, 2007).

Dış mekânlara oranla günün %80-95'ini iç me-

kânlarda geçiren insanların, günde 15 m³ havaya ihtiyaç duyduğu ve ortalama 6-10 lt/dk nefes aldığı düşünülürse iç ortam havasının incelenmesi ve değerlendirilmesi kritik öneme sahiptir (Al Madhoun vd., 2017; Dang vd., 2020; Wood vd., 2002). Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Kurumu (EPA) iç mekân hava kirliliğinin başlıca kardiyovasküler, akciğer ve solunum yolu hastalıklarının oluşma ihtimalini artıracığı belirtilmektedir (Shin vd., 2015). Havada süspansiyon halinde bulunan, 0,02 µm ile 100 µm büyüklüğündeki katı ve sıvı parçacıkları içeren aerosoller genellikle bakteri, maya-küf ve virüs gibi mikroorganizmalar ile toz akarları, deri parçaları veya polen taneleri gibi organik toz parçalarını barındıran biyoaerosollerden oluşmaktadır (Ferguson vd., 2019; Goh vd., 2000; Maier vd., 2009). Biyoaerosollerden özellikle alerjenik veya toksijenik küf mantarlarının oluşturacağı potansiyel sağlık tehlikeleri ve bunların iç hava kalitesi ile ilişkisi büyük endişe uyandırmaktadır (Nasir ve Colbeck,

2010). İnsanlarda alerjik reaksiyonlar, burun akıntısı, gözlerde sulanma, baş ağrısı mide bulantısı, genel halsizlik ve solunum yolu enfeksiyonları gibi çeşitli semptomları kapsayan hasta bina sendromu (Cabral, 2010) ve çeşitli enfeksiyonlara (Goh vd., 2000) neden olan, havadaki bakteri ve maya-küf gibi biyolojik kirleticiler, hava kalitesini, ekosistemi ve insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir (Després vd., 2012). Özellikle bu mikrobiyal ajanlara maruz kalmak, insanlarda aşırı duyarlılık, pnömoni, alerjik alveolit, kronik rinosinüzit, rinit, astım gibi durumların oluşma riskini artırmaktadır (Crawford vd., 2015; Madureira vd., 2015a; Mashat, 2015; Yassin ve Almouqatea, 2010). Partiküllerin insan solunum sistemi üzerindeki etkilerini belirlemede, havadaki partiküllerin boyutu ve dağılımı ile birikimleri belirleyicidir. İç mekân biyoaerosollerinin hem konsantrasyon hem de boyut dağılımları çok çeşitli biyotik ve abiyotik faktörlere bağlıdır ve bu faktörler mekânsal olarak değişiklik gösterebilmektedir (Rajasekar ve Balasubramanian, 2011). Genel olarak, 30–40°C’lerde 20–30°C’ye kıyasla daha yüksek biyoaerosol konsantrasyonları gözlemlenmiştir (Deguchi ve Yoshizawa, 1996). Yapılan çalışmalar, işletmelerde yapı malzemelerinin, ortam sıcaklığının ve relatif rutubet değerlerinin (Kim vd., 2009; Rajasekar ve Balasubramanian, 2011; Yassin ve Almouqatea, 2010), havalandırma sistemlerinin (Lee, Guo, Li ve Chan, 2002), insan, evcil hayvan ve bitki varlıklarının (Madureira vd., 2015b), insan aktivitelerinin (konuşma, hapşırma, yürüme vb), ekipman ve donanımların (Deguchi ve Yoshizawa 1996; Qian, Hospodsky, Yamamoto, Nazaroff ve Peccia, 2015) iç mekân biyoaerosol seviyelerini önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. Ayrıca dış kaynaklı kirleticilerin, bina açıklıklarından (pencere, kapılar, havalandırma sistemi vb.) girerek iç mekân kirletici seviyelerinde büyük ölçüde artışa neden oldukları da bildirilmektedir (Kim vd., 2009; Rajasekar ve

Balasubramanian, 2011; Yassin ve Almouqatea, 2010). Gıda işletmelerinde indirekt olarak gıdaların çapraz bulaşma yoluyla kontamine olmasına neden olabilecek kaynaklardan birisi de şüphesiz havadır (Kang ve Frank 1990). Havadaki enfeksiyöz özellikte ve bozulma yapıcı mikrobiyal ajanlar, biyoaerosoller ve damlacıklar yoluyla ortamda yayılma potansiyeline sahiptirler (Fernstrom ve Goldblatt, 2013; Luongo vd., 2016). İnsan yoğunluğunun fazla olduğu toplu tüketim yerlerinden biri olan kafeterya ve benzer tesislerde iç ortam havasının kalitesini etkileyebilecek faaliyetlerin başında gıda işleme (Lee ve Jo, 2006), yemek pişirme ve temizlik işlemleri gelmektedir. Et ve süt gibi gıda işletmelerinin malzeme kabul, gıda işleme ve paketleme alanlarındaki hava kalitesi, üretimin hijyenik koşullarda gerçekleşmesi ve kaliteli ürünlerin sağlanmasında kritik kontrol noktalarıdır ve düzenli olarak izlenmelidir. Gıda üretimi yapan işletmelerde hava örneklerinin alınmasındaki başlıca amaçlar; iş günü boyunca ortalama mikroorganizma sayısının tespiti, havanın gıdalara çapraz bulaşmadaki etkisini belirlemek, hava filtreleme sistemlerinin performanslarını doğrulamak veya buharlaştırıcı kondansatörler gibi potansiyel mikrobiyal aerosol kaynaklarının mevcut risklerini değerlendirmektir (Vinayananda vd., 2018). İç ve dış hava ortam kalitesinin değerlendirilmesinde toplam bakteri ve küf sayısı iki önemli mikrobiyal kalite parametresidir (Yassin ve Almouqatea, 2010). Bina içindeki maya-küf seviyelerinin özellikle binadaki nem sorunlarından kaynaklandığı belirtilmiştir (Kallio-koski vd., 2002). Havadaki bakteri konsantrasyonunu etkileyen faktörlerin arasında ise gıda malzemelerinin türü, işletmelerin temizlik şekli ve sıklığı ile havalandırma sistemleri, dış iklim koşulları ve binada bulunan kişi sayıları önem arz etmektedir (Asif vd., 2019). Kapalı yemek servis alanındaki mikrobiyal konsantrasyon seviyelerinin, açık yemek alanlarına kıyasla daha

yüksek olduğu bildirilmiştir (Rajasekar ve Balasubramanian, 2011). Diğer bir çalışmada da üç farklı kafeteryadan alınan hava örneklerinde; dış ortam havasındaki maya-küf konstrasyonu iç ortam havasına kıyasla daha yüksek iken, iç ortam havasındaki bakteriyel yük ise dış ortam oranla 6,2 kat daha fazla tespit edilmiştir (Asif vd., 2019). Genellikle biyoaerosol olarak değerlendirilen mikrobiyolojik parametrelerin göstergesi olarak toplam mezofilik bakteri (insan ve hayvan kaynaklı kontaminasyon) ve maya-küf (çevresel kontaminasyon; genellikle yüksek nem ve toz varlığı, kötü ve yetersiz hava kalitesi) sayıları kullanılmaktadır (Osmani vd. 2016).

Bu çalışma, kafeterya, restoran ve toplu yemek hizmeti sunan çeşitli gıda işletmelerindeki mutfakların farklı bölümlerinde iç ortam havasının mikrobiyolojik (toplam mezofilik aerob bakteri ve maya-küf) yüklerini belirlemek ve çeşitli çevresel faktörleri değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Gereç ve Yöntem

Hava örnekleme

Örnekler, İstanbul'da faaliyet gösteren toplam üçü toplu yemek hizmeti sunan işletme (catering), üçü restoran ve dördü kafeterya olmak üzere toplam 10 adet yiyecek ve içecek işletmesinin mutfaklarının çeşitli kısımlarından hava örnekleme cihazı (Desaga Germ Sampler, GS 100) kullanılarak, çarpıtma yöntemine göre alınmıştır. Kullanım öncesinde cihazın metal başlığı otoklavda 121oC'de 15 dakika bekletilerek sterilize edilmiş olup ayrıca her ölçüm öncesinde de başlık %70'lik etil alkolle muamele edilerek dezenfeksiyonu sağlanmıştır. Örnekleme cihazına sırasıyla maya-küf sayısı için Dichloram Rose Bengal Agar (DRBC; Oxoid CM 0727) ve toplam mezofilik aerob bakteri sayısı için ise Plate Count Agar (PCA; Oxoid

CM0325) içeren petri kapları yerleştirilmiştir. Hava örnekleri her bir bölümden 100 L, 500 L ve 1000 L için sırasıyla 1 dk, 5 dk ve 10 dk süre ile toplanmıştır. Toplanan petri kapları, soğuk zincir altında muhafaza edilerek laboratuvara ulaştırılmıştır.

Mikroorganizma sayımı

PCA besiyerini içeren petriler toplam mezofilik aerob bakteri için 35-37oC'de 48 saat, DRBC agar içeren petriler ise maya-küf için 25oC'de 5 gün inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonucunda PCA ve DRBC besiyerlerinde gelişen koloniler sayılmıştır. Koloni sayıları cihazın kullanım kılavuzundaki istatistiki dönüşüm tablosu kullanılarak muhtemel/istatistiksel (istatistik olarak cihaz başlığındaki deliklerden bird-en fazla mikroorganizmanın geçme ihtimaline karşılık) koloni sayına çevrilmiştir. Havadaki mikroorganizma sayıları kob/L biriminden kob/m³ birimine aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmış ve logaritmik hale dönüştürülerek sonuçlar log kob/m³ biriminden verilmiştir (Çöl, 2006; Rodriguez vd. 2011).

$$X=(Pr \times 1000)/V$$

X: kob/m³ biriminden sayı, Pr: Muhtemel koloni sayısı, V: Örnek alınan havanın hacmi

İstatistiksel analizler

Elde edilen sonuçların karşılaştırılmasında IBMSPSS 22 (SPSS Inc., Chicago, USA) yazılımından yararlanılarak, tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey HSD (Honestly Significant Difference) testi kullanılarak uygulanmıştır. Anlamlılık P <0,05 düzeyinde değerlendirilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Yiyecek ve içecek işletmelerinde mutfakların farklı bölümlerinden elde edilen toplam mezo-

filik aerob bakteri ve maya-küf sayıları en düşük, en yüksek ve ortalama değerleri alınarak log kob/m³ biriminden Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1

Yiyecek ve içecek işletmelerinde farklı mutfak bölümlerinin ortalama mikrobiyal yükü (log kob/m³)

Bölüm	Toplam mezofilik aerob bakteri			Toplam maya-küf		
	En düşük	En fazla	Ortalama	En düşük	En fazla	Ortalama
Tatlı Hazırlama	2,17	2,88	2,47	2,31	2,78	2,57
Sebze Hazırlama	2,02	2,88	2,52	2,24	2,62	2,49
Servis Alanı	2,29	2,54	2,41	2,39	2,80	2,61
Et Hazırlama	2,22	2,67	2,44	1,85	2,84	2,37
Soğuk Depo	1,87	2,50	2,16	1,94	2,77	2,42
Sıcak Mutfak	2,22	2,80	2,63	1,71	3,16	2,54

İşletmelerin genel hava kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılan ortalama toplam mezofilik aerob bakteri ve maya-küf sayıları ile standart sapmaları ise Çizelge 2’de gösterilmiştir. Yapılan çalışmada on işletme mutfağının çeşitli alanlarından elde edilen sonuçlara göre; ortalama en düşük mezofilik aerob bakteri sayısı soğuk depolardan, en yüksek sayı ise sıcak mutfaklardan elde edilmiştir. Ortalama en düşük maya-küf sayısı ise et hazırlık bölümlerinden elde edilirken, en yüksek sayı servis hazırlık alanlarında saptanmıştır. İç ortam hava kalitesinin toplam mezofilik aerob bakteri ve maya-küf sayıları açısından sınıflandırılmasında A (iyi) <100 (2 log) kob/ m³, B (orta) 100–300 (2-2,48 log) kob/m³ ve C (kötü) >300 (2,48 log) kob/ m³ değerleri referans alınmıştır (Al-Dagal vd., 1992; Al-Dagal ve Fung, 2013; Garcia vd. 2019). Buna göre işletmelerin genel olarak mikrobiyolojik hava kaliteleri mezofilik aerob

bakteri açısından altı işletmede B (orta), dört işletmede C (kötü) sınıfı iken, maya-küf sayıları açısından yedi işletmede C (kötü), üç işletmede ise B (orta) olarak değerlendirilmiştir. Çizelge 2’deki ortalama toplam mezofilik aerob bakteri ve maya-küf sayıları istatistiksel olarak analiz edildiğinde işletmeler arasında maya-küf sonuçları açısından anlamlı bir fark olmadığı saptanmıştır. Ortalama mezofilik aerob bakteri sayısı açısından ise bazı işletmeler arasında istatistiki olarak anlamlı farklar ($P < 0,05$) tespit edilmiştir. D işletmesi ile C, E ve G işletmeleri arasında istatistiki olarak anlamlı farklar olduğu halde D işletmesiyle A, B, F, H, İ, J işletmeleri arasında anlamlı farklar bulunmamaktadır. Bu durumun Klinmalee vd (2009) ve Shilpa vd. (2013) belirttikleri gibi çalışan kişi sayısı ve iş yerlerinin fiziksel ortam koşullarının farklılığından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 2

Yiyecek ve içecek işletmelerinin ortalama genel mikrobiyal yükü (log kob/m³)

İşletme	Toplam mezofilik aerob	Toplam maya-küf
A	2,76±0,11 ^a	2,11±0,58 ^a
B	2,38±0,14 ^{ab}	2,52±0,04 ^a
C	2,24±0,31 ^b	2,35±0,37 ^a
D	2,76±0,13 ^a	2,51±0,18 ^a
E	2,16±0,12 ^b	2,51±0,24 ^a
F	2,37±0,22 ^{ab}	2,59±0,05 ^a
G	2,13±0,23 ^b	2,80±0,04 ^a
H	2,56±0,05 ^{ab}	2,55±0,10 ^a
I	2,47±0,07 ^{ab}	2,40±0,07 ^a

^{a,b}Aynı sütundaki farklı harfler ortalamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir ($P < 0,05$).

Tatlı hazırlama ünitelerinden alınan hava örnek sonuçlarına göre; ortalama toplam mezofilik aerob bakteri sayıları 2,47 log kob/m³, ma-ya-küf sayıları ise 2,57 log kob/m³ aralığın- dadır. Fırın ve pastane ürünlerinin hazırlandığı yerlerde yapılan çalışmalarda maya-küf sayıları Fransa'da 38-5170 (1,56-3,71 log) kob/m³ (Simmeray vd., 1995), Brezilya'da 65-2290 (1,81-3,36 log) kob/m³ (Freire, 2011), düzeylerinde tespit edilmiştir. Bu çalışmadaki veriler, ilgili çalışma sonuçlarıyla uyumlu olmakla birlikte tatlı hazırlık alanlarındaki en fazla maya-küf sayısı 2,88 log kob/m³ bulunmuştur. Oraikul, Smith ve Koersen (1987) beş fırından aldıkları hava örneklerinde toplam canlı sayısını 180-5600 (2,26-3,75) kob/m³ hazırlama, maya-küf sayısını ise 50-2000 (1,70-3,30) kob/ m³ bulmuşlardır. En yüksek sayının gözlemlendiği B işletmesindeki muhtemel farkı yirmi beş çalışanı ile en büyük ve en geniş ürün yelpazesine sahip işletme olmasıyla ilişkilendirmişlerdir. Garcia vd. (2019), Al-Dagal ve Fung (2013) tarafından geliştirilen hava kalitesi sınıflandırmasını ma-ya-küf sayılarına göre (0-100) temiz, (100-300) kabul edilebilir, (>300) kabul edilemez olarak değerlendirmişlerdir. Buna göre örnek aldıkları

işletmelerin maya-küf sayıları açısından %75 oranında kabul edilebilir, %25 oranında ise kabul edilemez olduğunu göstermişlerdir. Bu çalışmada da işletmelerin tatlı hazırlık bölümlerinden alınan hava örneklerinin ortalaması mezofilik aerob bakteri açısından kabul edilebilir iken, maya-küf sayıları açısından kabul edilemez olarak tespit edilmiştir.

Yiyecek ve içecek işletmelerinin sebze hazırlama bölümlerinden elde edilen ortalama toplam mezofilik aerob bakteri ve maya-küf değerlerine bakıldığında sırasıyla 2,52 ve 2,49 log kob/m³ olarak bulunmuştur. Sonuçların Brown (2021) tarafından sebze yıkama bölümlerinden elde edilen maya-küf sayısından (3,06 log kob/m³) düşük olduğu görülmüştür. Araştırmacı tarafından yeşillikler ile birlikte topraktan gelen mikroorganizmaların yıkama esnasında havaya karışarak, sebze yıkama bölümlerindeki mikrobiyal yük üzerinde etkili olacağı belirtilmiştir. Salata gibi taze ürünlere tüketilmeden önce ısıtma gibi herhangi bir inaktivasyon işleminin uygulanmaması sebebiyle bu ürünlerin patojen mikroorganizma bulundurma riskinde artış görülmektedir (Beuchat, 2002; Sapers, 2003).

Lehto vd. (2011) taze kesilmiş sebze üretimi yapan işletmede havadaki en yüksek mikrobiyal değerler önceden işlenmiş sebzelerin depolandığı geçici depolama alanında saptarken, depo, ön işleme ve işleme odaları ile paketlemenin yapıldığı alanlarda da kısmen yüksek değerler >3 log kob/m³ (>1000 kob/m³) elde edilmiştir. Bu çalışmadaki verilerin Lehto vd. (2011) sonuçları ile kıyaslandığında daha düşük olduğu saptanmıştır.

Kanatlı hayvan işleme tesislerinde, iç ortam havasında bulunan mikroorganizmalar, çalışma yüzeylerine, ekipmanlara ve personelin ellerine bulaşarak kontaminasyona neden oldukları bildirilmektedir (Whyte, 2001). Çalışmamızda et hazırlık bölümlerinden örnek alınan işletmelerdeki ortalama maya-küf sayısı 2,37 log kob/m³ bulunmuştur. Ellerbroek (1997) tarafından yapılan çalışmada kanatlı işletmelerinde toplam mezofilik aerob bakteri sayısı iç organların çıkartıldığı alanlarda 2,63 log kob/m³ ve parçalama alanında 1,04 log kob/m³ olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmadaki ortalama toplam mezofilik aerob bakteri sayısı (2,44 log kob/cm³) Ellerbroek (1997) tarafından parçalama bölümünde elde edilen sonuçtan yüksek, iç organların çıkarıldığı alanlardan ise düşük olduğu görülmüştür. Al-Dagal (1992) ile Al-Dagal ve Fung (2013) tarafından et işletmelerindeki iç ortam hava kalitesinin toplam canlı sayısı açısından sınıflandırmasına göre bu çalışmadaki et hazırlama alanlarının ortalama toplam aerob bakteri sayıları B (orta) sınıfı olduğu sonucuna varılmıştır.

İşletmelerin soğuk hava depolarından alınan hava örnek sonuçlarının ortalama toplam mezofilik aerob bakteri ve maya-küf sayıları sırasıyla 2,16-2,42 log kob/m³ bulunmuştur. Pearce vd. (2019), domuz kesimhanesindeki soğutucularda mezofilik aerobik bakteri sayısının proses başladıktan iki saat sonra 2,34 log kob/m³ old-

uğunu ve 11 saat süren çalışma sonucunda 2,74 log kob/m³ değerine ulaştığını tespit etmişlerdir. Bu çalışmadaki sonuçlara bakıldığında en yüksek ortalama toplam mezofilik aerob bakteri sayısı 2,50 log kob/m³ olarak tespit edilmiştir. İşletmelerde çalışma günü boyunca kalınmadığı için gün sonundaki en yüksek mikrobiyal yük açısından kıyaslama yapılamamaktadır. Byrne vd. (2008), domuz işleme tesisinin şok soğutucularından aldıkları alınan hava örneklerinde 100 veya <100 kob/m³ bulmuşlardır. Mevcut çalışmadaki ortalama sonuçların tümü bu değerden yüksek bulunmuştur.

İşletmelerin sıcak mutfak bölümlerinden alınan ortalama hava örnek sonuçlarına göre toplam mezofilik aerob bakteri sayısının 2,63 log kob/m³, maya-küf sayısının ise 2,54 log kob/m³ olduğu saptanmıştır. Byrne vd. (2008), domuz işleme tesisinin pişirme kısmından gün boyunca farklı zamanlarda aldıkları hava örnek sonuçlarının B sınıfı (100-300 kob/m³) olduğunu bildirmiştir. Benzer şekilde Asif vd. (2019) yaptıkları çalışmada, bazı kafeteryalardan daha yüksek bakteri konsantrasyonu tespit edilmesini, uzun çalışma saatlerine ve bu yerlerdeki daha yoğun yemek pişirme ve bulaşık yıkama faaliyetlerine bağlamışlardır. Bu çalışmadaki veriler Byrne vd. (2018) ile kıyaslandığında her iki parametre açısından sıcak mutfaklardan alınan hava örneklerinin ortalama sonuçlarının C sınıfı >300 kob/m³ olduğu ve çalışmada elde edilen en yüksek maya-küf sayısının da 3,16 log kob/m³ değerinde sıcak mutfaktan elde edildiği tespit edilmiştir.

İşletme mutfaklarının servis alanlarından alınan hava örneklerinin ortalama mikrobiyal yükleri ise toplam mezofilik aerob bakteri sayısı açısından 2,41 log kob/m³, maya-küf sayısı açısından 2,61 log kob/m³ olarak bulunmuştur. Servis bölümündeki yiyeceklerin tüketime hazır halde bekletilmesi, servis personeli aracılığıyla

buradan servise sunulması ve yoğun personel hareketliliğinin servis hazırlık bölümlerindeki ortam havasının mikrobiyolojik yükünü artırdığı düşünülmektedir (Rajasekar ve Balasubramanian, 2011). Rodríguez-Caturla vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada okul kantinlerindeki mutfağın tüm gıda işleme alanlarındaki toplam mezofilik aerob bakteri sayısı >300 kob/m³ ve ortalama 1208 kob/m³ olarak bulunmuştur. Rodríguez-Caturla (2012) yüksek mikrobiyal yükü işletmelerde çalışan fazla personel sayısı ile ilişkilendirmişlerdir. Bir iş günü boyunca bir personelin ortamda 240 ila 2400 milyon arasında parçacık ürettiği bilinmektedir (Jericho vd., 2000). Yaptığımız çalışmada da mutfak bölümlerinde fazla çıkan mikrobiyal yükün fazla personel sayısına ve aktivitesi ile ilişkili olabileceğini düşündürmektedir.

Sonuç

Yiyecek ve içecek işletmelerinde özellikle tüketime hazır gıdaların üretim, işleme, depolama ve servis edildiği alanlardaki iç ortam hava kalitesinin önemi azımsanmayacak düzeydedir. İşletmelerin konumu, kullanılan malzemeler, gıda işleme yöntemleri, çalışma şartları ve personel gibi pek çok faktör, iç ortam havasının kalitesini etkilemektedir. Özellikle gıda işleme ve servis alanlarında açıkta bekletilen tüketime hazır gıdalar hava kaynaklı bakteri ve maya-küf gibi mikroorganizmalar ile kontamine olarak, gıda kaynaklı bozulmalara ve hastalıklara yol açabilirler. Bu çalışmada, yiyecek ve içecek işletmelerinin çeşitli mutfak bölümlerinden alınan hava örneklerinin ortalaması toplam mezofilik aerob bakteri açısından değerlendirildiğinde sebze hazırlama ve sıcak mutfak kısımlarından alınan örnekler ile maya-küf sayıları açısından et hazırlama ve soğuk depo alanları dışındaki kısımların kötü olduğu tespit edilmiştir. İşletmelerin genel olarak mezofilik aerob bakteri ve maya-küf sayıları açısından

hava kaliteleri değerlendirildiğinde ise sırasıyla %40 ve %70 oranında kötü durumda oldukları sonucuna varılmıştır. Bu sebeple gıda işletmelerinde iç ortam havasının mikrobiyal yükünü en aza indirmek amaçlı çeşitli önlemler alınması gerektiği düşünülmektedir. Bu önlemler arasında havalandırma sistemlerinin uygun dizayn edilmesi ve sistem bakımlarının düzenli yapılması, UV ışınlama, sisleme, ozon, hepa filtre benzeri hava dezenfeksiyon yöntemlerinden işletmeye uygun olanının seçilmesi, zemin, duvar, tavan gibi kısımların temizlenmesi kolay, kir birikmesine, nem yoğunlaşmasına ve küflenmeye izin vermeyecek şekilde yapılandırılması, gıdaların muhafaza ve işlendiği alanlarda uygun sıcaklık ve nem değerlerinin sağlanması, gıdaların hazırlama, pişirme ve muhafaza gibi işlemlerinin yapıldığı alanların birbirinden belirgin ayrımının sağlanması sayılabilir. Bununla birlikte işe uygun alet ve ekipmanların kullanılması, tahta, kâğıt veya ambalaj gibi ortam havasının kalitesini negatif etkileyecek atık maddelerinin ortamdan uzaklaştırılması ve çalışan personelin düzenli eğitimlerinin yanı sıra etkin sanitasyon prosedürlerinin sürdürülmesi de hava kalitesinin iyileştirilmesi adına uygulanacak öneriler arasında sayılabilir.

Gıda güvenliği ve halk sağlığı açısından iç ortam hava kalitesini sağlamak ve iyileştirmek adına gıda sektörünün farklı alanlarını kapsayan iç ortam hava kalitesine ait referans değerlere ihtiyaç duyulmakla birlikte her işletmenin belirli aralıklarla hava örnekleri alması ve iç ortam havasının mikrobiyolojik yükünü en az düzeyde tutacak şekilde hava kalitesini iyileştirici gerekli önemleri alması önem arz etmektedir.

Kaynakça

Al-Dagal, M., Mo, O., Fung, D. Y. C., Kastner, C. (1992). A case study of the influence of microbial quality of air on product shelf life

in a meat processing plant. *Dairy, Food and Environmental Sanitation (USA)*, 12, 69–70.

Al-Dagal, M., Fung, D. Y. (1993). Aeromicrobiology: An assessment of a new meat research complex. *Journal of Environmental Health*, 56(1), 7–4.

Al Madhoun, W. A., Abed, E.Y., Elmanama, A. A., Kim, H., Xu, X. (2017). Assessment of indoor microbial environment of labs and faculty offices at a university in Gaza, Palestine. In O. Eljamal (Ed.), *Proceedings of International Exchange and Innovation Conference on Engineering & Sciences* (pp. 11–14). Kyushu University.

Asif, A., Zeeshan, M., Jahanzaib, M. (2019). Assessment of indoor and outdoor microbial air quality of cafeterias of an educational institute. *Atmospheric Pollution Research*, 10(2), 531–536. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2018.09.012>

Beuchat, L. R. (2002, August). Difficulties in eliminating human pathogenic microorganisms on raw fruits and vegetables. In N.E. Looney (Ed.), *XXVI International Horticultural Congress: Horticulture, Art and Science for Life-The Colloquia Presentations* (pp. 151–160). Acta Horticulturae.

Brown, K. L. (Ed.). (2001). *Evaluation of Risks of Airborne Contamination of Food Products*. Campden and Chorleywood Research Association.

Byrne, B., Lyng, J., Dunne, G., Bolton, D. J. (2008). An assessment of the microbial quality of the air within a pork processing plant. *Food Control*, 19(9), 915–920. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2007.08.016>

Cabral, J. P. (2010). Can we use indoor fungi

as bioindicators of indoor air quality? Historical perspectives and open questions. *Science of The Total Environment*, 408(20), 4285–4295. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.07.005>

Crawford, J. A., Rosenbaum, P. F., Anagnost, S. E., Hunt, A., Abraham, J. L. (2015). Indicators of airborne fungal concentrations in urban homes: Understanding the conditions that affect indoor fungal exposures. *Science of The Total Environment*, 517, 113–124. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.02.060>

Çöl, B. G. (2006). *Gıda işletmelerinde ortam havasının mikrobiyal yükü üzerine bir araştırma*. (Tez no. 192912) [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.

Çöl, B. G., Aksu, H. (2007). Gıda işletmelerinde ortam havasının mikrobiyel yükü üzerine etkili faktörler ve hava örnekleme teknikleri. *Journal of Istanbul Veterinary Sciences*, 2, 24–47.

Dang, D. Y. N., Vuong, H. N., Nguyen, T. T., Phan, T. T. T. (2020). Microbiological contamination of indoor air in university classrooms (Case study: University of Science-Vietnam National University, Ho Chi Minh city). *Vietnam Journal of Science, Technology and Engineering*, 62(4), 30–35.

Deguchi, N., Yoshizawa, S. (1996). Study on the pollution by common fungi in houses. In K. Ikeda, S. Yoshizawa (Eds.), *Proceedings of the 7th International Conference on Indoor Air Quality and Climate* (pp.149–154). Institute of Public Health.

Després, V. R., Huffman, J. A., Burrows, S. M., Hoose, C., Safatov, A., Buryak, G., Fröhlich-Nowoisky, J., Elbert, W., Andreae,

- M.O., Pöschl, U., Jaenicke, R. (2012).** Primary biological aerosol particles in the atmosphere: A Review. *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology*, 64(1), 15598. <https://doi.org/10.3402/tellusb.v64i0.15598>
- Ellerbroek, L. (1997).** Airborne microflora in poultry slaughtering establishments. *Food Microbiology*, 14(6), 527–531. <https://doi.org/10.1006/fmic.1997.0119>
- Ferguson, R. M., Garcia-Alcega, S., Coulon, F., Dumbrell, A. J., Whitby, C., Colbeck, I. (2019).** Bioaerosol biomonitoring: Sampling optimization for molecular microbial ecology. *Molecular Ecology Resources*, 19(3), 672–690. <https://doi.org/10.1111/1755-0998.13002>
- Fernstrom, A., Goldblatt, M. (2013).** Aerobiology and its role in the transmission of infectious diseases. *Journal of Pathogens*, 2013, 493960. <https://doi.org/10.1155/2013/493960>
- Freire, F. C. O. (2011).** *A deterioração fúngica de produtos de panificação no Brasil*. Embrapa. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/907492/1/COT11010.pdf>
- Garcia, M. V., Bregão, A. S., Parussolo, G., Bernardi, A. O., Stefanello, A., Copetti, M. V. (2019).** Incidence of spoilage fungi in the air of bakeries with different hygienic status. *International Journal of Food Microbiology*, 290, 254–261. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.10.022>
- Goh, I., Obbard, J. P., Viswanathan, S., Huang, Y. (2000).** Airborne bacteria and fungal spores in the indoor environment. A case study in Singapore. *Acta Biotechnologica*, 20(1), 67–73. <https://doi.org/10.1002/abio.370200111>
- Qian, J., Hospodsky, D., Yamamoto, N., Nazaroff, W., Peccia, J. (2015).** Size resolved emission rates of airborne bacteria and outdoor environments of childcare facilities. *Indoor Air*, 22, 339–351. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2012.00769.x>
- Jericho, K. W., Ho, J., Kozub, G. C. (2000).** Aerobiology of a high-line speed cattle abattoir. *Journal of Food Protection*, 63(11), 1523–1528. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-63.11.1523>
- Kalliokoski, P., Lignell, U., Meklin, T., Koivisto, J., Nevalainen, A. (2002).** Comparison of airborne microbial levels in school kitchen facilities and other school areas. In H. Levin, G. Bendy (Eds.), *Proceedings of the 9th International Conference on Indoor Air Quality and Climate* (pp. 444–448). Indoor Air 2002.
- Kang, Y. J., Frank, J. F. (1990).** Characteristics of biological aerosols in dairy processing plants. *Journal of Dairy Science*, 73(3), 621–626. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(90\)787127](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(90)787127)
- Kim, K. Y., Kim, H. T., Kim, D., Nakajima, J., Higuchi, T. (2009).** Distribution characteristics of airborne bacteria and fungi in the feedstuff-manufacturing factories. *Journal of Hazardous Materials*, 169(1-3), 1054–1060. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.04.059>
- Klinmalee, A., Srimongkol, K., Kim Oanh, N. T. (2009).** Indoor air pollution levels in public buildings in Thailand and exposure assessment. *Environmental Monitoring and Assessment*, 156, 581–594. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.04.059>
- Lee, S. C., Guo, H., Li, W. M., Chan, L. Y. (2002).** Inter-comparison of air pollutant concentrations in different indoor environments in Hong Kong. *Atmospheric Environment*, 36(12), 1929–1940.

- Lee, J. H., Jo, W. K. (2006).** Characteristics of indoor and outdoor bioaerosols at Korean high-rise apartment buildings. *Environmental Research*, 101(1), 11–17. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2005.08.009>
- Lehto, M., Kuisma, R., Määttä, J., Kymäläinen, H. R., Mäki, M. (2011).** Hygienic level and surface contamination in fresh-cut vegetable production plants. *Food Control*, 22(3-4), 469–475. <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.foodcont.2010.09.029>
- Luongo, J. C., Fennelly, K. P., Keen, J. A., Zhai, Z. J., Jones, B. W., Miller, S. L. (2016).** Role of mechanical ventilation in the airborne transmission of infectious agents in buildings. *Indoor Air*, 26(5), 666–678. <https://doi.org/10.1111/ina.12267>
- Madureira, J., Paciência, I., Rufo, J., Ramos, E., Barros, H., Teixeira, J. P., de Oliveira Fernandes, E. (2015a).** Indoor air quality in schools and its relationship with children's respiratory symptoms. *Atmospheric Environment*, 118, 145–156.
- Madureira, J., Paciência, I., Rufo, J. C., Pereira, C., Teixeira, J. P., de Oliveira Fernandes, E. (2015b).** Assessment and determinants of airborne bacterial and fungal concentrations in different indoor environments: Homes, child day-care centres, primary schools and elderly care centres. *Atmospheric Environment*, 109, 139–146.
- Maier, R., Pepper, I., Gerba, C. H. (2009).** *Environmental microbiology* (2nd ed.). Academic Press.
- Mashat, B. (2015).** Indoor and outdoor microbial aerosols at the holy mosque: a case study. *Atmospheric Pollution Research*, 6(6), 990–996. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2015.05.004>
- Nasir, Z. A., Colbeck, I. (2010).** Assessment of bacterial and fungal aerosol in different residential settings. *Water, Air & Soil Pollution*, 211, 367–377.
- Ooraikul, B., Smith, J. P., Koersen, W. J. (1987).** Air quality in some Alberta bakeries. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 20(5), 387–389. [https://doi.org/10.1016/S0315-5463\(87\)71337-6](https://doi.org/10.1016/S0315-5463(87)71337-6)
- Osimani, A., Garofalo, C., Milanović, V., Taccari, M., Aquilanti, L., Polverigiani, S., Clementi, F. (2016).** Indoor air quality in mass catering plants: Occurrence of airborne eumycetes in a university canteen. *International Journal of Hospitality Management*, 59, 1–10.
- Pearce, R. A., Sheridan, J. J., Bolton, D. J. (2006).** Distribution of airborne microorganisms in commercial pork slaughter processes. *International Journal of Food Microbiology*, 107, 86–191. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2005.08.029>
- Rajasekar, A., Balasubramanian, R. (2011).** Assessment of airborne bacteria and fungi in food courts. *Building and Environment*, 46(10), 2081–2087. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.04.021>
- Rodriguez, M., Valero, A., Carrasco, E., Pérez-Rodríguez, F., Posada, G. D., Zurera, G. (2011).** Hygienic conditions and microbiological status of chilled ready-to-eat products served in Southern Spanish hospitals. *Food Control*, 22(6), 874–882. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.11.015>
- Rodríguez-Caturla, M. Y., Valero, A.,**

- Carrasco, E., Posada, G. D., García-Gimeno, R. M., Zurera, G. (2012).** Evaluation of hygiene practices and microbiological status of ready-to-eat vegetable salads in Spanish school canteens. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(11), 2332–2340. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5634>
- Sapers, G. M. (2003).** *Washing and sanitizing raw materials for minimally processed fruit and vegetable products* (pp. 221–253). CRC Press.
- Simeray, J., Mandin, D., Chaumont, J. P. (1995).** Variations in the distribution of fungal spores in the atmosphere of bake houses. *Impact on The Study of Allergies*, 34(4), 269–274. <https://doi.org/10.1080/00173139509429056>
- Shilpa, B. S., Pallavi, R., Sindu, B. S., Mahima, M. R., Sowmya, G. (2013).** Assessment of bio-aerosols in outdoor and indoor environment of schools: A case study. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. 3(6), 131–137.
- Shin, S. K., Kim, J., Ha, S. M., Oh, H. S., Chun, J., Sohn, J., Yi, H. (2015).** Metagenomic insights into the bioaerosols in the indoor and outdoor environments of childcare facilities. *PLoS One*, 10(5), e0126960. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126960>
- Vinayananda, C. O., Deepak, S. J., Rongsensusang, A., Portameen, K., Apparao, V., Dhanalakshmi, B. (2018).** Analysis of microbial quality of the air in meat and dairy plants by impaction technique. *Bulletin of Environment Pharmacology and Life Science*, 7, 7–13.
- Whyte, P. J. D. C., Collins, J. D., McGill, K., Monahan, C., O'mahony, H. (2001).** Distribution and prevalence of airborne microorganisms in three commercial poultry processing plants. *Journal of Food Protection*, 64(3), 388–391. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-64.3.388>
- Wood, R. A., Burchett, M. D., Orwell, R.A., Tarran, J., Torpy, F. (2002).** Plant/soil capacities to remove harmful substances from polluted indoor air. *Journal of Horticultural Science and Biotechnolog*, 71, 120–129.
- Yassin, M. F., Almouqatea, S. (2010).** Assessment of airborne bacteria and fungi in an indoor and outdoor environment. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 7, 535–544.