



**ET VE SÜT ÜRÜNLERİ İŞLETMELERİNDE ÜRETİM ALANLARINDA
MİKROBİYOLOJİK HAVA KALİTESİNİN MEVSİMSEL OLARAK
BELİRLENMESİ**

Mustafa KANDAL

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Zeki GÜRLER

TEZ NO: 2022-005

Afyonkarahisar

T.C.
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BESİN/GIDA HİJYENİ VE TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ET VE SÜT ÜRÜNLERİ İŞLETMELERİNDE ÜRETİM
ALANLARINDA MİKROBİYOLOJİK HAVA KALİTESİNİN
MEVSİMSSEL OLARAK BELİRLENMESİ

Hazırlayan
Mustafa KANDAL

Danışman
Prof. Dr. Zeki GÜRLER

Tez No: 2022-005
AFYONKARAHİSAR

Bu tez çalışması; Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Proje Araştırmaları
Koordinasyon Birimi (BAPK) Tarafından Desteklenmiştir. Proje No:
“18.SAĞ.BİL.08”

TEZ KABUL VE ONAY SAYFASI

Afyon Kocatepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü **Besin/Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı**'nda Mustafa KANDAL tarafından hazırlanan ve “Et ve Süt Ürünleri İşletmelerinde Üretim Alanlarında Mikrobiyolojik Hava Kalitesinin Mevsimsel Olarak Belirlenmesi” adlı tez çalışması “Afyon Kocatepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği” ilgili maddeleri uyarınca 19/01/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan

Prof. Dr. Zeki GÜRLER

İmza

Üye

Doç. Dr. Recep KARA

İmza

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Savaş ASLAN

İmza

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

..... / /tarih ve

.....sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Esmâ KOZAN

Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ

Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Bilimsel Yayın Etiği İlkeleri ve Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
 - Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
 - Bu tezin herhangi bir bölümünü Afyon Kocatepe Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı
- beyan ederim.**

19/01/2022

İmza

Mustafa KANDAL

ÖZET

Et ve Süt Ürünleri İşletmelerinde Üretim Alanlarında Mikrobiyolojik Hava Kalitesinin Mevsimsel Olarak Belirlenmesi

Bu çalışmada Afyonkarahisar ilinde faaliyet gösteren bir et ve bir süt işletmesinin farklı üretim alanlarından ve dış ortam havasından dört mevsim hava numuneleri alınarak havadaki mikroorganizmaların seviyesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla et işletmesinden ve süt işletmesinden birer dış ortam havasından, dörder adet üretim alanlarından olmak üzere toplam 10 noktadan örnekleme yapılmıştır. Sonuçlar üzerinde mevsimsel etkileri gözlemleyebilmek için örnekleme işlemi dört mevsim tekrarlanmıştır. Alınan numuneleri hızlı bir şekilde ve uygun koşullarda laboratuvar ortamına getirilerek analizleri yapılmış ve sonuçlar ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Yaptığımız bu çalışma sonucunda mevsimsel değişimlerle birlikte işletmelerde dış ortam ve farklı üretim alanlarında maya, küf ve bakteri seviyelerinin de değiştiği tespit edilmiştir. Çalışmamız sonucunda toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı maksimum 2000 kob/m³ olarak sonbahar mevsiminde kaşar peyniri üretim odasında tespit edilmiştir. Ortalama en yüksek değer ise et işletmesinde 508 kob/m³ olarak yaz mevsiminde, süt işletmesinde ise 762 kob/m³ olarak sonbahar mevsiminde tespit edilmiştir. Çalışmamız süresince her iki işletmenin iç ve dış ortam havalarında maya ve küf sayısı 0-460 kob/m³ aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Maksimum maya ve küf seviyesi 460 kob/m³ olarak ilkbahar mevsiminde süt işletmesinde bulunan kaşar peyniri üretim odasında tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyoaerosol, Dış Ortam Hava Kalitesi, Gıda İşletmesi, İç Ortam Hava Kalitesi

SUMMARY

Seasonal Determination Of Microbiological Air Quality In Meat And Dairy Enterprises In Production Areas

This study aims to determine the level of airborne microorganisms in the air by taking four seasonal air samples of a meat and dairy company operating in the province of Afyonkarahisar. For this purpose, a total of 10 points were sampled from the meat industry and the dairy industry, one outdoor atmosphere, four production areas. The sampling process was repeated four seasons to observe seasonal effects on the results. The samples taken were brought to the laboratory environment quickly and under appropriate conditions and analyzed, and the results were evaluated separately. As a result of this study, with seasonal changes, the levels of yeast, mold and bacteria have also changed in businesses in the external environment and in different areas of production. As a result of our study, the total number of aerobic mesophilic bacteria was found to be a maximum of 2000 cfu/m³ in the cheddar cheese production room in the autumn season. The highest average value in the meat business was 508 cfu/m³ in the summer and in the dairy business at 762 cfu/m³ in the autumn. During our work, it was found that the number of yeast and mold varied between 0-460 cfu/m³ in the indoor and outdoor environments. The maximum yeast and mold level has been detected as 460 cfu/m³ in the cheddar cheese production room in the dairy farm in the spring season.

Keywords: Bioaerosol, Food Business, Indoor Air Quality, Outdoor Air Quality

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının planlanmasında, yürütülmesinde ve sonuçların değerlendirilmesinde bilgi birikimi ve tecrübeleriyle değerli destekleriyle yanımda olan Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı Başkanı ve danışman hocam sayın Prof. Dr. Zeki GÜRLER'e, lisansüstü eğitimim ve tez çalışmam boyunca özellikle mikrobiyolojik analizler ile alakalı çok önemli katkılarından dolayı sayın Doç. Dr. Recep KARA ve Doç. Dr. Ulaş ACARÖZ hocalarıma, tez çalışmamın özellikle laboratuvar çalışmaları aşamasında değerli vakitlerini ayırıp desteklerini hiç esirgemeyen sayın Öğr. Grv. Ali SOYLU'ya teşekkür ederim. Ayrıca işletmelerden numune almam için elinden gelen gayreti gösteren ve bana yardımlarını esirgemeyen değerli abim Uğur KUREŞ' e teşekkürü borç bilirim.

İlgilerinden dolayı Sağlık Bilimleri Enstitüsüne,

Çalışmamın 18.SAĞ.BİL.08 proje numarası ile desteklenmesini sağlayan Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine,

Yüksek lisans eğitimimin başından sonuna kadar her anında yanımda olan, umudumun bittiği en zor anlarımda tekrar devam edebilme gücünü kendisinden aldığım değerli eşim Rabia KANDAL' a ve pozitif enerji kaynaklarım çocuklarıma, Emekleri, gayretleri, maddi manevi destekleriyle eğitim hayatımın başından sonuna kadar yanımda olan, bana güvenen ve desteklerini hiç esirgemeyen çok kıymetli annem, babam ve kardeşlerime en içten teşekkürlerimi sunarım.

Mustafa KANDAL

Afyonkarahisar

2022

İÇİNDEKİLER

	SAYFA
ÖZET	I
SUMMARY	II
ÖNSÖZ SAYFASI	III
İÇİNDEKİLER	IV
SİMGELER VE KISALTMALAR	VIII
ŞEKİLLER	X
ÇİZELGELER	XI
1.GİRİŞ	1
1.1. İç Ortam Hava Kalitesi Kontrol Parametreleri	6
1.1.1. İç Sıcaklık ve Bağıl Nem	6
1.1.2. Karbondioksit (CO ₂)	8
1.1.3 Partikül Madde	9
1.1.4. Karbon Monoksit (CO)	10
1.1.5. Hidrojen Sülfür (H ₂ S)	11
1.1.6. Kükürtoksitler (SO _x)	12
1.1.7. Azotoksitler (NO _x)	12
1.1.8. Uçucu Organik Bileşikler (UOB)	13
1.1.9 Sigara Dumanı	14
1.1.10 Biyoaeroseller	14
1.1.10.1.Havadaki Biyoaerosol Seviyesine Etki Eden Faktörler	15
1.1.10.2.Biyoaerosollerin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri	17
1.2. İç Ortam Hava Kalitesi Standartları ve Biyoaerosol Limitleri	19
1.3. İç Ortam Hava Kalitesini Arttırmak İçin Yapılması Gerekenler	26
1.4. İç Ortam Havasındaki Bakteriler	27
1.4.1. Staphylococcus	28
1.4.2. Corynebacterium	29
1.4.3. Streptococcus	29
1.4.4. Bacillus	29
1.5. Mantarlar	30
1.5.1. Alternaria	31

1.5.2. Aspergillus	31
1.5.3. Penicillium	32
1.5.4. Fusarium	32
1.5.5. Cladosporium	33
1.5.6. Maya mantarı	33
1.6. Hava Örnekleyici Sistemler	34
1.6.1. Çöktürme (Sedimentation) Yöntemi	34
1.6.2. Çarpıtma (Impaction)Yöntemi	35
1.6.3. İmpinger Yöntemi	35
1.6.4. Filtrasyon Yöntemi	36
1.6.5. Merkezkaç Kuvveti (Santrifüj) Yöntemi	36
1.7. Gıdada Mikrobiyel Kirlilik	37
1.7.1. Ticari Gıda İşlemelerinde Hava Kirliliği Seviyeleri	39
1.7.2. Hava İşleme	40
1.7.3. Hava Arındırma	41
1.7.3.1.Kimyasal Sisleme ile Hava Dezenfeksiyonu	43
1.7.3.2. Ozon ile Hava Dezenfeksiyonu	43
1.7.3.3. UV Radyasyonu ile Hava Dezenfeksiyonu	44
2.MATERYAL VE METOT	47
2.1. Materyal	47
2.1.1. Örneklem Bölgesi ve Özellikleri	47
2.1.2. Örneklem Noktaları ve Özellikleri	48
2.1.3. Örneklem ve Analiz Yöntemi	48
2.2. Metot	50
2.2.1.Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Sayımı	50
2.2.2.Enterobakteri'lerin Sayımı	50
2.2.3. Koliform Grubu Mikroorganizmaların Sayımı	50
2.2.4. Maya ve Küf Sayımı	50
2.2.5. Toplam Aerobik Psikrofilik Mikroorganizma Sayımı	51
2.2.6. KOB Hesaplaması	51
2.2.7. Verilerin Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analizler	51
3.BULGULAR	52

3.1. Yaz Mevsiminde Süt İşletmesi İç ve Dış Ortam Havasındaki Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları (kob/m) İle Sıcaklık Değerleri (°C)	53
3.2. Yaz Mevsiminde Et İşletmesi İç ve Dış Ortam Havasındaki Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları (kob/m) İle Sıcaklık Değerleri (°C)	54
3.3. Sonbahar Mevsiminde Süt İşletmesi İç ve Dış Ortam Havasındaki Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları (kob/m) İle Sıcaklık Değerleri (°C)	55
3.4. Sonbahar Mevsiminde Et İşletmesi İç ve Dış Ortam Havasındaki Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları (kob/m) İle Sıcaklık Değerleri (°C)	56
3.5. Kış Mevsiminde Süt İşletmesi İç ve Dış Ortam Havasındaki Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları (kob/m) İle Sıcaklık Değerleri (°C)	57
3.6. Kış Mevsiminde Et İşletmesi İç ve Dış Ortam Havasındaki Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları (kob/m) İle Sıcaklık Değerleri (°C)	58
3.7. İlkbahar Mevsiminde Süt İşletmesi İç ve Dış Ortam Havasındaki Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları (kob/m) İle Sıcaklık Değerleri (°C)	59
3.8. İlkbahar Mevsiminde Et İşletmesi İç ve Dış Ortam Havasındaki Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları (kob/m) İle Sıcaklık Değerleri (°C)	60
3.9. Yaz Mevsiminde Dış Ortamda Bakteri, Maya ve Küflerin Dağılım Parametreleri	61
3.10. Sonbahar Mevsiminde Dış Ortamda Bakteri, Maya ve Küflerin Dağılım parametreleri	61
3.11. Kış Mevsiminde Dış Ortamda Bakteri, Maya ve Küflerin Dağılım Parametreleri	62
3.12. İlkbahar Mevsiminde Dış Ortamda Bakteri, Maya ve Küflerin Dağılım Parametreleri	62
4. TARTIŞMA	64
4.1. Biyoaerosol Sonuçlarının Mevsimsel Karşılaştırması	64
4.1.1. Fabrikaların Farklı Üretim Alanlarında ve Dış Ortamda Bakteri, Maya ve Küf Seviyelerinin Mevsimsel Karşılaştırılması	64
4.1.2. Bakteri Sayılarının İç ve Dış Ortam Havasında Mevsimsel Değerlendirilmesi	67
4.1.3. Maya ve Küf Sayılarının İç ve Dış Ortam Havasında Mevsimsel Değerlendirilmesi	69

4.1.4. Bakteri, Maya ve K�f Miktarında 500 ve 1000 kob/m ³ � Aşan �rneklerin Mevsimsel Karşılaştırması	71
4.2. Süt �şletmesinde Mevsimlere Göre Ortalama Bakteri, Maya ve K�f Konsantrasyonları ile Ortalama Sıcaklık Değerlerinin İstatiksel Değerlendirmesi	72
4.3. Et �şletmesinde Mevsimlere Göre Ortalama Bakteri Maya ve K�f Konsantrasyonları ile Ortalama Sıcaklık Değerlerinin İstatiksel Değerlendirmesi	74
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	76
6. KAYNAKLAR	78
7. EKLER	88
8. �ZGEÇMİş	89

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

%: Yüzde

°C: Santigrad derece

AB: Avrupa Birliği

ASHRAE: (The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning):
Amerika Isıtma, Soğutma ve iklimlendirme Kurumu

BN: Bağlı nem

CFU/m³: Colony forming unit (Koloni Oluşturan Birim) /m³ hava

CO: Karbon monoksit

CO₂: Karbondioksit

DSÖ: Dünya Sağlık Örgütü

EPA: United States Environmental Protection Agency (Çevresel Koruma Örgütü)

HVAC: Heating, Ventilating and Air Conditioning-Isıtma-Havalandırma ve Klima

KOAH: Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı

kob: Koloni Oluşturan Birim

m: Metre

m³: Metreküp

µm: Mikro metre

mg/m³: Miligram/metreküp

NAAQS: Ulusal Çevre Havası Kalitesi Standartları

NO: Azot oksitler

NO₂: Azot dioksit

O₂: Oksijen Molekülü

PM: Partikül Madde

PM₁₀: 10 mikro metre çapında partikül madde

PM_{2.5}: 2.5 mikro metre çapında partikül madde

SO₂: Kükürt dioksit

SO₄: Sülfat

SO_x: Kükürt oksitler

T: Sıcaklık

TBC: Toplam Bakteri Konsantrasyonu

TUIK: Türkiye İstatistik Kurumu

UOB: Uçucu Organik Bileşikler

VOC: Uçucu Organik Bileşikler

WHO: Dünya Sağlık Örgütü



ŞEKİLLER DİZİNİ

	SAYFA
Şekil 2.1: Çalışmada kullanılan Hava Örneklem Cihazı	49
Şekil 3.1: Yaz Mevsiminde Süt İşletmesinde İç ve Dış Ortam Havasındaki Bakteri, Maya ve Küf Seviyeleri	53
Şekil 3.2: Yaz Mevsiminde Et İşletmesinde İç ve Dış Ortam Havasındaki Bakteri, Maya ve Küf Seviyeleri	54
Şekil 3.3: Sonbahar Mevsiminde Süt İşletmesinde İç ve Dış Ortam Havasındaki Bakteri, Maya ve Küf Seviyeleri	55
Şekil 3.4: Sonbahar Mevsiminde Et İşletmesinde İç ve Dış Ortam Havasındaki Bakteri, Maya ve Küf Seviyeleri	56
Şekil 3.5: Kış Mevsiminde Süt İşletmesinde İç ve Dış Ortam Havasındaki Bakteri, Maya ve Küf Seviyeleri	57
Şekil 3.6: Kış Mevsiminde Et İşletmesinde İç ve Dış Ortam Havasındaki Bakteri, Maya ve Küf Seviyeleri	58
Şekil 3.7: İlkbahar Mevsiminde Süt İşletmesinde İç ve Dış Ortam Havasındaki Bakteri, Maya ve Küf Seviyeleri	59
Şekil 3.8: İlkbahar Mevsiminde Et İşletmesinde İç ve Dış Ortam Havasındaki Bakteri, Maya ve Küf Seviyeleri	60
Şekil 4.1: Süt İşletmesinde Ortalama Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri ve Toplam Aerobik Psikrofilik Bakteri Seviyelerinin Mevsimsel Değişimleri	68
Şekil 4.2: Et İşletmesinde Ortalama Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri ve Toplam Aerobik Psikrofilik Bakteri Seviyelerinin Mevsimsel Değişimleri	68
Şekil 4.3: Süt İşletmesinde Ortalama Maya ve Küf Seviyelerinin Mevsimsel Değişimleri	70
Şekil 4.4: Et İşletmesinde Ortalama Maya ve Küf Seviyelerinin Mevsimsel Değişimleri	70

ÇİZELGELER DİZİNİ

	SAYFA
Çizelge 1.1: Atmosferin Doğal Bileşimi	1
Çizelge 1.2: Bazı Mekanların İç Ortam Havaasına Ait Tavsiye Edilen Sıcaklık ve Bağıl Nem Değerleri	7
Çizelge 1.3: İnsanların Aktivitelerine Göre Havaya Verdikleri Co ₂ Miktarı	8
Çizelge 1.4: Dünyanın Farklı Ülkelerinde Kullanılan PM ₁₀ Standartları (µg/m ³)	10
Çizelge 1.5: NO ₂ 'nin Hava Kalitesi ve İnsan Sağlığı Üzerine Olumsuz Etkileri	13
Çizelge 1.6: SO ₂ Limit Değerleri, Değerlendirme ve Uyarı Eşikleri	20
Çizelge 1.7: NO ₂ Limit Değerleri, Değerlendirme ve Uyarı Eşikleri	21
Çizelge 1.8: Pm ₁₀ Limit Değerleri, Değerlendirme ve Uyarı Eşikleri	22
Çizelge 1.9: İç Ortam Kalitesi ile İlgili Değişik Ülkelere Ait Standartlar	23
Çizelge 1.10: Ulusal Hava Kalite İndeksi Kesme Noktaları	24
Çizelge 1.11: Ulusal Hava Kalitesi İndeksi	25
Çizelge 1.12: Hava Arıtımı İçin Gıda Endüstrisinde Kullanılan Dezenfeksiyon Teknikleri Artıları ve Eksileri	42
Çizelge 2.1: Hava Örnekleme Cihazının Genel ve Teknik Özellikleri	49
Çizelge 3.1: Yaz Mevsiminde Süt İşletmesinde İç ve Dış Ortamda Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları (kob/m ³) ve Sıcaklık Değerleri (°C)	53
Çizelge 3.2: Yaz Mevsiminde Et İşletmesinde İç ve Dış Ortamda Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları (kob/m ³) ve Sıcaklık Değerleri (°C)	54
Çizelge 3.3: Sonbahar Mevsiminde Süt İşletmesinde İç ve Dış Ortamda Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları (kob/m ³) ve Sıcaklık Değerleri (°C)	55
Çizelge 3.4: Sonbahar Mevsiminde Et İşletmesinde İç ve Dış Ortamda Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları (kob/m ³) ve Sıcaklık Değerleri (°C)	56
Çizelge 3.5: Kış Mevsiminde Süt İşletmesinde İç ve Dış Ortamda Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları (kob/m ³) ve Sıcaklık Değerleri (°C)	57
Çizelge 3.6: Kış Mevsiminde Et İşletmesinde İç ve Dış Ortamda Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları (kob/m ³) ve Sıcaklık Değerleri (°C)	58
Çizelge 3.7: İlkbahar Mevsiminde Süt İşletmesinde İç ve Dış Ortamda Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları (kob/m ³) ve Sıcaklık Değerleri (°C)	59

Çizelge 3.8: İlkbahar Mevsiminde Et İşletmesinde İç ve Dış Ortamda Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları (kob/m ³) ve Sıcaklık Değerleri (°C)	60
Çizelge 4.1: Bakteri Konsantrasyonu 500 kob/m ³ Sınırını ve 1000 kob/m ³ Sınırını Aşan Örneklerin Mevsimlere Göre Sayısı ve Oranı	72
Çizelge 4.2: Süt İşletmesinde Mevsimsel Olarak Ortalama Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları ve Ortalama Sıcaklık Değerleri	73
Çizelge 4.3: Et İşletmesinde Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları ve Sıcaklık Değerlerinin Mevsimsel Ortalamaları	74



1.GİRİŞ

Hava, rengi ve kokusu olmayan, canlıların hayatını devam ettirebilmesi için gerekli olan temel bir ihtiyaçtır. Akışkan bir gaz olan havanın içeriğinde Azot (N), Oksijen (O₂), Hidrojen (H), Karbondioksit (CO₂), Argon (Ar), Neon (Ne), Helyum (He), Kripton (Kr), Ksenon (Xe), Su buharı ve Amonyak (NH₃) gazları bulunmaktadır. Havanın hacimsel olarak %99'unu O₂ ve N oluşturur. Azot renksiz ve kokusuz bir gazdır. Canlıların besinleri yakıp enerji üretebilmesi için ve bütün yakıtların yanabilmesi için ortamda oksijen olması gerekmektedir (Aghapour, 2014). Atmosfer havasının doğal bileşimi Çizelge 1.1' de verilmiştir.

Çizelge 1.1: Atmosferin Doğal Bileşimi (Parmaksız, 2017).

Bileşen	Hacim %	Yoğunluk, ppm
Azot	78,084±0,004	780,9
Oksijen	20,946±0,00	209,4
Argon	0,934±0,001	9,3
Karbon dioksit	0,033±0,001	315
Neon		18
Helyum		5,2
Metan		1,5
Kripton		0,5
Hidrojen		0,5
Ksenon		0,08
Azot dioksit		0,02
Ozon		0,01-0,04

Canlılar için hayati olan havada katı, sıvı ve gaz formlarda canlı hayatına ve ekolojik dengeye olumsuz sonuçlar doğuracak miktarlarda farklı kirleticiler bulunduğunda “Hava Kirliliği” meydana gelmektedir. Kirliliğe sebep olan bu kirleticilere örnek olarak fabrikalar, termik santraller, konutlar ve taşıt araçları verilebilir. Hava kirliliğinin insan sağlığına zararının yanında asit yağmurlarının oluşmasına neden olarak tarım alanlarına da zararları olmaktadır (Karaca, 2008). Hava kirliliğinin son yıllarda artmasına neden olarak artan göçlerle beraber kent nüfusun fazlalaşması, endüstriyel faaliyetlerin artması, motorlu taşıt kullanımının ve sayısının sürekli artması ve yakıt olarak fosil yakıtların kullanılması gösterilebilir (Karlıkaya ve Yüksel, 2010).

Kirliğin yüksek olduğu havanın solunarak insan vücuduna alındığı zaman insan sağlığına olumsuz etkilere sebep olduğu birçok araştırmayla ortaya konulmuş bir gerçektir. İnsanların kalp ve akciğer rahatsızlığı nedeniyle sağlık kuruluşlarına başvuru sayılarındaki ve bu hastalıklar sebebiyle ölüm sayılarındaki artışın nedenin hava kirliliğinin artması olarak değerlendirilmektedir. Hava kirliliği çocuklarda akciğer gelişimini olumsuz yönde etkilerken, kirliliğin fazla olduğu yerlerde yaşayan insanlarda astım ve kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) gibi hastalıklarında görülme oranı yükselmektedir (Gomzi, 2009).

İç ortam; insanların doğal ortam içerisinde oluşturmuş olduğu, içerisinde yaşamsal faaliyetlerini daha sağlıklı, daha güvenli ve daha konforlu yürütebildiği yapay bir ortamdır. Bu iç ortam havası dış ve iç etmenlerden etkilenecek kirleticilere maruz kalmakta ve bu ortamda yaşayan insanlarda biyolojik ve psikolojik hastalıklara neden olabilmektedir (Berberoğlu, 2011). İç ortam hava kalitesini, ASHRAE (The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning) 62-1989 ve 2001 standardında yetkili kuruluşlar tarafından belirlenmiş limitlerin üzerinde zararlı maddeleri içerisinde bulundurmamayan ve bu ortam havasında bulunan kişilerin hava kalitesi ile ilgili şikayetleri bulunmayanlarının oranının %80 veya daha yüksek seviyelerde olduğu hava olarak tanımlamıştır (Kurutaş, 2009). İnsanlar özellikle son yıllarda zamanlarının çoğunu iç ortam olarak tanımladığımız yapay mekanlarda geçirmektedirler. Bu mekanlar başta evleri, arabaları, çalıştıkları iş yerleri ve okullarıdır. Bunların yanında kreşler, resmi binalar, kapalı spor salonları, eğlence merkezleri, oteller ve hastaneler insanların zaman geçirdiği diğer kapalı mekanlardan bazılarıdır (Lakestani, 2015). DSÖ'nün raporlarında da görülebileceği üzere iç ortamda geçirilen sürelerin ne kadar fazla olduğu göze çarpmaktadır. %70'i iş yerinde %20'si evlerinde olmak üzere toplam zamanlarının %90'ını iç ortamlarda geçiren günümüz insanları için bu ortamların hava kalitesi oldukça önem taşımaktadır (WHO, 2000). Kapalı alanlarda özellikle evlerde geçen süreler, 2019 yılında Çin'in Wuhan şehrinde başlayıp bütün dünyaya yayılan Covid-19 virüsünün neden olduğu pandemi sebebiyle çok daha fazla artmıştır. Kapalı ortamda kalınan bu uzun zaman diliminde insanlar hava içerisinde bulunan birçok kirleticiye maruz kalmaktadırlar. Bu kirleticiler iç ortam hava kirliliğine neden olmaktadır. İç ortam hava kirliliği; binaların iç ortam havasının insan sağlığına zarara neden olan birtakım

kirleticilere maruz kalması olarak tanımlanabilir. Bu kirleticilerin sebep olduğu hastalık ve verim kaybı gibi etkilerinden korunmak ve önlemek için gelişen bilimsel alanı da "İç Hava Kalitesi" olarak tanımlamak mümkündür (Anonim, 2010). İç ortam ve dış ortam hava kirliliği, akciğerlerde önemli rahatsızlıklara ve solunum yolu hastalıklarına neden olmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), yoksul ülkelerde daha çok olmakla birlikte dünya nüfusunun %90'ından daha fazlası, hava kalitesi için belirlenen limitlerin daha üzerinde kirlilik bulunan yerlerde yaşadığını ve her yıl hava kirliliğinden kaynaklı yedi milyondan fazla kişinin yaşamını yitirdiğini bildirmektedir (DSÖ, 2020).

İç ortam havası tıpkı dış ortam havası gibi azot, karbon dioksit, hidrojen, ksenon, oksijen, neon, metan, helyum, kripton, azot dioksit ve ozon gazlarından oluşmaktadır. Ortam havasında bulunan bu gaz bileşenlerinin oranı, hava kalitesi üzerinde oldukça belirleyicidir (Vural, 2004).

İç ortam havasını kirletici kaynaklarını biyolojik kaynaklar ve biyolojik olmayan kaynaklar olarak iki sınıfa ayırmak mümkündür. Biyolojik kirletici kaynakları biyoaerosollerdir. Biyolojik olmayan kirleticiler ise, yemek pişirme esnasında ortaya çıkan gazlar, sigara dumanı, ısıtma ve soğutma sistemleri, inşaat malzemeleri ve mobilyalardan kaynaklanan toz ve partikül maddeleridir (Menteşe, 2012). Biyoaerosoller; bakteri, mantar, virüs gibi mikroorganizmaları ve onların ürettiği endotoksin, mikotoksin gibi toksinler, metabolitler ve diğer mikrobiyal parçacıklar gibi organik bileşikler içerirler (Heikkinen vd., 2005).

Biyoaerosoller dış ortamdan iç ortama havalandırma sistemlerinden, su tesisatı borularından, duvar açıklıklarından, kapı ve pencerelerden ve ayakkabı ve elbiseleri ile insanlar vasıtasıyla taşınmaktadırlar (Küçükçalı, 1999). İçeri taşınan kirleticilerin iç ortamın nemine, sıcaklığına, iç ortamdaki malzemelerin yeni eski oluşuna, malzemenin türüne ve ortamda çalışan ya da yaşayan insanların faaliyetlerine göre iç ortamdaki kirletici etkisi azalmakta ya da artmaktadır (Kurutaş, 2009). Bu ve buna benzer yollarla iç ortam havasına bulaşan mikroorganizmalar gıda işletmelerinde gıdalara ve çalışan personele bulaşabilmektedir. Bu bulaşmalar sonucunda gıdalar bozulabilmekte ve onları tüketen insanlarda gıda zehirlenmeleri ve çeşitli enfeksiyöz hastalıklar oluşabilmektedir.

İç ortam havasında mikroorganizmaların yüksek seviyede bulunması bu ortamdaki havayı teneffüs eden insanlarda çeşitli hastalıklara neden olduğu birçok çalışmayla ortaya konmuştur. Bu mikroorganizmalar solunum sistemini etkilediği için insanlar için büyük tehlikeler oluşturmaktadır. Biyoaerosoller; hasta bina sendromu, astım, alerjik rinit, hipersensitif pnömoni, tüberküloz, difteri ve lejyonella hastalığı gibi birçok hastalığa sebep olabilirler (Godish, 2001; Pieckova ve Wilkins, 2004; Denning vd., 2006; Franks ve Galvin, 2010; Bhatia, 2011; Menteşe ve Taşdibi, 2015). Bu nedenle gerek gıda kalitesi gerekse gıda işletmelerinde çalışan insanların sağlığı için gıda üretimi yapılan ortamlardaki iç hava kalitesi oldukça önem taşımaktadır. İç ortam hava kalitesini iyileştirmek amacıyla gerekli tedbirler alınarak gıda üretimi yapılan alanların dış ortamdan kontamine olmasının önüne geçilmeye çalışılmakta, ayrıca iç ortam havasındaki mikroorganizma yoğunluğunu düşürmek için uygulamalar gerçekleştirilmektedir (Çöplü, 1999; Cundith vd., 2002; Çobanoğlu vd., 2005; Nunes vd., 2005).

Gıda işletmesinin konumu, faaliyet alanı, yapısal özellikleri, işletme içerisindeki hava akışı, ortamın nemi ve sıcaklığı gibi faktörler ortam havasının mikrobiyel yükü üzerine etkili faktörlerdendir (Kang ve Frank, 1989a; 1989b; Lutgring vd., 1997; Ljungquist ve Reinmüller, 1998). Kapalı binaların çoğunda iç ortam sıcaklığı 18-25 °C arasında değişmekte olup bu değerler fungal etkenlerin üremesi için uygun değerlerdir. Mayalar ve küfler hem iç ortamda hem de dış ortamda, nemli bölgelerde çok bulunurlar ve ortama adapte olurlar. Bununla beraber düşük relatif rutubette üreyen fungal etkenlerde bulunmaktadır (Çöl ve Aksu, 2007). İşletmelerin içindeki rutubet oranının %70'ten yüksek olması durumunda küflerin oluşma riski artmaktadır (Çobanoğlu vd., 2005).

Maya ve küfler gibi bakterilerde sıcaklığın ve nemin daha yüksek olduğu ortamlarda daha fazla ürerler. Gıda işletmelerinde mutfak, havalandırma sistemleri, drenajlar, banyo ve tuvalet ekipmanları bakteri yoğunluğunu en fazla olduğu bölgelerdir. Yine işletmelerde et ve taze meyve sebze gibi mikrobiyel yükü fazla olan gıdalardan insanlar vasıtasıyla mikroorganizmaların havaya yayıldıkları belirlenmiştir (Lee vd., 2001).

İç ortam hava kalitesi gıdanın üretim, depolama ve servis alanlarında kontamine olmaması için oldukça önemlidir. Bu nedenle iç ortam hava kalitesi dış ortam hava kalitesine kıyasla daha önem taşımaktadır. Nitekim okul, alışveriş merkezi, restoran, ev gibi insanların kalabalık ve daha uzun süre vakit geçirdikleri kapalı alanlardan alınan hava örneklerinin dış ortamdan alınan örneklere kıyasla daha yoğun kontamine oldukları bilinmektedir (Lee vd., 2001).

Virüsler de insanlarda birçok hastalığa neden olmaktadır. Ortam havasının kuru olması ile virüs içeren damlacıklar hava vasıtasıyla kolaylıkla taşınabilmektedir. Havanın nemli olması durumunda ise damlacık yüzeye daha çabuk düşmektedir. 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 (Platts-Mills ve Weck, 1989; Seltzer, 1995). Günümüzde DSÖ tarafından pandemi ilan edilmesine neden olan Covid-19 virüsünün, kapalı ortamlarda aynı havayı teneffüs eden insanlarda bulaş riski artmaktadır. Bu nedenle uzmanlar hava ile bulaşın önlenmesi için sosyal mesafenin sağlanmasını ve maske kullanımını şiddetle tavsiye etmektedirler. Ortamların daha sık havalandırılması da önemle üzerinde durulan konulardandır. Dünyada milyonlarca kişinin ölümüne neden olan Covid-19 virüsü, havada damlacıklar halinde insandan insana bulaştığı için salgının şiddeti gittikçe artmaktadır. Tüm bu gelişmeler göstermiştir ki bu ve buna benzer ölümcül sonuçlar doğuran salgılara karşı önlem olarak, ortam havasının kalitesi oldukça önemlidir. Biyoaerosollerin insan sağlığı üzerinde etkisi bu denli büyük olduğu için mevsimsel değişimin biyoaerosol kompozisyonuna etkisinin incelenmesi hem hava kalitesi hem de insan sağlığı açısından önem arz etmektedir (Palaz vd., 2015).

DSÖ, hastalık yükünü oluşturan birçok risk faktörünü değerlendirmiş ve bu hastalık yükünün %2,7'sini iç ortam hava kirliliğinin neden olduğu sonucuna ulaşmıştır. Katı yakıt kullanıldığı için ortam havası kirlenmekte ve bu kirliliğe bağlı olarak oluşan pnömoni, kronik solunum sistemi hastalıkları ve akciğer kanseri gibi hastalıklardan dolayı 1,6 milyon ölüm gerçekleşmektedir. Zamanlarının çoğunu iç ortamlarda geçiren çocuklar ve kadınlar iç ortam havasının kirliliğine bağlı gerçekleşen olumsuz

sonuçlar için risk grubunda bulunmaktadırlar. Havalandırmanın düzenli yapılmadığı ve katı yakıtların kullanıldığı i ortamlarda bulunan bu gruptaki kişiler için iç hava kirliliğinin etkileri daha büyük olmaktadır (Krzyzanowski ve Cohen, 2008).

İç ortamda bulunan insanların sağlıkları ve verimlilikleri üzerinde ısı, ışık, gürültü gibi etkenler ne kadar etkiliyse iç ortam hava kalitesi de o derece etkilidir. Ancak kötü hava kalitesinin etkilerinin sonuçları uzun yıllar sonra ortaya çıkması, sağlığı veya yaşamı acil olarak etkilememesi insanların iç hava kalitesini daha az nemsemesine neden olmaktadır (Yurtseven, 2008). Ancak bilim insanları hava kalitesinin düşük olduğu i ve dış ortamlarda yaşayan insanların hastalıklara karşı daha savunmasız olduklarını, viral bulaşmaların havayı kirleten parçacıklar sayesinde daha kolay gerçekleşebileceğini ortaya koymaktadırlar. Bu yüzden virüslerin neden olduğu hastalıkların önüne geçmek için hava kirliliğinin de engellenmesi oldukça önemlidir (Conticini vd., 2020).

1.1. İç Ortam Hava Kalitesi Kontrol Parametreleri

İ ortamın insanların yaşadıkları evler, çalıştıkları iş yerleri, okullar, alışveriş merkezleri, restoranlar, kafeler vb. yerlerin olduğu düşünülürse bu ortamlarda geçirilen srenin ne kadar fazla olduğu aşıkardır. Bu süre zarfında teneffüs edilen iç ortam havasında kalitesi oldukça önemlidir. İç ortam havasının kalitesini belirleyen parametreleri şu şekilde sıralayabiliriz.

1.1.1. İç Sıcaklık ve Bağıl Nem

İnsanlar evlerinde ve özellikle verimli bir şekilde çalışabilmeleri için iş yerlerinde belli bir ısı konfor şartlarına sahip olmalıdırlar. Bu sıcaklık değerı yaz ve kış aylarında farklı olmak üzere uygun değerlerde olmalıdır. Bu sıcaklık değerı çok yüksek ve çok düşük değerlerde olursa kapalı ortamlarda konfor sıcaklık değerlerinden uzaklaşılmış olacaktır. Son yıllarda yapılan projelerde bu sıcaklık değerleri evlerde oturma odaları için 22 C belirlenirken banyolar için bu değer 26 C olarak belirlenmektedir. Bürolarda ise bu sıcaklık değerı 20 C olarak kabul edilmektedir (Karakoç, 2006).

Nem ısı konforu etkileyen faktörlerden en önemlilerinden biridir. Bağlı nem (BN) olarak adlandırılan iç ortamın nemi sıcaklık ile değerlendirilerek yaz ve kış aylarında iç ortamın konfor dereceleri belirlenmelidir (Anonymous, 2003). İç ortamda genellikle, %50 nem seviyesi ve 23 °C ortam ısısı insanların kendini rahat hissettiği seviyeler olmakla birlikte, termal performansın konfor haricinde iç ortam hava kalitesi üzerinde ne derece etkili olduğu birçok araştırmacı tarafından ortaya konulmuştur. Bu amaçla termal performans ve iç ortam hava kirletici konsantrasyonlarını aynı anda ve çabuk analiz edebilmek için dinamik çok parametrelili dağılımların ve konsantrasyonların simülasyonu HVAC sistemlerinin koşulları da dikkate alınarak incelenmektedir (Yan vd., 2008). Ortamda bulunan nem miktarı hissedilen sıcaklığa da etki etmektedir. Yüksek nemli ortamlarda alerjen etkisi olan ve kötü kokulara sebebiyet veren mantar ve küf oluşumu da artar. Nem oranı düşük ortamlarda bulunan insanlarda ise mukoza, deride kurumalar gibi rahatsızlıklar meydana gelebilmektedir (Anonim, 1997). Çizelge 1.2’ de bazı mekanların iç ortam havasına ait tavsiye edilen sıcaklık ve nem değerleri verilmiştir.

Çizelge 1.2: Bazı Mekanların İç Ortam Havasına Ait Tavsiye Edilen Sıcaklık ve Bağlı Nem Değerleri (Doğan, 2013).

Kullanım amacına göre iç ortamlar	Yaz koşulları		Kış koşulları	
	Sıcaklık (°C)	Bağıl nem (%)	Sıcaklık (°C)	Bağıl nem (%)
Ev, otel, büro, hastane, okul	25-26	50-45	23-24	35-30
Dükkan, banka, süper market	26-27	50-45	22-23	35-30
Konferans saloonu, lokanta	26-27	60-50	22-23	40-35
Fabrika, makine ve montaj atolyesi	26-27	69-50	20-22	35-30

Çalışma hayatı boyunca insanların çok fazla sürelerde iç ortamlarda geçirdikleri düşünülürse gerek çalışma verimliliğinin artması gerekse zihinsel faaliyetlerin sürdürülebilmesi için iç ortam havasının belirli nitelikte olması gerekmektedir. Çalışma ortamının kalitesini etkileyen bu faktörlerin başında sıcaklık, nem, hava akımı ve radyant ısı gibi faktörler gelmektedir. Çok yüksek sıcaklıklarda insanların enerji tüketimleri artmakta ve yaptıkları iş azalmaktadır. Bu da verimin düşmesi anlamına gelmektedir. Ayrıca aşırı sıcaklık seviyelerinde terleme sebebiyle kişilerde elektrolit yetersizliği gibi sorunlar görülmektedir (Uslu, 2001). Yüksek sıcaklığın verimi düşürmesinin bir başka nedeni de çalışanların psikolojik direncini azaltıp

dikkatlerini bozmasıdır. Çalışanların gerek fiziksel gerekse zihinsel aktivitelerinin olumsuz etkilendiği sıcaklık değeri 30 °C'dir. Verimlilik kaybı 30 °C'de %5 iken, bu değer 32 °C'de %30 dolaylarına kadar çıkmaktadır. 30 °C'den daha yüksek sıcaklıklarda iş kazalarında da artışlar görülmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 2001).

1.1.2. Karbondioksit (CO₂)

İç ortam havasında bulunan CO₂ konsantrasyonu ortamın hava kalitesini belirlemede yaygın olarak kullanılmaktadır. İç ortamdaki CO₂ konsantrasyonu ortamda ventilasyon işleminin yeterli düzeyde yapıp yapılmadığını gösteren önemli bir parametredir (Heudorf vd., 2009).

Oksijenin kullanılması ve bazı karbon içeren ürünlerin yanması ile açığa çıkan karbondioksit renksiz ve kokusuz bir gazdır. Gelişen endüstri, nüfustaki artış, evlerde ve endüstride fosil yakıtların kullanımının artması ile havadaki karbondioksit oranı artmakta ve doğal yaşamı olumsuz etkilemektedir (Anonymous, 1996). Normal şartlarda hacimsel olarak atmosfer havasında %0,03 oranında CO₂ bulunur. Dış ortam havasında bulunan CO₂ miktarı yukarıda sayılan çevresel etkilerden dolayı değişmekle beraber 330 ile 500 ppm arasındadır. CO₂ zehirli bir gaz değildir. Ancak oksijen olmaması durumunda boğulmalara neden olabilmektedir (ASHRAE, 2003). İç ortam havası için CO₂ miktarı oldukça önemlidir. İnsanın nefes alıp verirken CO₂ açığa çıkarması bulunduğu ortamın sık sık havalandırmasını gerektirmektedir. Normal bir işle uğraşan kişi saatte 20 litre CO₂ açığa çıkarır. Bu miktar yapılan aktiviteye göre değişmektedir. Çizelge 1.3' de farklı aktivitelerde bulunan insanları saatte açığa çıkardıkları CO₂ miktarları verilmiştir.

Çizelge 1.3: İnsanların Aktivitelerine Göre Havaya Verdikleri CO₂ Miktarı (Selici, 2014).

Durum	Faaliyet Derecesi	CO ₂ Veriş Miktarı (litre/saat)
Oturan	I	15
Elle hafif iş yapma	II	23
Elle hafif iş yapma veya yavaş yürüme	III	30
Ağır iş yapma veya hızlı yürüme	IV	30

Havalandırma yapılmadığı takdirde iç ortamlarda insan sayısı arttıkça CO₂ miktarı da artar (Schramek, 1999). İç ortam havasında bulunması gereken CO₂ miktarı için sınır değeri 1000 ppm olarak standartlarda belirtilmektedir. Bu sınır değerinin altındaki CO₂ miktarları iç hava kalitesi için değerlendirme yapılırken kabul edilebilir seviyeler olarak değerlendirilmektedir (Schramek, 1999; ASHRAE, 2003). Bu sınır değerinin üstündeki konsantrasyonlarda ise çeşitli sağlık problemleri görülebilmektedir. Örnek olarak CO₂ miktarı 3500 ppm üzerinde olduğu durumlarda merkezi nefes sinir alıcılarının tetiklendiği ve nefes almada güçlüklerin yaşandığı görülmüştür (Anonymous, 2003).

1.1.3 Partikül Madde

Partikül madde, nefes alımıyla insanların içine çekebildikleri, boyutları çok küçük olmakla beraber, 0,0002 µ ile 500 µ arasında değişen inorganik ve organik parçacıkların genel ismidir. Bu parçacıklar hava içerisinde koloidal veya asılı olarak katı veya sıvı hallerde bulunabilmektedirler (Tünay, 1986). Bu küçük parçacıklardan çapı 10 µm (PM₁₀' den daha küçük), özellikle 2,5 µm (PM_{2.5}' den küçük olanlar) insan sağlığı için önemli olarak değerlendirilmektedir. Çünkü bu boyutlardaki parçacıklar solunabilir partiküller olarak bilinmektedir (Bulut, 2007).

PM, çoğunlukla katı ve sıvı yakıtların yanması, motorin ve kurşunlu benzin ile çalışan araçlar, termik santraller gibi yanma işlemlerinden ve bazı endüstriyel aktivitelerden oluşmaktadırlar. Atmosferik gazların form değiştirmeleri ile de oluşabilirler (Mangır, 2014).

İnsan normal şartlarda saatte 0,5 m³ havayı soluyarak içine çeker. Çalışma durumunda ise solunan bu hava saatte 8-9 m³ gibi yüksek miktarlara ulaşabilmektedir. Nefes alma yoluyla gözle görülemeyecek kadar küçük bu partiküller vücuda alınmakta ve solunan hava bakteri, virüs, mantar gibi insan sağlığını tehdit edebilecek zararlı kirleticiler için taşıyıcı olarak görev yapmaktadır (Korkmaz, 2007). Solunum yoluyla vücuda alınan bu partiküller solunum yolları yüzeyleri ile temasa geçerek birikir. Çizelge 1.4' de farklı ülkelerin kullandıkları PM₁₀ standartları verilmiştir.

Çizelge 1.4: Dünyanın Farklı Ülkelerinde Kullanılan PM₁₀ Standartları (µg/m³) (Öztürk, 2007).

Ülke	PM ₁₀ Yıllık	PM ₁₀ Günlük
Türkiye	150	300
Türkiye (2016)	40	50
A.B.D.	50	150
Japonya	-	100
İngiltere	40	50
A.B.	40	50
Avustralya	-	50
Kanada	70	120
WHO	20	50

Nefes alımı burun yoluyla yapılırsa boyutları 5-10 µm'den küçük partikül maddeler bronşlarda, ağız yoluyla yapılmışsa akciğerlerde birikim gerçekleşir. Eğer partikül maddeler üst solunum yollarında birikirse vücut kendi solunum sistemi temizleme mekanizması sayesinde partikülleri dışarı atar (Yeşilyurt ve Akcan, 2007). Vücudun dışarı atamadığı ve solunum yoluyla akciğerdeki alveollere varan partikül maddeler insan sağlığı için tehditler oluşturmaktadır. Bu sağlık sorunlarının başında "pnömokonyoz" olarak bilinen akciğer hastalıkları gelmektedir (Gönüllü vd., 2002). Çok küçük boyutlardaki partiküllerin kolay bir şekilde ve uzun süre solunup akciğerlerde depolanması sonucunda solunum sistemi hastalıklarına bağlı olarak insan ölümlerinde artışlar meydana gelmektedir (Clayton vd., 1993; Monn vd., 1997).

1.1.4. Karbon Monoksit (CO)

CO; karbon atomu içeren maddelerin yanmalarının tam olarak gerçekleşmediği durumlarda ortaya çıkan, kokusu ve rengi olmayan öldürücü etkisi sebebiyle tehlikeli olan bir gazdır. Patlayıcı etkisi ortam havasıyla %30 oranında karıştığı zaman maksimum seviyelerde olduğu için tehlikeli özelliği dikkat çekmektedir. İç ve dış ortam havası için kirletici kaynaklarından olan CO gazı, dış ortamda en fazla motorlu taşıtların egzozlarından çıkan gaz ile kirletici etkisini göstermektedir. Taşıt yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerin hava kalitesi bu nedenle CO kaynaklı olarak yoğun kirlilik göstermektedir. İç ortam havasında ise düzenli yapılmayan havalandırma ve özellikle mutfaklarda kullanılan gaz ocakları, ısıtıcılar gibi gereçlerin yanması sonucu ortaya çıkmakta ve kirliye neden olmaktadır. Ayrıca iç

ortamda içilen sigara dumanı da CO kaynağı olarak değerlendirilmektedir (Akıncı, 2016).

Ülkemizde hala kömür kullanımının yaygın olması nedeniyle özellikle kış mevsimlerinde CO zehirlenmelerine bağlı ölümler çokça gerçekleşmektedir. Her sene büyük, küçük birçok insanın hayatını kaybetmesine sebep olan CO gazının açığa çıkmasının nedenleri olarak yakıt olarak kullanılan kömür kalitesiz oluşu ve buna bağlı olarak yanma işleminin verimli gerçekleşmemesi, bacaların zamanında ve düzenli olarak temizlenmemesi, bilinçsiz kullanım gibi sebepler sayılabilir.

CO zehirlenmesi yaşayan insanlarda çok farklı semptomlar gerçekleşebilir. Bunlara üst solunum yolu enfeksiyonları semptomları, göğüste ağrı, halsizlik, depresyon, hafıza ve yürüyüş bozukluğu, çarpıntı, baş ağrısı, konfüzyon, nörolojik semptomlar örnek olarak verilebilir (Deniz vd., 2009). Ölümcül etkisi de düşünüldüğü zaman CO gazına dayalı hava kirliliğinin önüne geçmek oldukça önemlidir. Bu amaçla yanma olaylarının düzenlenmesi en faydalı yöntem olarak düşünülebilir. Ayrıca kapalı ortamlarda sigara içilmesini önlemek ve dış ortamda yoğun bulunan taşıt egzoz dumanlarının iç ortama girmesini önlemek mücadelede oldukça etkili olacaktır (Güler ve Çobanoğlu, 2001).

1.1.5. Hidrojen Sülfür (H₂S)

Organik maddelerin fermentasyonu ile meydana gelen Hidrojen sülfür (H₂S); rengi olmayan yanıcı bir gazdır. Kömür madenleri, petrol yatakları, kanalizasyon çukurları gibi yerlerde yoğun olarak açığa çıkmakla beraber zehirleyici etkisi zayıftır. Her gaz zehirlenmesinde olduğu gibi H₂S zehirlenmelerinde de maruz kalınan süre ve gaz miktarı oldukça önemli bir parametredir (Anonim, 2010).

1.1.6. Kükürtoksitler (SO_x)

Atmosferde normal şartlarda bulunmayan kükürtoksitler rengi ve kokusu olmayan gazlardır. Bu gazlar genellikle endüstriyel bölgelerin ve termik santrallerin çok olduğu yerlerde kükürt ihtiva eden yakıtların kullanılması sebebiyle havaya karışmaktadır. Bu bölgelerdeki hava akımı, havanın nemi ve kullanılan yakıtın cinsi havada bulunan kükürt yoğunluğunu ve dolayısıyla hava kalitesini etkilemektedir (Kosa, 2001). Kükürtdioksitler (SO₂) hava kalitesi açısından oldukça önemli bir yere sahiptir. Yanmaz ve maruz kalan kişilerde boğucu bir etki yapmaktadır. Oksitlenme hızı çok fazla olduğu için SO₃ ve sülfata dönüşür. SO₃ havada bulunan yağmur veya sis damlalarıyla bir araya gelerek sülfürik asidi oluştururlar (Kaynar, 1996).

Kükürt içeren gazlar insan sağlığına da olumsuz etkide bulunmaktadır. Bu konuda yapılan farklı araştırmalar göstermiştir ki SO₂ solunum yolu hastalıklarına neden olmakta, akciğer yetmezliği görülen hastalarda öldürücü etkisi de olabilmektedir.

Kükürtlü maddelerin zararlarını değerlendirmek gerekirse özellikle metal yüzeylerin aşınmasına ve korozyona uğramasına neden olmaktadır. Ayrıca iç ve dış cephe boyalarının kuruma sürelerini kısalttığı için boyanın daha kısa sürede deforme olmasına neden olmaktadır. Yapılarda kullanılan mermer, sıva, kireç gibi malzemeler üzerinde olumsuz etkileri vardır (Kaynar, 1996). Bu ve buna benzer yapılar üzerindeki olumsuz etkileri gıda sektörü açısından da oldukça önemli olup, ekonomik kayıpların önlenmesi açısından üzerinde düşünülmesi gereken bir faktördür.

1.1.7. Azotoksitler (NO_x)

Atmosferde kararlı ve kararsız olarak bulunan azot oksit gazı rengi ve kokusu olmayan bir gaz olarak beraber yanma olaylarından sonra havaya karışan ve kirliliğe neden olan en önemli gazlardandır. Endüstriyel faaliyetlerin çok olduğu ve taşıtların sayısının ve kullanımının çok olduğu bölgelerde azotlu gazların havaya salınımı da çok olmaktadır (Heywood, 1998).

Atmosfer havasında bulunan azot bileşiklerinin iki tanesi önem bakımından öne çıkmaktadır. Bunlar NO ve NO₂'dir. NO gazının açık ortam havası içerisindeki konsantrasyonu <0,5 ppm gibi düşük değerlerde olduğunda insan sağlığı üzerinde etkisi son derece azdır. NO₂ gazı ise insan sağlığı ve çevreye olan etkisi açısından daha önemlidir (Özden, 2005). Çizelge 1.5' de NO₂'in hava kalitesi ve insan sağlığı üzerine olumsuz etkileri verilmiştir.

Çizelge 1.5: NO₂'nin Hava Kalitesi ve İnsan Sağlığı Üzerine Olumsuz Etkileri (Özden, 2005).

NO ₂ (ppm)	NO ₂ (µg/m ³)	Süre	Etkileri
0,5	1	Yıllık ortalama	Hava Kalitesi Standardı
0,12	24	-	Koku algılama sınırı
1,0	2	15 dakika	Bronşitte solunum yolları direncinin azalması
2,5	5	2 saat	Sağlıklı kişilerde solunum yolu direncinin azalması
5	1	15 dakika	Akciğerlerde gaz alışverişinin engellenmesi
1	2	-	Koku algılamanın engellenmesi
5	1	-	Geri dönüşümlü bronşiyolitits
15	3	-	2-3 hafta içerisinde bronşiyolititsfibrosaobliterans sonunda ölüm

Azot oksitlerinin amonyak ve diğer bileşenlerle etkileşerek oluşturduğu nitrik asit partikülleri insan sağlığı üzerinde doğrudan ya da dolaylı olarak olumsuz etkiler yapmaktadır. Havada bulunan bu partiküller teneffüs edildiğinde solunum sistemlerine zarar verirken, akciğer dokusunu tahrip ederek ölümleri de hızlandırmaktadır. Atmosferik reaksiyonlar sonucu oluşan nitrik asit ise kuru partikül veya yağışlar vasıtasıyla yer yüzüne kadar ulaşmaktadır. Asit yağmuruna maruz kalan kişilerde göz, deri ve solunum sistemi rahatsızlıkları görülebildiği gibi, asit yağmuruna maruz kalan gıdalar (su, bitki, balık vb.) tüketildiği zaman asit depolanması da gerçekleşmektedir (Özden, 2005).

1.1.8. Uçucu Organik Bileşikler (UOB)

Uçucu organik bileşikler (UOB), temelde hidrokarbonlardan oluşan organik bileşikler sınıfıdır. Atmosfer içerisinde havaya karıştığında hızlı bir şekilde parçalanıp buharlaşırken, oda sıcaklıklarında katı, sıvı ve gaz formlarda

bulunabilmektedirler. İç ortam havasına boyalardan, ahşap koruma ürünlerinden, aerosol spreylerden, temizlik maddelerinden, bilgisayar yazıcılarından ve bitkilerden gaz halinde karışmaktadır. Metan gazı doğada en fazla bulunan ve insan sağlığına zararsız oluşu ile bilinen UOG' lerin başında gelmektedir (Çapraz, 2013).

Uçucu organik bileşikler insan sağlığında farklı etkilerde bulunabilmektedir. Göz, burun ve boğazda tahriş, baş ağrısı, koordinasyon kaybı, bulantı, karaciğer, böbrek ve merkezi sinir sisteminin zarar görmesi bu olumsuz etkilere örnek olarak verilebilir (Çapraz, 2013). Bununla beraber UOB' lerin birçoğu toksik ve kanserojen olarak nitelendirilmiş olduğu için bu bileşenlerin yoğun olduğu yerlerde kısa süreliğine, az olduğu yerlerde uzun sürelerde kalarak bu bileşenlere maruz kalmak güvenli görülmemektedir (Hester ve Harrison, 1998).

1.1.9 Sigara Dumanı

İç ortam hava kalitesi üzerindeki ve insan sağlığı üzerine etkisi nedeniyle oldukça önemli olan sigara dumanı, çoğu kansere sebep olan 2000'in üzerinde zararlı madde ihtiva etmektedir. Bu maddelerin önde gelenleri; nikotin, polisiklik aromatik hidrokarbonlar, karbon monoksit, azot dioksit ve partikül maddelerdir (Soysal ve Demiral, 2007). Sigara dumanı iç ortam havasını kirlettiği gibi, sigara dumanındaki zararlı kimyasal maddeler ortamda bulunan halı, perde, kişilerin kıyafetleri vb. eşyalar üzerinde birikerek sigara içmese de bu ortamlarda bulunan biri için bile tehdit unsuru oluşturabilmektedir. Sigara içen ya da içilen ortamda bulunan kişilerin sağlıkları üzerinde irritant, solunum sistemi, kanser ve kardiyovasküler etkileri mevcuttur (Johansson vd., 2003).

1.1.10 Biyoaeroseller

İç ortam hava kalitesini etkileyen en önemli parametrelerden biri de mikrobiyel kirleticilerdir. Uygun üreme şartlarını bularak çoğalan, sayıları yüzleri aşan bakteri ve mantar türleri kirletici olarak rol oynamaktadırlar (WHO, 2009). Biyoaerosoller; patojenik ve patojenik olmayan bakteri, fungi, fungi sporları, bakteriyel endotoksinler, mikotoksinler, virüsler, yüksek molekül ağırlıklı alerjenler ve polenler gibi havada bulunan tüm organik kirleticilerin genel adı olarak tanımlanmaktadır

(Douwes vd., 2003; Güllü ve Menteşe, 2007; Flannigan vd., 2011). Bu kirleticiler içerisinde en önemlileri, çalışmamızda da ele almış olduğumuz bakteri ve mantarlardır. Biyoaerosollerin boyutları 0,3-100 μm gibi geniş bir aralıkta olabilmektedir. Bunlarda bakteriler 0,5-2,0 μm , mantar sporları 1 μm ile 30 μm , polenler 58 μm ile 17 μm çaplarında olabilirken virüslerin çapı 0,3 μm ' den daha küçük boyutlardadır (Jones ve Harrison, 2004).

Biyoaerosoller havada farklı boyutlarda bulunmaktadır. Çeşitlerine göre boyutları da değişen biyoaerosollerden virüsler 0,003 ile 0,06 mikron çaplarında bulunurlar. Virüsler havada koloniler halinde veya havada bulunan diğer partikül maddelere asılı olarak bulunmaktadır. Bakteriler çoğu zaman 0,4 ile 5 mikron çapında olmakla beraber havada büyük taneciklerle beraberdirler. Mantar sporlarının çapları 10-30 mikron arasında değişmektedir (Jones ve Harrison, 2004).

1.1.10.1. Havadaki Biyoaerosol Seviyesine Etki Eden Faktörler

Biyoaerosoller doğada hemen hemen her yerde bulunurlar. Bununla beraber bu mikrobiyel canlılar insanlar, hayvanlar ve bitkiler üzerinde parazit veya simbiyotik olarak bulunabilirler. Biyoaerosollerin en önemlilerinden olan bakteriler probiyotik canlılar iken mantarlar ise ökaryotik canlılardır. Mantarlar ekseri toprakta bulunmakla beraber, bitkilerin organik bölümlerinde de görülürler. Mantarlar doğada selülozun parçalanmasında görev yapmaktadırlar (Schleibinger vd., 2004).

Toprak, insan, hayvan ve su kaynaklı doğal bileşenler olan biyoaerosollerin havada ne miktarda olduğu üzerinde birçok farklı etken bulunmaktadır. Sıcaklık, bağıl nem, coğrafi konum, mevsimler bu faktörlerden bazıları olarak sayılabilir (Jones ve Harrison, 2004). Biyoaerosollerin diğer gaz ve partikülleri taşıyıcı olarak kullandığı düşünülürse bu gaz ve partikül seviyeleri de biyoaerosol miktarı üzerinde etkili olabilmektedir. Biyoaerosol seviyeleri üzerinde etkili diğer bir faktör güneş radyasyon şiddetidir (Mouli vd., 2005). İç ortamın düzenli olarak havalandırılması da iç ortam havasındaki biyoaerosol seviyesi üzerinde etkilidir. Enerji tasarrufu sağlamak adına havalandırma miktarını azaltmak iç ortam havasındaki biyoaerosol seviyesini arttırmakta ve buna bağlı meydana gelebilecek hastalık oranlarını yükseltmektedir (Schleibinger vd, 2004).

Dış ortamda doğal olarak bulunan biyoaerosoller insanların ayakkabı ve kıyafetleri ile, kapı, pencere ve girintili duvar gibi dış ortama açılan bölgelerden, bina yapı malzemeleri ile, mobilyalar vasıtasıyla, ısıtma soğutma sistemleri ile, sigara içimi ve yemek pişirilmesi gibi yollarla iç ortama taşınmaktadır (Anonim, 2010). Biyoaerosoller bünyesinde barındıran ve iç ortamda biyoaerosollerin kaynağı olarak sayılabilecek etmenler; ev ve ofislerde bulunan bitkiler ile bunların saksılar, evcil hayvanlar, gıda ürünleri, tekstil ürünleri, duvarlar, yapı malzemeleri ve kaplamalar, ahşap ürünler ve mobilyalar olarak sayılabilir (Cox ve Wathes, 1995; Kalogerakis vd., 2005). İç ortamda biyoaerosollerin anormal bir şekilde üremesini sağlayan etkenler nem ve besleyici ürünlerin mevcudiyetidir. İç ortamda nem miktarını arttıran bazı nemlendiriciler, ıslak yüzeyler, nemli duvar oyukları, su akıntısı olan yüzeyler, su püskürtme sistemleri gibi ortamlar mantarlar ve bakteriler için toplanma, barınma ve üreme alanları olabilmektedirler (Dönmez, 2003). Bu nedenle nem kontrolünü sağlamak, su sızıntılarını önlemek, yeterli temizlik yapılmasını sağlamak biyoaerosollerin üremesini kontrol altına almak ve seviyelerini düşürmek açısından oldukça etkili yöntemlerdir (Aghlora, 2017).

Mantarları üremeleri için uygun pH ve sıcaklık şartlarını şu şekilde ele almak mümkündür. Mantarların üremeleri için en uygun sıcaklık değerleri 20-30 °C arasındaki değerlerdir. Mantarlar en fazla üremeyi 5,0-6,0 pH değerleri arasında gerçekleştirmektedirler. Bununla beraber daha geniş pH değerlerinde gelişebilen mantarlar da vardır. Bunlara örnek olarak 2,8-8,8 pH aralığında gelişebilen *A. Niger*, 1,6-9,3 pH aralığında gelişebilen *Aspergillusoryza*, 1,9-9,3 pH aralığında gelişebilen *Penicillium İtalicum*, 1,8-11,1 pH aralığında gelişebilen *Fusarium Oxysporium* verilebilir. Mantar ve bakteriler için besin kaynağı organik maddelerdir. Mantarlar için karbon önemli bir besin kaynağı iken azot kaynaklı besinlerde önem kazanmaktadır (Barnett ve Hunter, 2003).

Virüslerin iç ortam havasına karışmasını sağlayan başlıca etkenler ise insanlar, hayvanlar ve bina yapı malzemeleridir. Kapalı ortamda bulunan evcil hayvanlar tüyleri ve salyaları vasıtasıyla ortam havasına virüs yayarlar. Bununla beraber bakımı yapılmayan yapı malzemeleri ile havalandırma kanalları da virüslerin dış ortamdan iç ortam havasına transferine neden olmaktadır (Hays vd., 1995; Kosa, 2001).

Biyoaerosollerden olan polenler havaya bitkilerden yayılmaktadırlar. Polenler iç ortam havasına içerde olan bitkilerden yayılabileceği gibi dış ortamdan içeriye çeşitli taşıyıcılar ile de giriş yapabilir. Dış ve iç ortam havasında özellikle bahar dönemlerinde polen miktarı artmaktadır. Solunum yoluyla vücuda alınan polenler, öksürme, hapşırma, burunda akıntı, göz yaşarması, vücutta kızarıklık ve nefes darlığı gibi sağlık sorunlarına neden olmaktadır (Kosa, 2001).

Bazı çalışmalar göstermiştir ki temizlik işlemleri esnasında açığa çıkan aerosoller ortamda açık bir şekilde bulunan gıdalara temas ederek gıdaları kontamine etmektedirler. Bilhassa risk oranı büyük olan gıda işleme yerlerinde temizlik esnasında yapılan dikkatsiz uygulamalar nedeniyle *Listeria spp.* gibi patojen mikroorganizmaların ortama dağılma ihtimali bulunmaktadır (Spurlock ve Zottola, 1991; Cundith vd., 2002). Spurlock ve Zottola (1991) *Listeria monocytogenes*' in aerosoller içerisinde 210 dakika gibi uzun bir süre canlılığını koruyabildiğini söylemişlerdir. İşletmelerde temizlik işleminin yapıldığı aletlerde mikroorganizma üremesinin önüne geçmek ve bunun için gerekli olan önlemleri almak bu tür patojen mikroorganizmaların ortam havasına yayılmasını önlemek adına oldukça önem kazanmaktadır (Çöl ve Aksu, 2007).

1.1.10.2. Biyoaerosollerin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

Doğada doğal olarak bulunan mantar ve bakterilerin birçoğu insan sağlığına olumsuz etkilerde bulunmaz. Bununla beraber bu mikrobiyolojik canlıları bazıları insan sağlığı üzerinde sonucu ölümle bitecek kadar önemli etkileri görülmektedir. Bu riskli durumlar bazı türlerin normalin üstünde seviyelerde olduğu zaman ortaya çıkmaktadır (Goyer vd., 2001).

Biyoaerosollerin insan sağlığı üzerindeki etkisi ile ilgili yapılan araştırmalar sonucunda çarpıcı sonuçlar bulunmuştur. Yüksek biyoaerosol konsantrasyonuna sahip hava, insanlarda nefes darlığı, akciğerde zedelenme, kiloda azalma, yorgunluk ve halsizlik, astım ve alerjik rinite, hasta bina sendromu, gözlerde yaşarma ve yanma hissi, burun akıntısı gibi sağlık problemleri yaratmaktadır (Fabiana vd., 1989; Sierstedand Gravesen, 1993; Schlosser vd., 2016).

Gıda işletmelerinde özellikle toz partiküllerin açığa çıktığı buğday, arpa, pirinç, mısır gibi ürünlerin unlarının üretilmesi ve depolanması, kuru malzemelerin tartılması gibi işlemlerin yapıldığı yerlerde çalışan insanlarda, çapları 10 µm' den daha küçük olan bu partiküller nedeniyle solunum yolu rahatsızlıkları görülebilir (Brown, 1996).

Bakteriler insan ve hayvan sağlığını ürettikleri endotoksin adı verilen kimyasallar ile zarar vermektedirler. Mantarlar mikotoksin üreterek sağlık üzerinde etkilidirler (WHO, 2009; Khan ve Karuppayil, 2012). Mikotoksinler içerisinde iç ortam havasında bulunanlar ve en önemli olarak değerlendirilenler; aflotoksinler, trikotekenler ve okratoksinlerdir (Kilburn, 2004; Zain, 2011). Solunum yoluyla vücuda alınan mikotoksinler, mukoza zarında tahriş, bulantı, bağışıklık sisteminde zayıflama, akut veya kronik akciğer rahatsızlıkları, merkezi sinir sisteminde bozulmalar ve kanser gibi sağlık sorunlarına neden olabilmektedirler (Olsen vd., 1988; Karunasena vd., 2010).

Biyoaerosollerden bulaşıcı olanlar daha çok insanlar tarafından diğer insanlara bulaşır. Hasta olan insanlar hapşırma ve öksürme yoluyla havaya çok fazla biyoaerosol yayarlar ve diğer insanlara bulaşmayı kolaylaştırırlar. Bulaşıcı biyoaerosollere örnek, soğuk algınlığı, kızamık, zatürre ve su çiçeği gibi hastalıklara neden olan virüsler verilebilir. Yine tüberküloz ve bronşit hastalıklarına neden olan bakterilerde bulaşıcı biyoaerosolledendir. Bulaşıcı olmayan biyoaerosoller çevreden insanlara bulaşır ve hastalık yaparlar. Lejyonella bakterisi bunlara örnek verilebilir. Bu bakterinin neden olduğu lejyoner hastalığına yakalanan kişilerde zatürre benzeri göğüs hastalığı belirtileri görülür. Yüksek ateşe, terlemeye, kuvvetli baş ağrısına, kuru öksürüğe, nefes darlığına ve nihayetinde ishal ve kusmalara neden olan ölümcül bir hastalıktır lejyoner hastalığı. Hastalık sebebi olan bakteriler çoğunlukla durgun, yosunlaşma ihtimali olan sularda bulunur ve çoğalırlar (Köksal, 1999). Virüsler bulaştıkları kişilerde yüksek ateş, öksürük, göz sulanması, hapşırma, nefes darlığı ve sindirim sistemi rahatsızlıklarına neden olmaktadır (Kosa, 2001).

1.2. İç Ortam Hava Kalitesi Standartları ve Biyoaerosol Limitleri

İç ortam hava kalitesinin belirli bir standarda bağlanması ve bu standart değerlere uygun şartların oluşturulup oluşturulmadığının kontrolü hava kaynaklı kirleticilere maruz kalan insanların sağlığı ve çevre temizliği açısından oldukça önemlidir. Ülkemizde bu amaçla 2872 sayılı, 9 Ağustos 1983 kabul tarihli Çevre Kanunu'na dayanılarak 02.11.1986 tarihinde Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği (HKKY) yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmeliğe Avrupa Birliği uyum aşamasında üç farklı yönetmelik olarak tekrar şekil verilmiş ve Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından yürürlüğe konulmuştur. Bu üç yönetmelik; 7 Ekim 2004 tarih, 25606 sayılı 'Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'(EKHKKY) ve 13 Ocak 2005 tarih, 25699 sayılı 'Isınmadan Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'(IKHKKY) ve 6 Haziran 2008 tarih ve 26898 sayılı 'Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği' (HKDYY) olarak yayınlanan yönetmeliklerdir (Kurutaş, 2009). Ülkemizde uygulanan hava kalitesi değerlendirme ve yönetiminde limit değerlerinde kademeli azaltım ve uyarı eşikleri Çizelge 1.6, Çizelge 1.7 ve Çizelge 1.8' de verilmiştir.

Çizelge 1.6: SO₂ Limit Değerleri, Değerlendirme ve Uyarı Eşikleri (Anonim, 2008).

Ortalama Süre	Limit Değer	Tolerans Payı	Üst değerlendir- me Eşiği	Alt değerlendir- me Eşiği	Limit Değere Ulaşıla- cak Tarih	Uyarı eşiği
Saatlik	350	1.1.2014			1.Ocak	500 µg/m³
İnsan	µg/m ³	tarihinde 150			2019	(hava
sağlığının	(bir yılda	µg/m ³ (limit				kalitesinin
korunması	24	değerin %43' ü)				temsili
için	defadan	ve 1.1.2019				bölgelerin-
	fazla	tarihine kadar				de bütün
	aşılmaz)	tolerans payı				bir
		sıfırlanacak				“bölge”
		şekilde her 12				veya “alt
		ayda bir eşit				bölgede”
		miktarda yıllık				veya en
		olarak azaltılır				azından
24 saatlik	125	1.1.2014	24-saatlik	24-saatlik	1.Ocak	100
İnsan	µg/m ³	tarihinde 125	limit değer	limit değer	2019	km ² , de
sağlığının	(bir yılda	µg/m ³ (%100)	%60' ı	%40 'ı		hangisi
korunması	3	ve 1.1.2019	(75 µg/m³	(50 µg/m³		küçük ise-
için	defadan	tarihine kadar	bir yılda 3	bir yılda 3		Üç ardışık
	fazla	tolerans payı	defadan	defadan		saatte
	aşılmaz)	sıfırlanacak	fazla	fazla		ölçülür)
		şekilde her 12	aşılmaz)	aşılmaz)		
		ayda bir eşit				
		miktarda yıllık				
		olarak azaltılır				
Yıllık ve	20 µg/m³		Kış dönemi	Kış dönemi	1.Ocak	
kış			limit	limit	2014	
dönemi (1			değerinin	değerinin		
Ekim den			%60'ı	%40'ı		
31 Marta						
kadar)			(12 µg/m³)	(8 µg/m³)		
Ekosiste-						
min						
koruması						

Çizelge 1.7: NO₂ Limit Değerleri, Değerlendirme ve Uyarı Eşikleri (Anonim, 2008).

Ortalama süre	Limit Değer	Tolerans Payı	Üst Değerlendirme Eşiği	Alt Değerlendirme Eşiği	Limit Değere Ulaşılabilecek tarih	Uyarı eşiği
Saatlik	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1.1.2014 tarihinde	Limit değerin %70'i	Limit değerin %50'si	1 Ocak 2024	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (hava kalitesinin temsili bölgelerin de bütün bir “bölge” veya “alt bölge” de veya en azından 100 km^2 ’de hangisi küçük ise- üç ardışık saatte ölçülür)
İnsan sağlığının korunması için	(bir yılda 18 defadan fazla aşılmaz)	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (%) ve 1.1.2024 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	(140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bir yılda 18 defadan fazla aşılmaz)	(100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bir yılda 18 defadan fazla aşılmaz)		
Yıllık	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1.1.2014 tarihinde	Limit değerin %80'i	Limit değerin %65'i	1 Ocak 2024	
İnsan sağlığının korunması için		20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (%) ve 1.1.2024 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	(32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	(26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)		

Çizelge 1.8: PM₁₀ Limit Değerleri, Değerlendirme ve Uyarı Eşikleri (Anonim, 2008).

Ortalama Süre	Limit Değer	Tolerans Payı	Üst Değerlendirme Eşiği	Alt Değerlendirme Eşiği	Limit Değere Ulaşılabacak Tarih
24 saatlik	50 µg/m ³	1.1.2014 tarihinde 50 µg/m ³ (%100) ve 1.1.2019-tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	30 µg/m ³ (Bir yılda 7 defadan fazla aşılmaz)	20 µg/m ³ (Bir yılda 7 defadan fazla aşılmaz)	1 Ocak 2019
İnsan sağlığının korunması için	(Bir yılda 35 defadan fazla aşılmaz)				
Yıllık	40 µg/m ³	1.1.2014 tarihinde 20 µg/m ³ (%50) ve 1.1.2019 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	14 µg/m ³	10 µg/m ³	1 Ocak 2019
İnsan sağlığının korunması için					

Farklı ülkelerin hava kalitesini belirleyen bazı parametrelere ait standart değerleri Çizelge 1.9’ da verilmiştir.

Çizelge 1.9: İç Ortam Kalitesi ile İlgili Değişik Ülkelere Ait Standartlar (Bulut, 2007).

Ülkeler	CO ₂	Partikül Madde	Bağıl nem	Sıcaklık
ABD ASHRAE ^a	1000 ppm	PM10<75 µg/m ³ (yıllık ortalama)	%30-60	20-25.5 °C
ABD/EPA /NAAQS ^b	-	50 gr/m ³ (1 yıl)	-	-
ABD NIOSH ^c	5000 ppm 30000 ppm (15dak)	-	-	-
ABD OSHA ^d	10000 ppm 30000 ppm (15 dak.)	5 mg/m ³ (8 saat) solunabilir toz	-	-
ABD ACGIH ^e	5000 ppm 9000 ppm (15 dak.)	3 mg/m ³ (8 saat)	-	-
Almanya MAK ^f	5000 ppm 9000 ppm (15 dak.)	-	%30-70	20-26 °C
Kanada	3500 ppm	PM2.5 <40 µg/m ³ (8 saat) 100 µg/m ³ (1 saat)	%30-80 (yaz) %30-55 (kış)	-
Çin	-	PM10<150 µg/m ³ PM10<20µg/m ³ (yıllık ort.)	-	-
WHO	-	PM10<50 µg/m ³ (24 saat)	-	-
İngiltere	-	PM10<50 µg/m ³	-	-
Norveç	-	PM2.5<20 µg/m ³	-	-
Avrupa Birliği	-	PM2.5<35 µg/m ³	-	-
Hong Kong	800 ppm (1. düzey) 1000ppm (2. düzey)	PM10<20 µg/m ³ (1. düzey) PM10<180 µg/m ³ (2. düzey) (8 saat ortalama)	%40-70	20-25.5 °C

^aASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ^bEPA/NAAQS: Environmental Protection Agency/ National ambientair quality standards, ^cNIOSH:National Institute of Occupational Safety And Health,

^dOSHA: Occupational Safety and Health Administration, ^eACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists,

^fMAK: German Maximale Arbeits platz Konzentrationen.

Ülkelerin uygulamış oldukları sınır değerler halk tarafından daha kolay anlaşılması ve uygulanabilmesi için kullanımı yaygın bir indekse dönüştürülmektedir. Hava Kalitesi İndeksi (HKİ) (Air Quality Index/AQI) olarak isimlendirilen bu indeks her ülkenin kendi uygulamış olduğu limit değerler kullanılarak oluşturulur ve istenilen bir bölgede hava kalitesini ortaya koymakta kullanılır. Bu indeks tanımlanırken farklı renklerden yararlanılır ve hava kalitesini belirleyen parametreler için ayrı ayrı hazırlanmaktadır. Ulusal Hava Kalitesi İndeksi, ilgili mevzuatımızda belirlenen sınır değerlere dayanılarak düzenlenmiştir. Ortam havasının kalitesi üzerinde etkili olan 5 önemli kirletici olan partikül maddeler (PM₁₀), karbon monoksit (CO), kükürt dioksit (SO₂), azot dioksit (NO₂) ve ozon (O₃) için ayrı ayrı düzenlenmiştir (Anonim, 2020). Çizelge 1.10’ da bu kirleticilerin ulusal hava kalite indeksi kesme noktaları verilmiştir.

Çizelge 1.10: Ulusal Hava Kalite İndeksi Kesme Noktaları (Anonim, 2020)

İndeks	HKİ	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	CO (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)
		1 sa. Ort.	1 sa. Ort.	8 sa. Ort.	8 sa. Ort.	24 sa. Ort.
İyi	0-50	0-100	0-100	0-5500	0-120 ^L	0-50
Orta	51-100	101-250	101-200	5501-10000	121-160	51-100
Hassas	101-150	251-500	201-500	10001-16000 ^L	161-180 ^B	101-260
Sağlıksız	151-200	501-850	501-1000	16001-24000	181-240 ^U	261-400
Kötü	201-300	851-1100	1001-2000	24001-32000	241-700	401-520
Tehlikeli	301-500	>1101	>2001	>32001	>701	>521

L: Limit Değeri

B: Bilgi Eşiği

U: Uyarı Eşiği

Çizelge 1.11: Ulusal Hava Kalitesi İndeksi (Anonim, 2020).

Hava Kalitesi İndeksi (AQI) Değerleri	Sağlık Endişe Seviyeleri	Renkler	Anlamı
0-50	İyi	Yeşil	Hava kalitesi memnun edici ve hava kirliliği az riskli veya risk teşkil etmiyor.
51-100	Orta	Sarı	Hava kalitesi uygun fakat alışılmadık şekilde hava kirliliğine hassas olan çok az sayıdaki insanlar için bazı kirleticiler açısından orta düzeyde sağlık endişesi oluşabilir.
101-150	Hassas	Turuncu	Hassas gruplar için sağlık etkileri oluşabilir. Genel olarak kamunun etkilenmesi olası değildir.
151-200	Sağlıksız	Kırmızı	Herkes sağlık etkileri yaşamaya başlayabilir, hassas gruplar için ciddi sağlık etkileri söz konusu olabilir.
201-300	Kötü	Mor	Sağlık açısından acil durum oluşabilir. Nüfusun tamamının etkilenme olasılığı yüksektir.
301-500	Tehlikeli	Kahverengi	Sağlık alarmı: Herkes daha ciddi sağlık etkileri ile karşılaşabilir.

Hava kirleticileri için bu standart değerlerin yanında biyosolerler için de kabul edilebilir sınırlar belirlenmekte ve zaman zaman güncellenmektedir. ACGIH (The American Conference of Governmental Industrial Hygienists) bu amaçla havada kültür edilebilir biyosol miktarnı 100 CFU/m³ olarak sınırlamıştır. Ancak belirlenen bu değer 1999 yılında ortadan kaldırılmıştır (Menteşe ve Güllü, 2006). Biyosolerler ile ilgili bir limit değer de Kanada Hükümeti tarafından belirlenmiştir. Kanada Hükümeti üst limit olarak 500 CFU/m³ belirlemiştir. Biyosolerlerin insan sağlığına zarar verecek seviyesi ise NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health Administration) tarafından 1000 CFU/m³ olarak tespit edilmiştir (Menteşe ve Güllü, 2006). Avrupa Birliği tarafından ikamet edilen bölgeler için bakteri seviyesi 5x10³ kob/ m³, mantar seviyesi 5x10³ kob/m³ olarak sınır değerler konulmuştur (WHO, 1998; Gorny ve Dutkiewicz, 2002).

1.3. İç Ortam Hava Kalitesini Arttırmak İçin Yapılması Gerekenler

İç ortam havasını kirletici kaynaklarını ortadan kaldırmak, kirlilikle mücadelenin ilk ve en etkili adımı olarak gösterilebilir. İç ortamda kirlilik unsuru olan malzemenin değiştirilmesi etkili bir çözümdür. Endüstriyel alanlarda kullanılan kimyasalların en az kirlilik yapanla değiştirilmesi bu duruma örnek olarak verilebilir (Kurutaş, 2009). İç ortam havasının tazelenmesi amacıyla etkili bir havalandırma işlemi de kirlilikle mücadelede çok önemlidir. İç ortam havası özellikle durgunlaşan hava, kirleticilerin içerisinde birikmesiyle yoğun şekilde kirlenerek kalitesi bozulmaktadır. Bu nedenle kapalı ortamlarda temiz hava hareketliliğini sağlamak çok faydalıdır (Özyaral ve Keskin, 2005). Binalarda ısıtma ve soğutma işleminin gerçekleştirilmesi için kullanılan birçok cihaz taze havayı içeriye vermemektedir. Bu cihazlar kullanılırken pencere ve kapılardan havalandırma sağlamak, pencere tipi klimalar kullanmak gibi yollara başvurularak kapalı alanlardaki dış ortam havasının oranını arttırmak mümkündür (Düzova, 2007). İç hava kalitesini arttırmak için hava temizleyici cihazlardan yararlanmakta mümkündür. Kullanılan hava temizleyicinin verimli bir şekilde temizleme işlemi yaptığından emin olmak lazımdır. Partikülleri toplaması ve temizleyici elemandan ne kadar hava çektiği kontrol edilerek verimliliğine bakılabilir (Anonim, 2014). Tüm bu tedbirlerden sonra aşağıdaki konulara dikkat edilerek iç ortam hava kalitesini iyileştirmek mümkündür.

- Kapalı ortamlarda tütün ürünlerinin kullanımının önüne geçilmelidir.
- İç yapı malzemesi olarak sayılabilen boya, vernik, çözücü gibi ürünler, oda spreyleri ve kozmetik ürünlerin kullanımı mümkün olduğu kadar azaltılmalıdır.
- Kapalı ortamlarda yoğun olarak kullanılan halı, mobilya ve ofis malzemelerini seçerken düşük emisyonlu olanları tercih edilmelidir.
- Özellikle yemek pişirilen ve ısıtılan mutfak vb. yerlerde ortam havasına yanma sonucu açığa çıkan gaz salınımının önüne geçmek için uygun aspiratörler kullanılmalıdır.
- Biyoaerosollerin üremesinin önüne geçmek için temizlik işlemleri titizlikle yapılmalı ve ortamda bulunan tozlar uzaklaştırılmalıdır.

- Başta küfler olmak üzere diğer biyolojik mikroorganizmaların üremesini önlemek adına su sızıntılarının önüne geçilmeli ve aşırı nem oluşumu engellenmelidir.
- Isıtma, soğutma sistemlerinin ve pencere tipi klimaların filtrelerini düzenli olarak değiştirilmelidir.
- Bulunulan kapalı ortamda bilgisayar, fotokopi makinesi, yazıcı, faks makinesi gibi makinelerin ortama yaydığı koku ve zararlı maddelerin önüne geçmek adına daha sık havalandırma yapılmalıdır.
- Pestisitler gerektiği kadar ve ortama uygun olanı seğilerek kullanılmalıdır. Çünkü pestisitler ortam havasını kirlettiği gibi insan sağlığı üzerinde de ciddi olumsuzluklara neden olmaktadır. Ayrıca pestisitler kullanılırken püskürtme yerine yem kullanarak uygulama yapılmalıdır. Bu sayede havadan pestisitlere maruz kalma oranını düşürmüş olunacaktır (Zeydan vd., 2009; Parmaksız, 2017).

1.4. İç Ortam Havaındaki Bakteriler

Bakteriler toprakta, suda, hayvanlarda, insanlarda, bitkilerde, gıda maddelerinde bulundukları gibi ortam havasında da bulunmaktadır. Kısacası bakteriler hemen hemen her yerdedirler. Ortam havasında patojenik ve patojenik olmayan, saprofit ve parazit bakteriler yer alabilir (Stern, 1973). Bakteriler tek hücreli, gerçek çekirdeği olmayan, boyutları oldukça küçük mikroorganizmalardır. Bakterilerin sınıflandırılması şekline ve boyutlarına göre yapılmaktadır. Küresel şekilde olanlar ‘coccus’ olarak isimlendirilirken, spiral şeklinde olanlar ‘spirillum’ olarak adlandırılırlar. ‘Cocoid bakteriler’ boyutları 0,4 ile 2,0 µm arasında olan bakterilerdir. Boyutları 4-20 µm arasında olanlar ise ‘bacil’ olarak isimlendirilirler. Bakterilerin birçoğu heterotrofik olduğu için organik molekülleri metabolize ederler. Üremeleri için birçok substratı kaynak olarak kullanabilirler. Bununla beraber bakterilerin çoğalması için oksijen bulunması, ortamın sıcaklık seviyesi, nem değeri ve pH gibi çevresel etkenlerde büyük önem kazanmaktadır. Havada bulunan bakteriler mezofiliktirler ve en fazla üremeyi 20-35 °C arasındaki sıcaklık değerlerinde gerçekleştirirler (Menteşe, 2009). İç ortam havasında bulunan bakterilerin yoğunluğu açısından bir önemli etkende ortamın güneş ışığı alıp

almadığıdır. Çünkü bakteriler UV ışınlarını tolere edemezler ve birkaç saat gibi kısa sürelerde etkisiz hale gelirler (Alçay ve Yalçın, 2015).

1.4.1. Staphylococcus: Staphylococcus bakterisi 1880 yılında Alexander Ogston tarafından İngiltere’de keşfedilmiştir. Mikroskopik görüntüsü üzüm salkımı şeklinde veya yuvarlak bir şekildedir (Kaynarca, 2009). Bu bakterilerin başlıca kaynakları insanlar ve hayvanlar olmakla birlikte toprakta, suda ve insanların ve hayvanların temas ettiği her türlü ortamda bulunabilmektedirler. Bu kadar yaygın olarak bulunmaları bu bakteri türünü önemli kılmaktadır. Gıdalara Staphylococcus bakterilerinin bulaşması daha çok insanlar nedeniyle gerçekleşmekle beraber, mastisitli hayvanlardan temin edilen sütler ile ve kontamine olmuş diğer hayvanlarla da gıdalara bulaşma sağlanmaktadır. Staphylococcus intoksikasyonlarının en fazla görüldüğü gıdaların başında bulaşma gerçekleşmiş süt ve süt ürünleri gelmektedir (Erol, 1999). Bunun yanında özellikle kırmızı et ürünleri, tavuk eti, jambon, söğüş etler, ızgarada pişirilmiş etler, salatalar, sandviçler ve pastalar gibi hazırlanması sırasında el ile çok temas eden ürünler *S.aureus* zehirlenmesinde önemli görülen gıdalar arasındadırlar (Jay, 1996).

Staphylococcus türü bakteriler insanlarda ciddi sağlık problemlerine neden olmaktadır. Solunum yolu enfeksiyonu, cilt rahatsızlıkları, alerji ve astım bu hastalıkların bazılarıdır. Göz iltihabı, Atopik Dermatit, idrar yolu enfeksiyonu, cilt tahrişi gibi hastalıklar da bu bakteri türünün neden olduğu hastalıklar arasında yer almaktadır (Aghlara, 2017). Ayrıca bakterilerin neden olduğu gıda zehirlenmelerinin çoğunu Staphylococcus türlerinin oluşturduğu enterotoksinler meydana getirmektedir. Bu enterotoksinler sindirim sistemi üzerinde olumsuz etkiye neden oldukları için zehirlenmeler meydana gelmektedir. Staphylococcus türleri arasından gıda zehirlenmelerine neden olan enterotoksinlerin hemen hemen hepsini *S.aureus* türleri oluşturmaktadır (Erol, 1999). Bu tür haricinde *S.intermedius*, *S.hyicus* ve *S.epidermidis* enterotoksin oluşturan diğer *Staphylococcus* türleri olarak sayılabilir (Bukowski vd., 2010). Gıda endüstrisinde gıda maddelerinde veya kullanılan alet ve ekipmanlarda *S.aureus*’un veya toksinlerinin varlığı sanitasyon işleminin zayıf olduğunun göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Çünkü bu tür, mikrobiyel yükü zayıflatmada kullanılan uygulamalara özellikle ısıtma işlemine karşı

oldukça duyarlıdır. Yeterli derecede ısı işlem uygulamalarıyla *Staphylococcus* türlerinin aktivitesine son verilebilir (Erol, 1999; Sutherland ve Varnam, 2002).

1.4.2. Corynebacterium: Corynebacterium oksijenli veya oksijensiz ortam şartlarında yaşayabilen şekli çubuk şeklinde, gram pozitif, spor üretmeyen, toksin oluşturan bir bakteri türüdür. Bu bakteri türü bitkilerde ve hayvanlarda yaygın olarak bulunmaktadır. Corynebacterium bakterisi üst solunum yolu rahatsızlıklarına ve deride iltihaplanmalara ve yaralara neden olmaktadır. Corynebacterium Diphtheriae bu bakterinin en önemli türü olarak gösterilmektedir. Bu tür %17 oranında diphtheriae hastalığına neden olan bakteri türüdür (Hindmarch vd., 1990).

1.4.3. Streptococcus: İlk defa 1881 yılında Amerika’da George Sternberg ile Fransa’da Louis Pasteur tarafından keşfedilmiştir. O tarihlerde zatürreye neden olarak gösterilmiş ve diplokok adıyla tanım yapılmıştır. Bu türün 1970 yılında yapılan çalışmalarda bilim adamları sıvı ortamda zincir görünümünde ürettiği belirlenmiş ve adına Streptococcus denilmiştir (Emeritus ve Demirci, 2016). Streptococcuslar sporsuz, gram pozitif, kapsülsüz, yuvarlak veya oval şekillerde olabilen bakteri türleridir. Kolonilerinin çapları 1 µm büyüklüğüne varabilir ve şeffaf ve parlak görünümlüdürler (Wyder vd., 2011). Üremeleri için en uygun sıcaklık değeri 37 °C’dir. Oksijen varlığında ya da yokluğunda üreyebilirler. İnsan vücudunda doğal flora bakterisi olarak bulunan bu bakteri türü normal koşullar altında hastalık etkeni değildir. Ancak vücudun bakımsız oluşu, stres altında ve iklim şartları gibi etkenlerle birleştiği zaman çeşitli hastalıklara sebebiyet vermektedirler. Streptococcus bakterisinin insanlarda lokal ve vücuda yayılmış olarak enfeksiyonel hastalıklara neden olabilir. Bu bakterilerin neden olduğu hastalıklar burun akıntısı ve irin ile kendini gösterir (Emeritus ve Demirci, 2016).

1.4.4. Bacillus: Bacillus bakterisi ve bu bakteriye karşı uygulanan aşı Fransa’da Louis Pasteur tarafından keşfedilmiştir. Bu bakteri türü gram pozitif, spor oluşturan, oksijenli ve oksijen olmayan ortamlarda üreyebilen bakterilerdir. Doğada oldukça fazla miktarlarda bulunurlar. Boyutları oldukça büyüktür. Boyu 3-8 µm ve eni 1-1,5 µm ölçülerinde olabilen kalın sporlu bir bakteri türüdür. Bacillus bakterisi oldukça önemli hastalıklara neden olabilmektedir. Bunlar cilt şarbonu, akciğer şarbonu, ağız şarbonu, göz enfeksiyonu, sindirim sistemi şarbonu, karın ağrısı, şişkinlik, kanlı

sürgün ve kanlı kusmalar olarak sayılabilir (Anonim, 2004).

1.5. Mantarlar

Bakterilere göre daha büyük boyutlara sahip olan bu mikroorganizmaların gerçek çekirdekleri vardır. Mantarların bazı türleri eşeyli, bazı türleri eşeysiz üreme gerçekleştirir. Her iki şekilde üreme gerçekleştiren türlerde mevcuttur (Flannigan vd., 2011). Havada dağılmış olarak bulunan mantar hif ve sporlarının solunum yoluyla insanlara bulaşma ihtimali fazladır. Astım ve alerji gibi etkilerinden dolayı mantarlar önem arz etmektedirler. Ortalama boyutları 10 µm civarlarında olan mantar sporlarının boyutları geniş bir aralıkta gözlemlenebilmektedir. 3 ile 200 µm aralığında değişen boyutlarda mantar sporları mevcuttur. Mantar sporları uzun süreler boyunca havada asılı olarak kalabilmekte ve diğer parçacıklara tutunarak rüzgar ile farklı yerlere taşınabilmektedirler. Dış ortam havasında bulunan mantarlar kapı, pencere, havalandırma sistemleri vb. etkenlerle iç ortama geçebilir ve ortam havası ve diğer yüzeyleri kontamine edebilirler (Shelton vd., 2002).

Bazı mantar çeşitleri üreyip çoğalabilmeleri için özel besinlere ihtiyaç duyarlar yani besin spesifiktirler. Mezofilik mantarlar için en uygun üreme sıcaklıkları 20-35 °C arasındaki değerlerdir. Bununla beraber mantarların bazı türleri daha zor koşullarda, aşırı sıcaklık ve nem değerlerinde canlılığını koruyabilmektedir (Godish, 2001). *Aspergillus fumigatus* ve *Aspergillus niger* türleri geniş sıcaklık değerlerinde yaşamını devam ettirebilen bu mantar türlerine örnek olarak verilebilir. Mantarların üreyebilmesi için ortamda oksijen bulunması gerekirken, karbonhidrat mevcudiyeti de mantar çoğalması için önem arz etmektedir (Huang, 2013).

Gerek iç ortam havası gerekse dış ortam havası yapısal olarak biyoaerosollerin üreme ve gelişmeleri için uygun ortamlar olmasalar da havada bulunmaları ve başka yerlere taşınmalarını sağlaması açısından önem arz etmektedir. Havada bulunan mantarların üremeleri üzerinde atmosferik şartlar oldukça etkilidir. Sıcaklık, yağış, rüzgar, nem vb. olarak sayılabilecek bu faktörler havadaki mantar konsantrasyonunu artırabilmekte veya azaltabilmektedir (Jones ve Harrison, 2004). Küf mantarları atmosfer havasında her mevsim bulunmakla beraber, sporları nedeniyle bilhassa yaz ve kış mevsimlerinde havada daha fazla bulunurlar. Mevsim geçişlerinde yani Mart

ve Kasım aylarında *Aspergillus* ve *Penicillium* cinsine ait türler havada maksimum seviyelerde bulunurlar. Küf sporları atmosfer havasında mayıs ayında en yüksek miktarlarda bulunurken, Ekim ayında bu miktar yok olma derecelerine kadar düşmektedir (Özyaral, 2003). Havadaki mantar sporlarının sayısı gece ve gündüz şartlarından bile etkilenmektedir. Gündüz saatlerinde havada kuru mantar sporları yaygın olarak bulunurken, nem oranı yüksek ıslak mantar sporları gece saatlerinde havada yaygın olarak bulunmaktadır (Ökten vd., 2005).

Dış ortam havasında daha çok bulunan mantar türlerine örnek olarak, *Cladosporium*, *Alternaria*, *Botrytis*, *Acremonium* ve *Epicoccum* türleri verilebilir. Bu mantar türleri doğada daha çok bitkilerin kök, gövde, yaprak ve diğer kısımlarında bulunmaktadır (Flannigan vd., 2011). İç ortam havasında daha çok karşımıza çıkan mantarlar olarak ise *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, ve *Alternaria* türleri sayılabilir. Saprofit mantar olan bu mantar türlerinin ekserisi cansız organik madde kullanarak üreme gerçekleştirirler (Godish, 1989)

1.5.1. Alternaria: Dış ortam havasında daha fazla gözlenir. Çünkü bitki, hayvan ve toprak kaynaklı olduğu değerlendirilen bir mantar türüdür. İç ortamda ahşap yüzeylerde ve kuru duvar kağıtlarında bulunabilmesi, selülozu parçalayabilme kabiliyeti olduğu içindir. Ürettiği mikotoksinler nedeniyle insanlar üzerinde alerji ve astım gibi rahatsızlıklara neden olabilmektedir (Fung vd., 2000).

1.5.2. Aspergillus: *Aspergillus* mantar türleri doğada neredeyse her yerde bulunur ve genellikle bitkilerin çürüyen kısımlarında ve toprakta yoğun olarak bulunurlar. İnsanların hazırlamış olduğu substratı kullanarak ilk koloni oluşturan mantar çeşididir. Nem düzeyi düşük ortamlarda bile canlılığını koruyabilmesi daha fazla alanda bulunurluluğunu arttırmaktadır (Aktürk vd., 2007). Ortam havasında bu denli yaygın olan bu mantar türüne insanların maruz kalma süreleri ve miktarları artmaktadır. Bunun sonucunda da insanlarda farklı rahatsızlıklar meydana gelebilmektedir. Patojen *Aspergillus* türlerinin neden olduğu hastalıklara örnek olarak; akciğer enfeksiyonu, kemik enfeksiyonu, beyin enfeksiyonu, solunum yolu enfeksiyonu, yüksek ateş, öksürük, nefes darlığı gibi hastalıklar verilebilir (Aghlara, 2017).

1.5.3. Penicillium: Bu mantar türü 1929 senesinde Alexander Fleming tarafından keşfedilmiş ve aynı kişi tarafından penisilin antibiyotiği bulunmuştur (Akbulut, 2003). Dünyanın hemen hemen her yerinde yaşayabilen bu mantar türü yaygın olarak toprakta, çürüyen bitkiler üzerinde, havada kontamine olmuş halde bulunurlar. *Penicillium* mantarlarının 200'den fazla türü tanımlanmıştır. İç ortam havasında en fazla bulunan türü *Penicillium chrysogenum*'dur. İç ortam havasının bu mantar türüyle kirlenmesine neden olan başlıca kaynaklar, rutubetli yapı ürünleri, zemin kaplamaları, mobilyaların yüzey kaplamaları, halılardır (Kung, 2014). Ortam ısısı, nem miktarı gibi etkenlerde iç ortam havasında bulunan *Penicillium* türü mantarların konsantrasyonunu etkilemektedir. *Penicillium* türü mantarların çok fazla bulunduğu ortam havasına maruz kalan kişilerde şiddetli alerjik rahatsızlıklar gözlemlenebilir (Jaakkola vd., 2013). *Penicillium* mantar türlerinin kirlenici olarak değerlendirilmesinin bir diğer nedeni mikotoksin üretmeleridir. *P. Verrucosum* türü de bir mikotoksin olan okratoksin A'yı üretir ve insanlar üzerinde böbreklerde rahatsızlıklara neden olduğu gibi kanserojen etkisi de görülmektedir (Kung, 2014). *Penicillium* mantarlarının sağlık üzerine etkileri bununla da sınırlı değildir. Bazı türleri deri, akciğer, sindirim sistemi şarbonu, ateş, kilo kaybı, nefes darlığı gibi önemli hastalıklara yol açmaktadırlar (Godish, 2001).

Penicillium mantarlarının bazı türleri iç ortamda daha fazla bulunur. Wei arkadaşlarıyla birlikte iç ortam havasında bulunan *Penicillium* türlerini belirlemek amacıyla yaptıkları bir çalışmada Taiwan'nın Taipei şehrinde 88 evin yatak odası ve oturma odasından petri açma yöntemiyle örnekleme yapmışlardır. Sonuç olarak gözlemledikleri ortamların iç havasında en fazla bulunan tür %40,5 ile *Penicillium citrinum* türü olmuştur (Wei vd., 1993).

1.5.4. Fusarium: Bu mantar türleri toprakta, bitkiler üzerinde ve bitki atıklarında bitki patojeni olarak veya saprofit olarak çoğalma gösterirler. *Fusarium* mantarı birçok bitkide parazit etkisi yapar ve onlara zarar verir. Bu bitkilere örnek olarak domates, patates, armut, muz ve bezelye verilebilir. Ayrıca tahıllarda olduğu gibi bitki tohumlarından da izole edilebilir. Bu mantar türü iç ortam havasında bulunması için ortam neminin yüksek olması gerekir. İç ortam kirlenici kaynakları olarak nemli duvarlar, duvar kağıtları, halılar, minderler sayılabilir (Kung, 2014).

Fusarium solani türü insanlar üzerinde enfeksiyona sebep olan türlerin başında

gelmektedir. *F.solani* alerjik hastalıklara neden olarak insan sağlığını olumsuz etkiler. Sistemik *Fusarium* infeksiyonları sebebiyle hastaların %70'ten fazlası hayatını kaybetmektedir ve AIDS hastalarında sıkça rastlanmaktadır (Horner vd., 1995).

1.5.5. Cladosporium: Bitki çürüklerinden beslenen bu mantar türü dünyada yaygın olarak bulunan bir türdür. Dış ortam havasında daha fazla bulunmakla beraber iç ortam havasında da en sık rastlanan mantar türü olma özelliğine sahiptir. İç ortamda daha çok boyalı duvar yüzeylerinde, ahşap mobilyalarda ve kumaş yüzeylerinde, pencere kenarlarında daha çok bulunurlar. Ayrıca nemli ortamlarda, atık gıda ve çürüyen bitkiler üzerinde oldukça kolay bir şekilde ürerler (Ho, 1999). Cladosporium insanlar için patojen olmamakla birlikte bağışıklık sistemi baskılanmış hassas insanlarda alerjileri hızlandırabilir. Yüksek miktarlara uzun zamanlı maruziyet durumlarında astım ve kronik alerji rahatsızlıklarını meydana getirebilir. Bu alerjilere sebebiyet veren türlerin başında Cladosporium herbarum gelir. Cladosporium türlerinin klinik açıdan havada bulunma konsantrasyonları çoğunlukla 3000 spor/m³'tür. Kış aylarında havadaki miktarları çok düşük olmakla beraber yaz mevsiminde konsantrasyonları günlük 2000 ile 50000 spor/m³ arasında gözlemlenmektedir (Kung, 2014). Yapılan bazı çalışmalarda sıcaklık ile Cladosporium sporlarının sayısı arasında kuvvetli pozitif ilişki olduğu tespit edilmiştir (Serbes ve Kaplan, 2014).

1.5.6. Maya Mantarı: Maya mantarları nemli ve rutubetli olan iç ortam havasında çok yüksek oranlarda görülebilir (Kung, 2014). Bu mantar türleri 3-5 µm çapında yuvarlak veya oval şekillerde olup, grup yapma özellikleri mevcuttur. Üremeleri tomurcuk yaparak gerçekleşir (Akşit vd., 2006). Maya mantarları normal insanda herhangi bir sağlık sorununa neden olmazken, yüksek miktarlarda maya mantarına maruz kalan bağışıklık sistemi baskılanmış kişilerde bazı enfeksiyonlar görülebilir (Kung, 2014).

1.6. Hava Örnekleyici Sistemler

1.6.1. Çöktürme (Sedimentation) Yöntemi

Çöktürme metodu gıda endüstrisinde çok uzun yıllardan beri kullanılmaktadır. Bu yöntem kullanılarak örnekleme işlemi yaparken, aranacak olan mikroorganizmanın gelişimine imkan sağlayan besiyerleri örnekleme yapılacak alanda açık bir şekilde bekletilmektedir. Bu bekleme süresi genellikle 15 dakika gibi bir zaman dilimidir. Bu zaman zarfında havada asılı olan partiküller saatte ortalama 2,5-3 cm hızla yerçekimi nedeniyle petrilere çökmektedir. Bekleme süresinin sonunda ağzı kapatılan petri kutuları mikroorganizmaların gelişimi için uygun sıcaklık ve sürede inkübasyona bırakılmaktadır. İnkübasyon sonucunda sayımı yapılan mikroorganizmalar kob ya da partikül sayısı olarak belirlenmektedir. Çöktürme yöntemi her ne kadar uygulamasının basit olması ve ucuz olması nedeniyle avantajlı bir yöntem gibi görünse de havada bulunan mikroorganizma sayısını tam olarak ortaya koymamakta sadece tahmin edilmesini sağlamaktadır. Bununla beraber havada çok fazla mikroorganizma olduğu zaman sayımda aksaklıklar oluşmakta, sonuçlar hava hareketlerinden etkilenmekte ve sonuçlar numune olarak alınan havanın hacmine göre tespit edilememektedir. Bu gibi dezavantajlarından dolayı her ne kadar uygulaması kolay olsa da beklenen mikroorganizma sayısından daha az sayıda sonuç elde edildiği için bu yöntem tavsiye edilmemektedir (Griffiths ve DeCosemo, 1994; Holah vd., 1995; Curiel vd., 1999; Salustiano vd., 2003). Bu yöntemle mikrobiyel yük aşağıdaki formül ile belirlenebilir.

$$MY = N \times \frac{60}{S} \times \frac{1}{a}$$

MY: mikrobiyal yük,

N: koloni sayısı,

S: petri kabının bırakıldığı süre (dakika),

a: petri kabının alanı (m²)

1.6.2. Çarpıtırma (Impaction) Yöntemi

Çarpıtırma yöntemi airtampler (örnekleme cihazı) ile belirli hacimdeki havanın istenilen sürede çekilerek besiyeri üzerine çarpıtılması olarak ifade edilebilir. Hava örnekleme cihazları çektiği havayı içerisinde agar bulunan petri kutularına toplamaktadırlar. Hava içerisinde bulunan mikroorganizmaların üremeleri için uygun besiyerlerinin hazırlanması elzemdir. Bu yöntem ile havada bulunan mikroorganizma sayısı yüksek oranda tespit edilebilir. Bu nedenle biyoaerosol sayısının düşük olduğu ortamlarda örnekleme yapmak için uygun bir yöntemdir. Bu yöntemin uygulamasının pratik olması ve örnekleme yaptıktan sonra ilave bir işleme gerek olmadan örneklerin inkübasyona bırakılabilmesi diğer bazı avantajları olarak sayılabilir. Bu avantajlarının yanında birtakım dezavantajları da mevcuttur. 5 dakikadan daha uzun örnekleme sürelerinde besi yerinin yüzeyinde kurumalar meydana gelir. Bu kuruma neticesinde agardan suyun uzaklaşması nedeniyle yeterli düzeyde mikrobiyel gelişme sağlanamaz. Buda yanıltıcı sonuçlar elde edilmesine neden olur. Özellikle sıcak ve kuru havalarda örnekleme süresi uzarsa kurumaların engellenmesi güç olmaktadır (Çöl ve Aksu, 2007).

1.6.3. İmpinger Yöntemi

Bu yöntem, örnekleme yapılacak olan ortam havasının vakumlanarak steril bir sıvı içerisinden geçirilmek suretiyle havada bulunan biyoaerosollerin sıvı faza geçmesi prensibine dayanır. Vakumlama işlemini gerçekleştiren impingerler düşük ve yüksek emiş hızlarına sahip olabilirler. Düşük hızda emiş yapan impinger modelleri çapı 5 µm'den daha küçük olan partikülleri toplayamazlar. Buna karşılık yüksek hızla emiş yapan modeller ise her ne kadar 1 µm'den daha büyük partikülleri vakumlayabilseler de vejetatif hücreler hava akımının hızlı olması sebebiyle bölünerek çoğalmalarına neden olmaktadır. Bunun sonucunda sayımı yapılan koloni miktarı artmaktadır (Çöl ve Aksu, 2007). Bu yöntem ucuz olmasına rağmen vakumlama hızının etkisiyle partiküller canlılığını yitirebilir. Bu da mevcuttan daha az mikroorganizmanın tespit edilmesine neden olabilir. Emiş sırasında partiküllerin parçalanması halinde ise mikroorganizma sayısı yüksek çıkabilmektedir. Bu örnekleme yöntemi biyoaerosol seviyesinin yüksek olduğu tahmin edilen yerlerde tavsiye edilmektedir. Ayrıca bu işlem sırasında kullanılan cam şişenin steril olmasına özellikle dikkat edilmelidir.

Vakumlama işlemi için kullanılan implengerler 10-12 litre hava çekmektedirler (Stetzenbach vd., 2004).

1.6.4. Filtrasyon Yöntemi

Bu yöntemle numune alma işlemi örnekleme yapılacak havanın özel bir filtre üzerine vakum vasıtasıyla toplanması ile gerçekleşir. Örnekleme işleminden sonra mikroorganizmaların tutulduğu filtre uygun besiyeri üzerine yerleştirilerek uygun şartlarda inkübasyona bırakılır. Daha sonra oluşan kolonilerin sayımı yapılır. Bu yöntem sayesinde partiküller parçalanmadan filtre üzerine toplanmış olur. Eğer bu yöntemde jelatin membran filtre kullanılırsa vakumlama işlemi sırasında filtrenin kuruması önlenmiş olur. Bu iki sebep filtrasyon yöntemini impinger yöntemine göre daha avantajlı duruma getirmektedir. Filtrelerin kuruması engellenirse mikroorganizmaların kuruyarak canlılığını kaybetmesinin de önüne geçilmiş olmaktadır. Bu yöntemde kullanılan filtreler jelatin membran olduğu gibi, selüloz lif, sodyum alginat, fiber glass özelliklerde de olabilirler. Bu yöntemin başka bir avantajı da örnekleme yapılan havanın hacimsel olarak miktarının ayarlanabilmesidir (Çöl ve Aksu, 2007).

1.6.5. Merkezkaç Kuvveti (Santrifüj) Yöntemi

Agarstripli fan kullanılarak oluşturulan merkezkaç kuvveti sayesinde örnekleme yapılmak istenilen hava içerisinde mevcut olan mikroorganizmaların agar üzerinde toplanması prensibine dayanan bir yöntemdir. Agar üzerinde mikroorganizmalar toplandıktan sonra uygun şartlarda inkübasyon işlemi gerçekleştirilir. Bu yöntemin avantajlarını şu şekilde sıralamak mümkündür. Yöntem kolay uygulanabilir ve çarpıtma yöntemine göre mikroorganizmalar daha az strese girer. Bunun nedeni örnekleme esnasında hava akım hızının yavaş olmasıdır. Yöntemin dezavantajları ise küçük partiküllerin agar üzerine tutunamayıp sadece büyük hacimli partiküllerin örnekleme yapılmasıdır. Ayrıca örnekleme yapmada kullanılan cihazın büyük parçalar üzerinde seçici olması sayım yapılırken daha fazla mikroorganizma sayılmasına neden olmaktadır (Çöl ve Aksu, 2007).

1.7. Gıdada Mikrobiyel Kirlilik

İnsanların yaşamsal faaliyetlerini sağlıklı bir şekilde devam ettirebilmek için gereksinim duydukları besin öğelerini proteinler, yağlar, karbonhidratlar, mineraller, vitaminler olarak sıralamak mümkündür. Proteinler; vücudun ihtiyacı olan enerjinin kaynağı olmakla birlikte hücrenin temel ögesi olduğundan dolayı insanların büyümesi, gelişmesi ve zarar gören hücrelerin tamir edilmesinde görev alırlar. Eksojen aminoasitler insanlar tarafından sentezlenemez ve besinler aracılığı ile temin edilmektedir. Et bu aminoasitleri yeterli miktarlarda ve dengeli bir şekilde içermesi nedeniyle tek başına organizmada sarf edilen proteinin neredeyse tamamını karşılamaktadır (Akan, 2009). Proteinler tüm bunların yanında vücutta besin maddelerinin kullanılmasını sağlayan enzim ve bazı hormonların da yapısında bulunur. Gıda maddelerinden et, balık, süt ve bunların ürünleri biyolojik değeri yüksek oldukları için kaliteli protein kaynakları arasında sayılır (Baysal, 2002). Kırmızı et demir, selenyum, A vitamini, B12 vitamini ve folik asitçe zengin bir gıda maddesidir. Bununla beraber etin protein miktarı fazla, karbonhidrat miktarı düşük olduğu için glisemik indeksi düşük bir gıda maddesi konumunda olmaktadır. Bu nedenle kanser hastalarına ve diyabet hastalarına et tüketmeleri önerilmektedir (Biesalski, 2005). İnsan beslenmesi için bu denli öneme sahip olan kırmızı ve beyaz et sağlıklı hayvandan temin edilmez, yeterli hijyen koşullarının sağlandığı mezbahalarda kesilmez, uygun depolama şartlarında muhafaza edilmez ise insan sağlığı için riskli durumlara sebebiyet verebilmektedir (Ok Anadut ve Gümüşsoy 2005).

Gıda endüstrisinde son zamanlarda tüketicilere daha taze, içerisinde daha az koruyucu madde olan, raf ömrü daha uzun ürünler sunabilmek amacı edinildi. Bunu sağlayabilmek için de gıdanın mikrobiyel kontaminasyonuna neden olan tüm etkenleri düşünmek ve önlemek amacıyla gerekli tedbirler alınmak zorundadır. Bu etkenler değerlendirilirken ortam havasının mikrobiyel kalitesi de son zamanlarda önem kazanmıştır.

Fabrikanın farklı bölümlerinde bulunan havanın mikrobiyolojik kalitesinde farklılıklar bulunabilmektedir. Yapılan araştırmalar göstermiştir ki hava içerisinde küf sporları yaygın bir şekilde bulunmakta ve bu sporlar ürünlerin işlenmesi ve

depolanması esnasında gıdalara bulaşıp bozulmalara yol açabilmektedir. Küf sporlarının hava içerisinde fazla miktarda bulunmasının nedeni gıda işletmelerinin fiziki şartları küflerin üremesi için uygun ortamlar barındırmasıdır. Gıda işletmelerinde hava akımının nihai üründen ilk mal kabul bölümüne doğru yani temiz alandan kirli alana doğru olması mikrobiyel kontaminasyonun önüne geçmek adına önemlidir. Çünkü ventilasyon ve havalandırma sistemlerinin çeşitli et ürünlerinde mikrobiyel kirlenmeye neden olduğu belirlenmiştir (Akyuva, 2007).

Temelli ve arkadaşları yaptıkları bir araştırmada et işletmesinde bulunan soğuk hava deposu ortam havasının toplam aerobik mezofil bakteri miktarının karkasların toplam aerobik mezofil bakteri sayısı üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olduğunu tespit etmişlerdir (Temelli vd., 2005).

Gıda kirleticileri fiziksel, kimyasal ve biyolojik kökenli olabilir. Biyolojik kirlenme kaynaklarından olan mikroorganizmalar gıdalarda bozulmalara ve buna bağlı olarak çeşitli hastalıklara neden olabilir. Gıda tesislerinde mikroorganizmalar gıdalara genel olarak yüzeylerden, personel yoluyla ve hava yoluyla bulaşmaktadır. İlk ikisinin bulaşmalardaki katkısı hava yoluyla bulaşmaya göre daha fazladır (Masotti vd., 2019). Ancak her bir kirlenme aracı ürün ve üretim sürecine göre önem kazanmaktadır. Bir gıda işletmesinde çalışan personel vücudunun herhangi bir uzvuyla gıdaya temas etmek yoluyla doğrudan, bir bölge ya da yüzeyden kirliliği taşıyarak dolaylı olarak kirlenmeye katkıda bulunmaktadırlar (Aarnisalo, 2007). Gıdalara mikrobiyel bulaşmanın diğer kaynakları hammaddeler, tesisteki malzemeler, işleme koşulları, su, haşereler, nakliye araçları, paketleme malzemeleri, tesis tasarımı, zayıf imar, açık drenaj, ıslak ve kuru zeminlerde fırçalama işlemleri sayılabilir. Ayrıca temizlik ve dezenfeksiyon işlemleri yeterli şekilde yapılmazsa işletme içerisinde organik ve inorganik toprak kalıntıları patojen bakterilerin biyofilm geliştirerek üremeleri için uygun ortamlar oluşturabilir (Masotti vd., 2019). Hava yoluyla kirlenme bazı gıdalar için fazlaca önem arz etmektedir. Bu gıdalara örnek olarak içecekler, soğutulmuş süt ürünleri, bebek mamaları verilebilir. Ayrıca çok yüksek bölgelerde son ısıtma işleminden sonra doldurma ve paketleme aşamalarında içecekler yeniden kirlenmeye çok yatkındırlar. Süt üretim tesislerinde sprey kurutma ve öğütme işlemleri mikroskobik transferi kolaylaştıran araçlar olarak

raporlanmıştır ve patojen mikroorganizmaların hava yoluyla transferini olası bir hale getirmektedir (Mullane vd., 2008).

Bioaerosollerde bulunanlar hemen hemen tüm mikroorganizmalar hava akımları ile kolaylıkla yer değiştirirler. Ancak besin ve nem eksikliği bu mikroorganizmaların havada üremelerine imkan sağlamamaktadır. Çevre koşullarına hassasiyetlerine rağmen gıda patojenleri havada bulunan toz parçacıklarıyla ilişkili olarak hayatta kalabilirler (Mullane vd., 2007). Buna ilaveten havadaki mayalarından ve küflerden kaynaklanan kirlenme bir gıda ürününün kalitesini ve raf ömrünü etkileyebilir (Ehaval, 2007).

Gıda işleme sırasında püskürtme işlemlerinin etkisiyle oluşan damlalar içerisinde biyoaerosoller kalabilmektedir. Daha sonra durulama suyu ve atık su gibi ortamlarda çoğalabilirler. Mikroorganizmalar ayrıca işletme havasına dağılan katı toz parçacıklar (örneğin saç, giysi lifleri, deri) üzerinde asılı bir şekilde kalabilirler. Havadaki mikroorganizmalar, gıda ürünleri, ekipmanlar, konteynırlar ve diğer gıda ile temas eden yüzeylere yerleşebilmektedirler. Gıda maddelerinin hava ile temas etmesi hava yolu ile bulaşma için olası bir yoldur (Masotti vd., 2019).

1.7.1. Ticari Gıda İşlemlerinde Hava Kirliliği Seviyeleri

Gıda tesislerinin havasında mikroorganizmaların varlığı çoğunlukla kazardır ve sayıları genellikle 10 ila 10.000 CFU/m³ arasında değişmektedir (Ehaval, 2007). Gıda işletmelerindeki mikrobik sayıları sifıra indirmenin imkansız olduğu varsayıldığında, biyoaerosol hakkındaki bilgi hem ürün kalitesi hem de raf ömrü ve kamu sağlığı üzerindeki riski değerlendirmek için önemlidir (Masotti vd., 2019).

Domuz eti, kümes hayvanları, sığır eti ve süt ürünleri üreten tesislerde hava, gıda kontaminasyonuna katkıda bulunan bir faktör olarak kabul edilmiştir. Özellikle mezbahalar gibi ortamlar potansiyel olarak kritiktir, çünkü hayvanlar mikrobiyal bir kontaminasyon kaynağıdır (Prendergast vd., 2004). Gıda endüstrisinde hava kalitesi ile ilgili araştırmaların çoğu süt endüstrisinde yapılmış olmakla beraber kümes hayvanları ve sığır kesim tesislerinde yapılan çalışmalar az da olsa mevcuttur. Yapılan çalışmalar kesim ve soyma alanlarına çiftliklerden gelen hayvanların

mikrobiyel kontaminasyona neden olduğunu ortaya koymuştur. Mezbaha içinde bulunan patojenler toz ve partiküller aracılığıyla havada taşınabilir ve karkas yüzeylerine ve diğer gıda ile temas eden yüzeylere bulaşabilir (Pearce vd., 2006).

Havanın mikrobiyel kirlenme vektörü olarak potansiyel rolünün tanınması, alternatif tesis düzeninin hava hareketini kısıtlayabileceği yönünde önerilere yol açmıştır. Bu tür kısıtlamalar özellikle daha sonra işleme aşamalarında, "temiz" hava kalitesini önemli ölçüde artırabilir ve böylece ürün kalitesini ve raf ömrünü artırabilir. Bu alanda öneriler, "kirli" ve "temiz" süreçler arasında duvarların inşa edilmesi ve diğer ayırıcı yapıların inşa edilmesi şeklinde olabilir (Worfel vd., 1996).

1.7.2. Hava İşleme

Gıda işleme ve üretim tesisleri genellikle ıslaktır ve mikrobik kirliliğe katkıda bulunan birçok aerosol kaynağını içerir. Bu durum özellikle ürünlerin uzun süre hava ile temas ettiği kritik bölgelerde daha da önem kazanmaktadır. Farklı fiziksel mekanikler hava taşıyan parçacıkların hareketlerini etkiler. Hava işleme ekipmanının uygun şekilde uygulanması ile gıdaların havadaki partiküllerin büyük bir kısmı ile temasının önüne geçilmiş olur. Ortam havasının mikrobiyel yükünü azaltmak amacıyla uygulanan yöntemlerin başında belirli bir alana giren havanın filtrelenmesi gelir. Filtrelemenin yanı sıra, ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistemi de bu amaçla yaygın olarak kullanılan yöntemlerdendir. Bu ekipman havanın sıcaklığının ve neminin istenen seviyelere getirilmesine imkan sağlamakla birlikte havanın belirli bir alanda akış yönü ve basınçlandırılmasına olanak sağlar. Bu sistem mikroorganizmaları etkisiz hale getirmez, ancak filtre yüzeyinde biriktirir. Yüksek nem durumunda (>%80) biriken bu mikroorganizmalar çoğalabilir. Sıcaklık ve bağıl nem, ayrıca atmosfer gazları, ışık, radyasyon ve etrafındaki organik madde gibi faktörler havadaki mikroorganizmaların hayatta kalması ve büyümesi ile ilişkili çevresel faktörlerdir (Ijaz vd., 2016). Bu nedenle, bu faktörlerin kontrol edilmesi arzu edilir. İşlem ortamında süreçler ve insanlar tarafından yüklenen ısı yükünü kaldırmak ve çalışanlara temiz hava sağlamak için saatte 5-25 hava değişikliği yeterli kabul edilir. Düzgün havalandırma, gıda üretim işlemleri sırasında salınan nemi de kaldırır ve yüzeylerdeki yoğunlaşma ve küf büyümesini önler. Buna ek olarak, HVAC

sistemlerinde biyoaerosol kirliliğini önlemek için, sistemlerin mekanizmalarını iyi anlamak çok önemlidir (Masotti vd., 2019).

1.7.3. Hava Arındırma

Genel olarak, çevresel biyoaerosollari etkisiz hale getirmek için farklı mikrobik arındırma teknolojileri araştırılmıştır. Bunlar arasında karbon nanotüp filtresi, iyon emisyonları, UV ışınlaması, radyasyon ve elektrostatik alan (WAMIZ) bulunmaktadır (Liang vd., 2012). Havanın mikrobiyolojik yükünü azaltmak için önleyici tedbirleri güçlendirmek amacıyla, tüketiciye güvenli ve yüksek kaliteli bir ürün sağlama hedefine ulaşmak amacıyla gıda işi yapan işletmeciler düzenli temizlik prosedürlerinden başka ek tedbirler kabul etmekle ilgilenirler. Özellikle kimyasal sis, ozonasyon ve havanın ultraviyole radyasyonu ticari olarak mevcut olan büyük çözümlerdir. Bu teknikler şu anda ilaç ve klinik sektörlerinde uygulanmaktadır, ancak gıda işleme ortamlarında yaygın değildir. Gıda endüstrisinde özellikle doldurma, ambalaj gibi kritik noktalarda havadan çapraz bulaşmaların önüne geçmek için bu ek dezenfektasyon uygulamalarına ilgi sürekli olarak artmaktadır (Masotti vd., 2019). Çizelge 1.12' de gıda endüstrisinde hava arıtımı için kullanılan yöntemlerin avantajları ve dezavantajları verilmiştir.

Çizelge1.12: Hava Arıtımı İçin Gıda Endüstrisinde Kullanılan Dezenfeksiyon Teknikleri Artıları ve Eksileri (Masotti vd., 2019).

Dezenfeksiyon Tekniği	Artıları	Eksileri
Hava filtrasyonu ve UV ışınlama	Kanal içi UV-C lambalarının dezenfeksiyon etkisinin yüksek olması	- Yüksek enerji tüketimi - Hava beslemesinin sıcaklığının artması - Mantarlar UV radyasyonu ile etkisini yitirmeyebilir olması
Kimyasal aerosolizasyon	- Mikroorganizm alara karşı geniş etkinlik yelpazesine sahip olması - Çevre dostu olması	- Uygulama yapılan alanların kapatılması - Güvenlik sorunlarının önüne geçmek için uygulama yapılan odalara kontrollü giriş - Ekipman malzemesi uyumluluğu
Ozon gazı	- Yerinde üretim yapılabilmesi - Mükemmel aktiviteye sahip olması - Otomatik ayrışma ve acil eylem - Gıdalarda kalıntı bırakmaması	- Odaya kontrolsüz bir şekilde yeniden giriş yapıldığında sağlık ve güvenlik sorunları oluşabilme durumu - Gazlı bir ozon analizörüne ihtiyaç duyulması - Ortamdan gıda ve insanların uzaklaştırılma zorunluluğu - Birkaç yumuşak metal için aşındırıcı etkisini olması - Ozon jeneratörünün maliyetli olması
UV ışınlama	- Kimyasal kullanım olmadan dezenfeksiyon etkisinin olması - Diğer teknolojilerle birleştiği zaman sinerjik etkinlik	- Yan ürün olarak ozon üretiminden dolayı olumsuz sağlık etkilerinin olması - Yüksek miktarda havaya yeterli ultraviyole radyasyon dağılımının zor olması - Çevre koşullarından çok etkilenmesi

1.7.3.1. Kimyasal Sisleme ile Hava Dezenfeksiyonu

Bir sıvının havada ince sis halinde dağılımıdır sisleme. Aerolize dezenfektanlar uzun yıllardır sağlık sektöründe kullanılmaktadır (Otter vd., 2013). Gıda fabrikalarında ise daha sonra meyve ve sebzeleri dezenfekte etmek amacıyla kullanılmaya başlanılmıştır. Ayrıca ambalaj ve depola bölümlerinde, proses hatlarında ve soğutma odalarında da uygulanmıştır. Bu teknik ayrıca, özellikle salata, sandviç, hazır yemek ve süt işleme gibi yüksek bakımlı ortamlarda da oldukça yaygın olarak kullanılmıştır (Masotti vd., 2019). Bu teknik uygulanırken, sis dağılımı ve düzgün kimyasal etkisi için en az 15-30 dakika süre gereklidir. Daha sonra, askıya alınmış damlaların yerleşmesine izin vermek için ve uygulama yapılan alana tekrar girmek için 45-60 dakikalık bir süre daha gereklidir. Havadaki dezenfektan çözeltisinin ince sis şeklinde dağıtımını sağlayan çeşitli dağıtım sistemleri mevcuttur (Brown ve Wray, 2014). Yıllar boyunca otomatik sis sistemleri geliştirilmiştir. Cihazların mühendisliği, özellikle de nozul tipi, uygulamanın başarısı için birincil önem taşımaktadır. Tıkanıklık ve bütünlük için dudakları kontrol etmek, dezenfektan tedaviden önce atılması gereken ilk adımlardır (Stanga, 2010). Genel olarak sis dezenfeksiyonu ile ilgili olarak literatürde kabul gören hususlar şu şekilde sıralanmaktadır.

- Bu teknik düzenli temizlik ve dezenfeksiyon işlemlerinin yerine geçmemelidir.
- Kullanılan kimyasal maddenin türü, bağıl nem ve sıcaklık gibi faktörlerin etkisini kapsamlı bir şekilde değerlendirebilmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.
- Aerosolizasyonun başarısı uygulama yapılan alanın tasarımı ile ilişkilidir (Masotti vd., 2019).

1.7.3.2. Ozon ile Hava Dezenfeksiyonu

Ozon (O_3), güçlü bir oksitleyici ajan ve biyosit görevi gören bir gazdır (Marriott ve Gravani, 2006). Geniş spektrumlu bir antimikrobik güce sahiptir olduğu için bakteri, mantar, virüs, protozoa ve bakteri ve mantar sporlarına karşı aktiftir (Pascual vd.,

2007). Bu nedenle ozon yıllardır su arıtma amacıyla kullanılmaktadır. Gıda işleme ortamlarında en gelişmiş mikrop öldürücü uygulamalar gıda yüzey hijyeni, gıda fabrikası ekipmanlarının sanitasyonu, gıda ürünlerinin işlenmesi ve atık suyun yeniden kullanımı içerir. Ozonlama işlemi temizleme aşamasından sonra yapılır, çünkü mikrop öldürücü aktivite gıda artıkları gibi kalıntı organik maddelerle temas etmesi sonrasında kaybolur. Çeşitli kuruluşlar ve ülkeler, içme suyuyla doğrudan temas etmek ve sebze, balık, et, tavuk ve süt ürünleri de dahil olmak üzere ozonun antimikrobial bir madde olarak kullanılmasını onaylamışlardır (Masotti vd., 2019).

Son yıllarda ozonlama, ekoloji dostu bir "yeşil" teknolojisi olarak giderek daha yaygın bir şekilde kabul görmeye başlamıştır. Ozonlama işlemini avantajları, gaz halinde olduğu için gizli bölmelere rahatlıkla ulaşabilir, gıda ve gıda ile temas eden yüzeylerde tekrar oksijene dönüşerek kalıntı bırakmadan dezenfeksiyon işleminin uygulanmasına olanak sağlayabilir. Bu teknik zararlı klor bileşiklerin varlığından kaçınmak ve atık su kalitesini iyileştirerek su tasarrufu sağlamaya imkan sağlamaktadır. Dahası depolamaya gerek kalmadan istenildiği zaman ozon üretilabilmektedir. Öte yandan korona deşarj jeneratörü gibi bazı sermaye maliyetleri bu tekniğin dezavantajlarındandır. Buna rağmen ozon ile hava dezenfeksiyonu diğer yöntemlere göre daha az maliyetli olmaya devam etmektedir (Masotti vd., 2019).

1.7.3.3. UV Radyasyonu ile Hava Dezenfeksiyonu

Herhangi bir kimyasala gerek kalmadan Ultraviyole (UV) ışıktan yararlanılarak yapılan, kalıntı bırakmayan, sıvı, hava ve yüzeylerin dezenfeksiyonunda kullanılan, pratik ve ucuz bir yöntemdir (Bolton ve Cotton, 2008). UV-C olarak sınıflandırılan 100-280 nm frekans aralığında ultraviyole ışınla hava dezenfekte edilmesi, belirlenmiş bir dezenfektasyon aracıdır. Kısa dalga boylarındaki radyasyon (yaklaşık 254 nm) bakteriler, virüsler, protozoalar, küfler, mayalar ve algler gibi mikroorganizmaların etkisizleştirilmesine olanak sağlar. Bu çevre dostu teknoloji kamu sağlığı alanında (hastaneler, sağlık tesisleri, kamusal barınaklar) ve ilaç endüstrisinde mikrobik kirliliği azaltmak amacıyla kurulmuştur (Lee, 2011). Gıda endüstrisinde UV-C radyasyon hava, bitki yüzeyleri, ambalaj malzemeleri, su ve hasat sonrası depolama sırasında meyve ve sebzeleri dezenfekte etmek için kullanılır (Begum vd., 2009). Bu yöntemle mikrobiyel dezenfeksiyon deoksiribonükleik asit

(DNA) zarar vermek ve böylece mikropları çoğalamaz hale getirmek ile gerçekleşir (Kowalski, 2009). Havadaki mikroorganizmalar hem radyasyon kaynağından hem de yansıma mesafesinin bir fonksiyonu olarak etkisizleştirilirler. Uygun kaplama malzemeleriyle kaplanan yüzeyler (örneğin paslanmaz çelik) yayılan havanın %80'ine kadar yansımaya olanak sağlar. Ultraviyole lambaların hava kanallarında ve depo odalarında yüksek verimli hava filtreleriyle birleştiği zaman yiyeceklerin çıkarılamadığı zamanlarda (örneğin peynir, salam, Parma jambonu) baharatlamak, soğutmak ve kurutmak için çok faydalı olduğunu kanıtlanmıştır (Stanga, 2010). Ultraviyole enerji genellikle HVAC hava kontrolü kanalından geçen havanın mikrobik etkisizleştirilmesine olanak sağlar. Hava kontrol sisteminden geçen bakteriler, virüsler ve küfler azalır. Lamba konumları ve hava hareketi modelleri optimum dezenfeksiyon için bir oda içinde dikkate alınması gereken hususlardandır. Mikroorganizmaların inaktivasyonu, bazı parametrelere bağlıdır. Bu parametreler;

- Alınan radyasyon dozu (W /m^2) ve maruz kalma süresi (s)
- Alınan radyasyonun dalga boyu
- Serbest UV-C radyasyonuna mikrobiyal duyarlılık (Reed, 2010). Örneğin, *Aspergillusniger*, *A. flavus* ve *Penicilliumroqueforti*'nin %90 etkisizleştirilmesi için gerekli UV-C dozlar sırasıyla 132, 60 ve 13 J/m^2 dir.

Ultraviyole radyasyon üzerine araştırmaların çoğu gıda arındırma ve su arındırma üzerine adanmıştır (Begum vd., 2009). Ortam havasındaki araştırmalar nadirdir (Miller vd., 2013). Küçük bir et işleme fabrikasında yapılan bir araştırmada UV ışığı ve elektrostatik olarak polarize düşük yoğunluklu ortam filtresi kullanılarak duvara monte edilmiş mikrop öldürücü hava temizleme ünitelerinin kullanımı mikrobiyal kontaminasyon riskini önemli ölçüde azalttığı kanıtlanmıştır (Cundith vd., 2002).

Tehlikeli mikroorganizmaların ortam havasındaki oranını azaltmak için şunlar yapılmalıdır:

- Üretim ortamında büyümeleri yavaşlatılmalı veya önlenmelidir (örneğin, düşük sıcaklık ve / veya nem ile)
- İşletmeye girişleri engellenmelidir (örneğin aşırı basınç ile)

- Mikroorganizmaları taşıyabilecek parçacıklar ortadan çıkarılmalıdır (örneğin filtrasyon)
- Çapraz kontaminasyon en aza indirilmelidir (örneğin, doğru şekilde tasarlanmış hava dağıtım sistemleri)
- Mümkünse yönlü hava kullanarak aerosollar üründen uzaklaştırılmalıdır (EHEDG, 2005).



2.MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

2.1.1. Örnekleme Bölgesi ve Özellikleri

Çalışmanın yapıldığı Afyonkarahisar ili Türkiye'nin üç coğrafi bölgesi olan Ege, Akdeniz ve İç Anadolu bölgelerine yayılmış bir il olmakla birlikte büyük bir kısmı İç Batı Anadolu bölümünde bulunur. Ankara, İstanbul, İzmir ve Antalya gibi büyük şehirlere Afyonkarahisar üzerinden geçiş sağlanması bu ile coğrafi değer katmaktadır. Afyonkarahisar, yolların kesiştiği bölgelerin birbirine bağlandığı bir konuma sahiptir. Bu kavşak noktasında olma özelliği sebebiyle yaz aylarında günde 100 000-150 000 araç geçmektedir. Komşu illeri Eskişehir, Kütahya, Konya, Isparta, Denizli ve Uşak' tır. Afyonkarahisar ilinin denizden yüksekliği 1021 m ve yüz ölçümü 14 772 km²'dir. İlin toplam nüfusu 736 912 dir. Ege bölgesinde bulunmasına rağmen iklim özellikleri yükselti ve denize olan uzaklığından dolayı ege bölgesi iklimi ile uyumsuz. Daha çok İç Anadolu iklimine benzer bir iklim gözlenir. Yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve kar yağışlı geçen ilde yıllık yağış ortalaması 407 mm dir. Afyonkarahisar' da bulunan hava bilgisi istasyonlarından alınan bilgilere göre Afyonkarahisar' da yıllık ortalama sıcaklık değeri 11,1 °C dir. Ocak ayı sıcaklık ortalaması 0,2 °C ile en soğuk ay olurken, temmuz ayı 22,1 °C sıcaklık ortalaması ile en sıcak ay olarak görülmektedir. Afyonkarahisar ili mermer ve gıda ürünleri üretiminde ön plana çıkmaktadır. Mermer ve traverten taşı üretiminde dünyada önde gelen üreticiler arasındadır. Gıda ürünlerinden ise et, tavuk ve yumurta üretiminde ön plana çıkmaktadır (İnt. Kyn. 1; Afyonkarahisar İl Çevre Durum Raporu, 2020). Çalışmanın yapılacağı işletmelerin seçiminde et ve süt üretiminin Afyonkarahisar sanayisinde önemli bir yer tutması göz önünde bulundurulmuştur.

2.1.2. Örnekleme Noktaları ve Özellikleri

Bu çalışma için gerekli olan hava numuneleri Afyonkarahisar merkez organize sanayi bölgesinde bulunan mezbahası bulunan ve et ürünleri üreten işletmeden ve Afyonkarahisar ilinin İhsaniye ilçesinde bulunan süt ürünleri üreten bir işletmeden alınmıştır. Her iki işletmede çeşitli üretim alanlarından ve dış ortam havasından periyodik olarak eş zamanlı olarak hava örnekleme işlemi yapılmıştır. Bu işletmelerin seçimi yapılırken birinin kent merkezinde organize sanayi bölgesinde, diğersinin kırsal bir alanda olması göz önünde bulundurulmuştur. Numune alınan et ürünleri üreten işletmede canlı hayvan kesim işlemlerinin yapıldığı kesimhaneler mevcuttur. Kesimi yapılan bu hayvanlar gerekli ön işlemlerden geçerek et ürünleri üretimi için işlemeye alınmaktadır. Bu çalışma süresince sırasıyla yaz, sonbahar, kış ve ilkbahar mevsimlerinde bu işletmede kesimhane, kesimhane depo, sucuk üretim alanı, sucuk depo ve dış ortam olmak üzere 5 farklı noktada örnekleme yapılmıştır. Bu işletme organize sanayi bölgesinde bulunduğu için iç ve dış havasının kontamine olma durumunun yüksek olduğu düşünülmektedir. Süt ürünleri üreten işletmede ise çiğ süt alımı yapılarak çeşitli üretim proseslerinden geçirilerek beyaz peynir, kaşar peyniri ve kaymak üretimi yapılmaktadır. Bu işletme kent merkezine uzak ve yakınında başka herhangi bir sanayi işletmesi bulunmamaktadır. Süt işletmesinde örnekleme işlemleri pastörizasyon ünitesi, beyaz peynir üretim alanı, kaşar peyniri üretim alanı, kaymak üretim alanı ve dış ortam olmak üzere 5 farklı noktada yapılmıştır.

2.1.3. Örnekleme ve Analiz Yöntemi

Havada bulunan biyoaerosol miktarını belirlemenin bir yolu, sporların besiyeri üzerine çekilip uygun koşullarda inkübasyon sonrası koloni sayımı ve kolonilerin özelliklerine göre türlerinin belirlenmesidir (Flannigan vd., 2011). Bu yöntem çarptırma yöntemi olarak adlandırılmaktadır. Çalışmamızda da bu yöntem kullanılarak örnekleme işlemi yapılmıştır. Örnekleme işlemi hava örnekleme cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çizelge 2.1’ de, kullanılan hava örnekleme cihazının genel ve teknik özellikleri verilmiştir. Bu cihaz ile dakikada her bir petri kabına 100 l hava çekilmiştir. Bu sayede ortam havasında bulunan bakteri, maya ve küflerin uygun besiyerleri üzerine toplanması sağlanmıştır. Bu örnekleme işlemi kapalı

ortamlarda yerden 1,5 m yükseklikte ve duvardan 1 m uzaklıkta olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Dış ortamda ise binadan yaklaşık 5 m uzaklıkta yine yerden 1,5 m yükseklikte örnekleme yapılmıştır. Alınan örnekler laboratuvara uygun koşullarda taşınmış ve analizleri gerçekleştirilmiştir. Numuneler üremeleri için uygun sıcaklık ve sürelerde inkübasyon işlemine uğratılmış ve bakteri ve mantarların sayımı basit koloni sayımı tekniği ile yapılmıştır. Sonuçlar kob/m³ cinsinden kaydedilmiştir.

Çizelge 2.1: Hava Örnekleme Cihazının Genel ve Teknik Özellikleri

Genel ve Teknik Özellikler	Ölçüm aralığı
Dış Kap	PLA
Çalışma Voltajı	13.2 V DC Bataryalı
Batarya Grubu	NiMh 12.2v/2000 mA
Çalışma Gücü	Dolu Batarya ile 10 adet 1000 L Örnek Alabilir.
Hava Emiş Motoru Marka ve Modeli	Mikronel AG./U97EM-012KK-3
Hava Örnekleme Miktarı Seçenekleri	10L-50L-100L-250L-500L-1000L
Örnek Alma Kabı	Petri Besi Yeri
Şarj Adaptörü	220 vac/18vdc/1.5 A



Şekil 2.1: Çalışmada Kullanılan Hava Örnekleme Cihazı

2.2. Metot

2.2.1. Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Sayımı

Toplam mezofil aerobik bakteri sayımı için Plate Count Agar (PCA) besi yeri hazırlanmış ve örnekler alındıktan sonra laboratuvarında 30 ± 2 °C’de 72 saat inkübasyona bırakılan petrilere gelişen koloniler sayılıp kayıt altına alınmıştır (Nortje vd. 1990).

2.2.2. Enterobakteri’lerin Sayımı

Enterobakterilerin sayımı için VRBG (Violet Red Bile Glukose) agar hazırlanmıştır. İşletmelerden hava örnekleri alındıktan sonra laboratuvara getirilen petri kutuları 30°C’de 3 gün inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda oksidaz (-) olan 0,5 mm çapındaki kırmızı kolonilerin sayımı yapılmış ve sonuçlar not edilmiştir (Pichhardt, 1993).

2.2.3. Koliform Grubu Mikroorganizmaların Sayımı

Koliform Grubu Mikroorganizmaların sayımında kullanılmak üzere VRBA (Violetred Bile Agar) hazırlanmıştır. Örneklemeye işleminden sonra besi yerleri 30°C’de 24 saat inkübe edildikten sonra gelişen pembe renkli koloniler sayılarak kaydedilmiştir (Pichhardt, 1993).

2.2.4. Maya ve Küf Sayımı

Maya ve küf sayımında kullanılmak üzere PDA (Potato Dextrose Agar) hazırlanmıştır. PH 3,5’e ayarlamak için sterilize edilip 50°C’ye soğutulan besi yerine %10’luk steril tartarik asit ilave edilmiştir. Hava örnekleri alındıktan sonra laboratuvara getirilen petrilere 20-25°C’de 5-7 gün inkübe edildikten sonra oluşan kolonilerin sayımı yapılmıştır (Pichhardt, 1993).

2.2.5. Toplam Aerobik Psikrofilik Mikroorganizma Sayımı

Toplam aerobik psikrofilik mikroorganizma sayımında kullanılmak üzere Plate Count Agar (Oxoid CM 463) besi yeri hazırlanmıştır. Besiyerlerine hava örnekleri alındıktan sonra laboratuvara getirilen petri kutuları 4 °C’de 5-7 gün inkübe edilmiş ve süre sonunda görülen koloniler, aerobik psikrofilik mikroorganizmalar olarak sayılmıştır (FAO, 1992).

2.2.6. KOB Hesaplaması

Petrilerde gelişen ve sayımı yapılan koloni sayısı petrilerdeki toplam bakteri ve mantar sayılarıdır. Analiz sonuçlarını iyi bir şekilde değerlendirmek için sonuçlar kob/m³ (kob: Koloni Oluşturan Birim) cinsinden hesaplanmıştır. Örnekleme yapmak için kullandığımız cihaz sabit debi ile 1 dakikada her bir petriye 100 litre hava çekmiştir. Yani her petriye 100 litre /1000=0,1 m³ hava çekilmiştir.

2.2.7. Verilerin Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analizler

Verilerin değerlendirilmesinde SAS paket programı (SAS InstituteInc. 2014) kullanılmıştır. Veriler, değerlendirmeye alınmadan önce PROC UNIVARIATE prosedürü içerisinde Shapiro-Wilk normallik testleri yapılmış ve gerekli olduğunda verilere logaritmik transformasyon uygulanmıştır. Doğrusal karma model ile değerlendirilen veriler için PROC MIXED prosedürü kullanılmıştır. Modelde her bir numune rassal etki olarak seçilmişken, sabit etki mevsim olarak seçilmiştir. Gruplar arası farkların tespit edilmesinde PDIFF komutu vasıtasıyla ikili karşılaştırmalar yapılmıştır. Önemlilik düzeyi $p<0,05$ olarak belirlenmiş, Çizelge ve grafiklerde değerler en küçük kareler ortalaması (LSMEANS) $\pm$ SEM şeklinde ifade edilmiştir.

3. BULGULAR

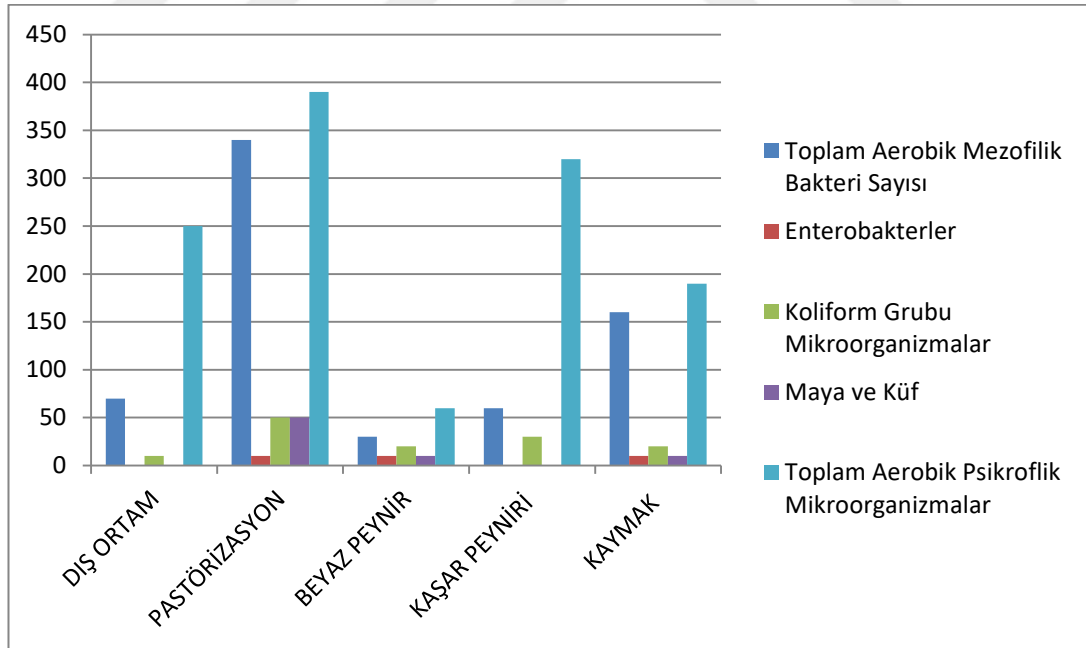
Örnekleme yapılan dönemlerde Afyonkarahisar ilinde faaliyet gösteren iki ayrı gıda işletmesinin iç ve dış ortam havalarında biyoaerosol ölçümleri yapılmış ve ölçülen bakteri, maya ve küf seviyeleri incelenmiştir. Bu örnekleme işlemleri 4 mevsim tekrarlanmış ve örnekleme aynı yerlerde ve aynı metotla yapılmıştır. Fabrikaların farklı üretim alanlarında gerçekleştirilen ölçümler sonucunda iç ve dış ortam havasındaki biyoaerosol seviyeleri mevsimsel olarak karşılaştırılmış, üretim alanlarına göre değişimleri belirlenmiş ve belirlenen maya, küf ve bakteri seviyelerinin hangi noktalarda kritik seviyeyi aştığı tespit edilmiştir. Ayrıca örnekleme yapılan ortamın sıcaklık değerleri örnekleme boyunca anlık olarak ölçülmüş ve kaydedilmiştir.

3.1. Yaz Mevsiminde Süt İşletmesi İç ve Dış Ortam Havasındaki Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları (kob/m³) ile Sıcaklık Değerleri (°C)

Yaz mevsiminde süt işletmesinde dış ortam havası ve iç ortamda farklı üretim alanlarından alınan hava örneklerinde yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgular Çizelge 3.1 ve Şekil 3.1’ de verilmiştir.

Çizelge 3.1: Yaz Mevsiminde Süt İşletmesinde İç ve Dış Ortamda Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları (kob/m³) ve Sıcaklık Değerleri (°C)

Süt İşletmesi	Sıcaklık Değerleri	Toplam Aerobik Mezofilik Bakteriler	Enterobakterler	Koliform Grubu Mikroorganizmalar	Maya/Küf	Toplam Aerobik Psikrofilik Mikroorganizmalar
Dış Ortam	28	70	0	10	0	250
Pastörizasyon	25,5	340	10	50	50	390
Beyaz Peynir	27,1	30	10	20	10	60
Kaşar Peyniri	25,7	60	0	30	0	320
Kaymak	26,9	160	10	20	10	190



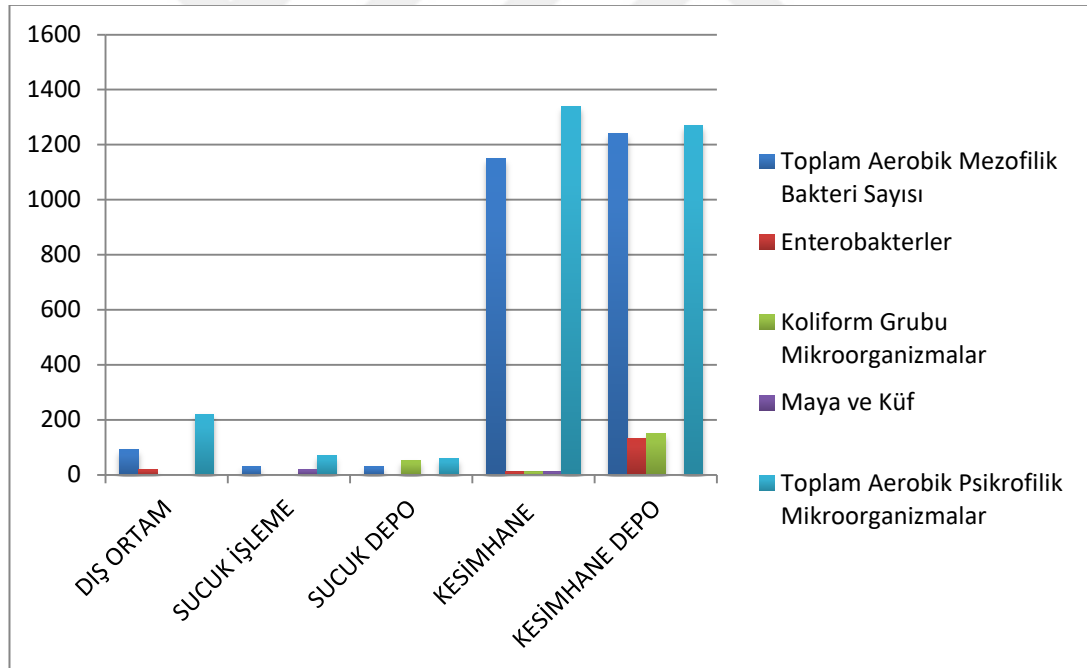
Şekil 3.1: Yaz Mevsiminde Süt İşletmesinde İç ve Dış Ortam Havasındaki Bakteri, Maya ve Küf Seviyeleri

3.2. Yaz Mevsiminde Et İşletmesi İç ve Dış Ortam Havasındaki Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları (kob/ m³) ile Sıcaklık Değerleri (°C)

Yaz mevsiminde et işletmesinde dış ortam havası ve iç ortamda farklı üretim alanlarından alınan hava örneklerinde yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgular Çizelge 3.2 ve Şekil 3.2’ de verilmiştir.

Çizelge 3.2: Yaz Mevsiminde Et İşletmesinde İç ve Dış Ortamda Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları (kob/m³) ve Sıcaklık Değerleri (°C)

Et İşletmesi	Sıcaklık Değerleri	Toplam Aerobik Mezofilik Bakteriler	Enterobakterler	Koliform Grubu Mikroorganizmalar	Maya/Küf	Toplam Aerobik Psikrofilik Mikroorganizmalar
Dış Ortam	26	90	20	0	0	220
Sucuk İşleme	22	30	0	0	20	70
Sucuk Depo	5,2	30	0	50	0	60
Kesimhane	24	1150	10	10	10	1340
Kesimhane Depo	5,1	1240	130	150	0	1270



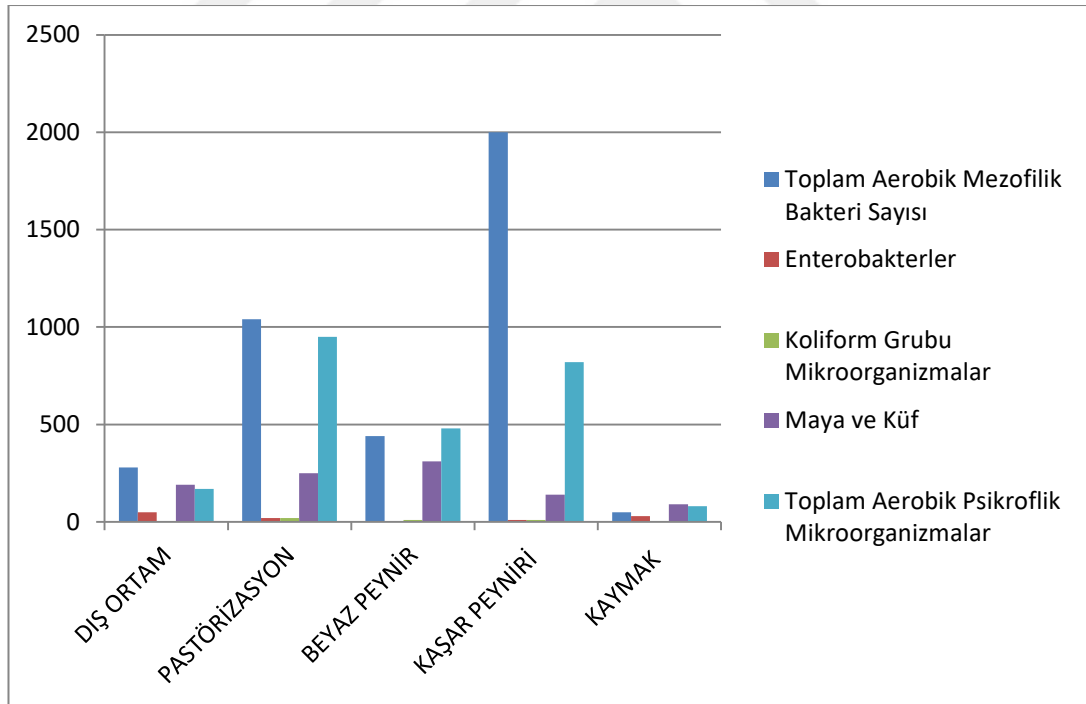
Şekil 3.2: Yaz Mevsiminde Et İşletmesinde İç ve Dış Ortam Havasındaki Bakteri, Maya ve Küf Seviyeleri

3.3. Sonbahar Mevsiminde Süt İşletmesi İç ve Dış Ortam Havasındaki Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları (kob/m³) le Sıcaklık Değerleri (°C)

Sonbahar mevsiminde süt işletmesinde dış ortam havası ve iç ortamda farklı üretim alanlarından alınan hava örneklerinde yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgular Çizelge 3.3 ve Şekil 3.3' de verilmiştir.

Çizelge 3.3: Sonbahar Mevsiminde Süt İşletmesinde İç ve Dış Ortamda Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları (kob/m³) ve Sıcaklık Değerleri (°C)

Süt İşletmesi	Sıcaklık Değerleri	Toplam Aerobik Mezofilik Bakteriler	Enterobakterler	Koliform Grubu Mikroorganizmalar	Maya/Küf	Toplam Aerobik Psikrofilik Mikroorganizmalar
Dış Ortam	10	280	50	0	190	170
Pastörizasyon	19,5	1040	20	20	250	950
Beyaz Peynir	18,3	440	0	10	310	480
Kaşar Peyniri	17,5	2000	10	10	140	820
Kaymak	10,5	50	30	0	90	80



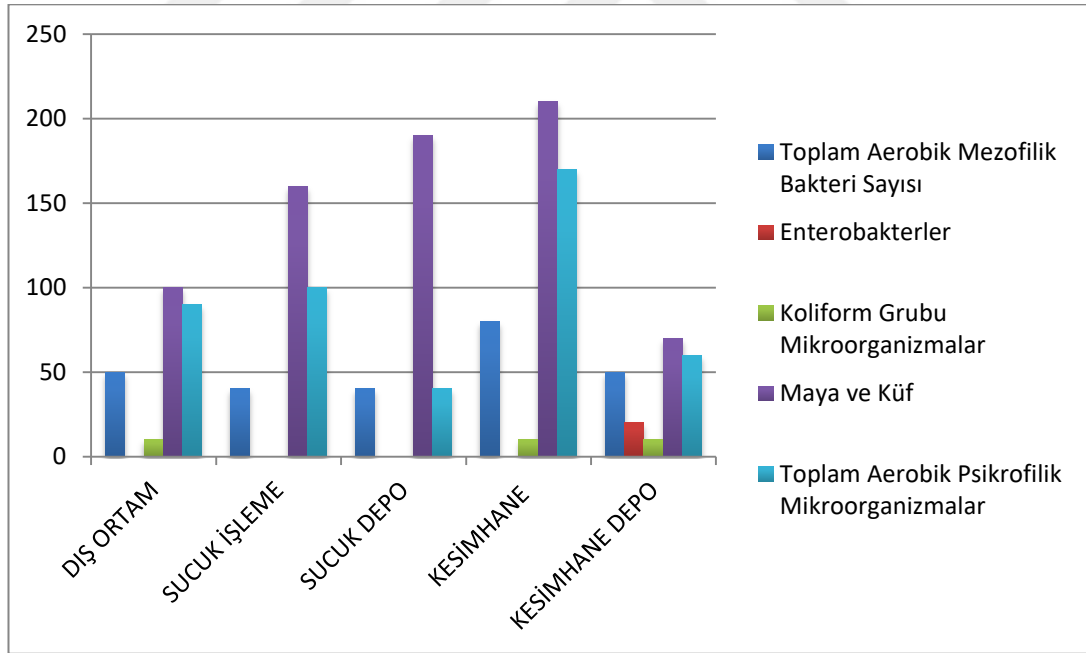
Şekil 3.3: Sonbahar Mevsiminde Süt İşletmesinde İç ve Dış Ortam Havasındaki Bakteri, Maya ve Küf Seviyeleri

3.4. Sonbahar Mevsiminde Et İşletmesi İç ve Dış Ortam Havasındaki Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları (kob/m³) ile Sıcaklık Değerleri (°C)

Sonbahar mevsiminde et işletmesinde dış ortam havası ve iç ortamda farklı üretim alanlarından alınan hava örneklerinde yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgular Çizelge 3.4 ve Şekil 3.4' de verilmiştir.

Çizelge 3.4: Sonbahar Mevsiminde Et İşletmesinde İç ve Dış Ortamda Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları (kob/m³) ve Sıcaklık Değerleri (°C)

Et İşletmesi	Sıcaklık Değerleri	Toplam Aerobik Mezofilik Bakteriler	Enterobakterler	Koliform Grubu Mikro Organizmalar	Maya/Küf	Toplam Aerobik Psikrofilik Mikroorganizmalar
Dış Ortam	11	50	0	10	100	90
Sucuk İşleme	7,5	40	0	0	160	100
Sucuk Depo	2,4	40	0	0	190	40
Kesimhane	7,3	80	0	10	210	170
Kesimhane Depo	4,2	50	20	10	70	60



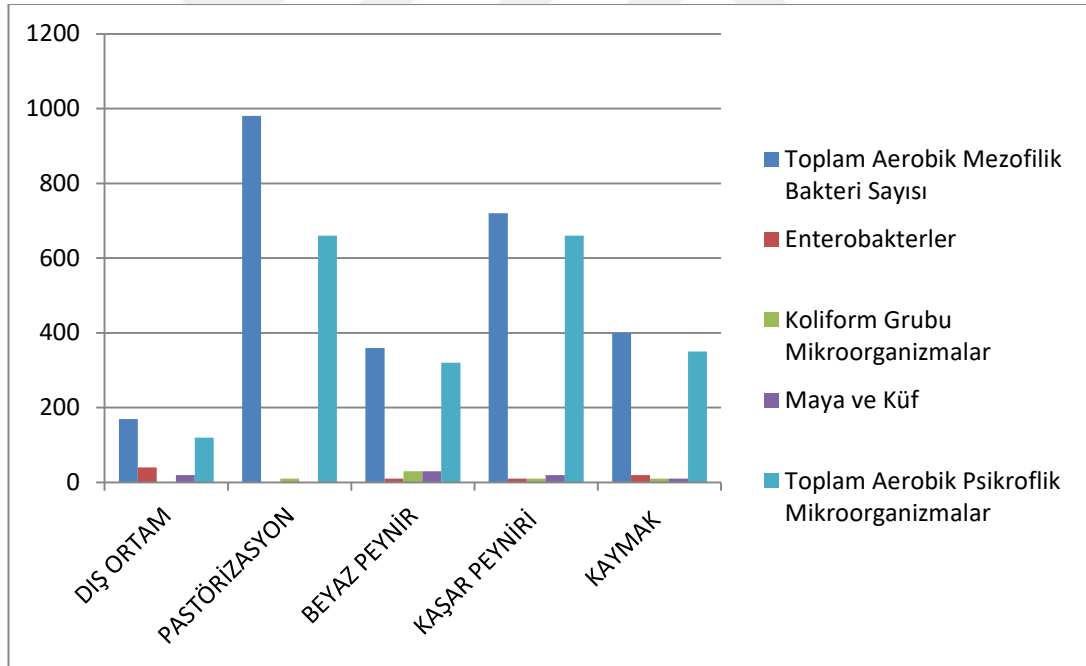
Şekil 3.4: Sonbahar Mevsiminde Et İşletmesinde İç ve Dış Ortam Havasındaki Bakteri, Maya ve Küf Seviyeleri

3.5. Kış Mevsiminde Süt İşletmesi İç ve Dış Ortam Havasındaki Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları (kob/ m³) ile Sıcaklık Değerleri (°C)

Kış mevsiminde süt işletmesinde dış ortam havası ve iç ortamda farklı üretim alanlarından alınan hava örneklerinde yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgular Çizelge 3.5 ve Şekil 3.5’ de verilmiştir.

Çizelge 3.5: Kış Mevsiminde Süt İşletmesinde İç ve Dış Ortamda Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları (kob/m³) ve Sıcaklık Değerleri (°C)

Süt İşletmesi	Sıcaklık Değerleri	Toplam Aerobik Mezofilik Bakteriler	Enterobakterler	Koliform Grubu Mikro Organizmalar	Maya/Küf	Toplam Aerobik Psikrofilik Mikroorganizmalar
Dış Ortam	3	170	40	0	20	120
Pastörizasyon	15	980	0	10	0	660
Beyaz Peynir	20	360	10	30	30	320
Kaşar Peyniri	21,5	720	10	10	20	660
Kaymak	12	400	20	10	10	350



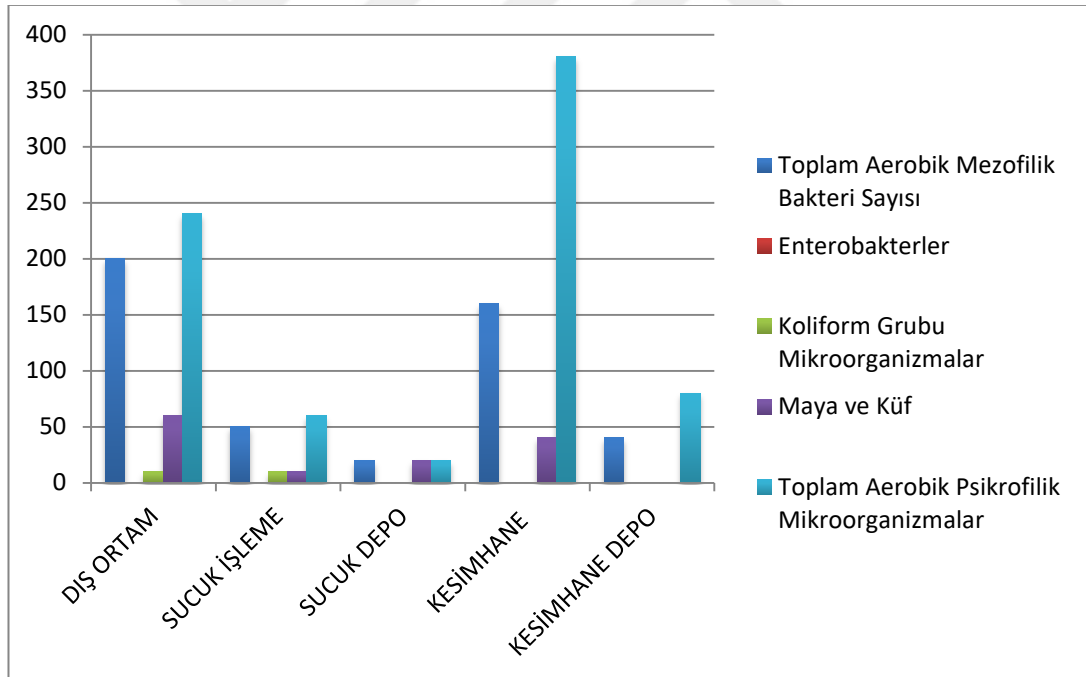
Şekil 3.5: Kış Mevsiminde Süt İşletmesinde İç ve Dış Ortam Havasındaki Bakteri, Maya ve Küf Seviyeleri

3.6. Kış Mevsiminde Et İşletmesi İç ve Dış Ortam Havasındaki Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları (kob/m³) ile Sıcaklık Değerleri (°C)

Kış mevsiminde et işletmesinde dış ortam havası ve iç ortamda farklı üretim alanlarından alınan hava örneklerinde yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgular Çizelge 3.6 ve Şekil 3.6' da verilmiştir.

Çizelge 3.6: Kış Mevsiminde Et İşletmesinde İç ve Dış Ortamda Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları (kob/m³) ve Sıcaklık Değerleri (°C)

Et İşletmesi	Sıcaklık Değerleri	Toplam Aerobik Mezofilik Bakteriler	Enterobakterler	Koliform Grubu Mikroorganizmalar	Maya/Küf	Toplam Aerobik Psikrofilik Mikroorganizmalar
Dış Ortam	2,5	200	0	10	60	240
Sucuk İşleme	9,2	50	0	10	10	60
Sucuk Depo	3,6	20	0	0	20	20
Kesimhane	11,1	160	0	0	40	380
Kesimhane Depo	4,7	40	0	0	0	80



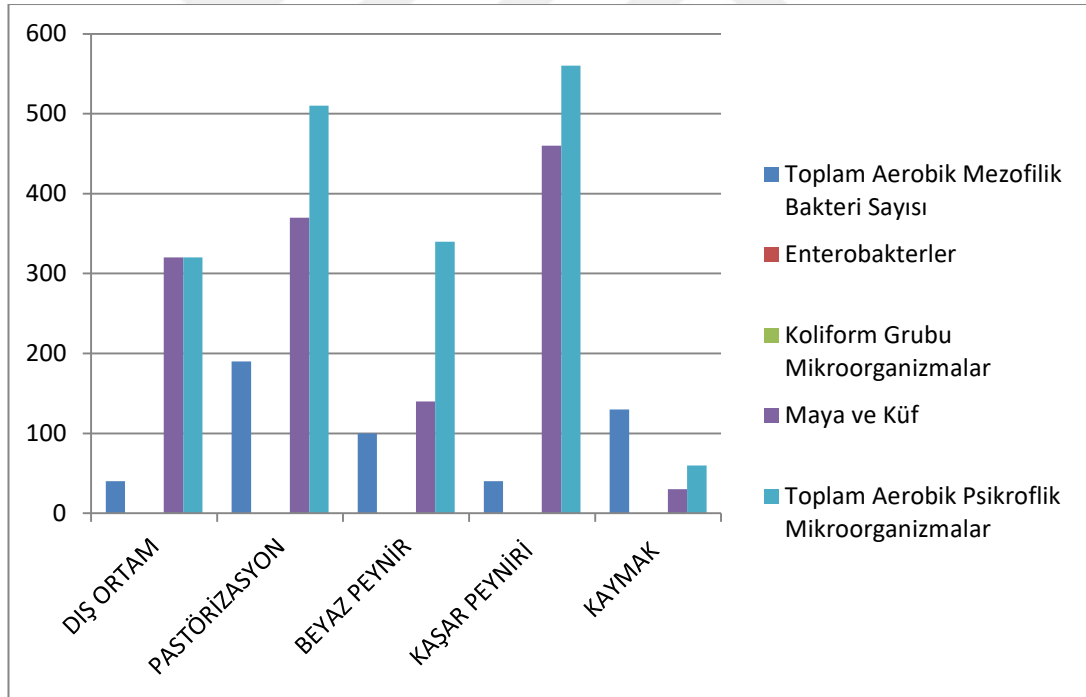
Şekil 3.6: Kış Mevsiminde Et İşletmesinde İç ve Dış Ortam Havasındaki Bakteri, Maya ve Küf Seviyeleri

3.7. İlkbahar Mevsiminde Süt İşletmesi İç ve Dış Ortam Havasındaki Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları (kob/m³) ile Sıcaklık Değerleri (°C)

İlkbahar mevsiminde süt işletmesinde dış ortam havası ve iç ortamda farklı üretim alanlarından alınan hava örneklerinde yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgular Çizelge 3.7 ve Şekil 3.7' de verilmiştir.

Çizelge 3.7: İlkbahar Mevsiminde Süt İşletmesinde İç ve Dış Ortamda Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları (kob/m³) ve Sıcaklık Değerleri (°C)

Süt İşletmesi	Sıcaklık Değerleri	Toplam Aerobik Mezofilik Bakteriler	Enterobakterler	Koliform Grubu Mikro Organizmalar	Maya/Küf	Toplam Aerobik Psikrofilik Mikroorganizmalar
Dış Ortam	22.8	40	0	0	320	320
Pastörizasyon	19.7	190	0	0	370	510
Beyaz Peynir	18.5	100	0	0	140	340
Kaşar Peyniri	17,7	40	0	0	460	560
Kaymak	11	130	0	0	30	60



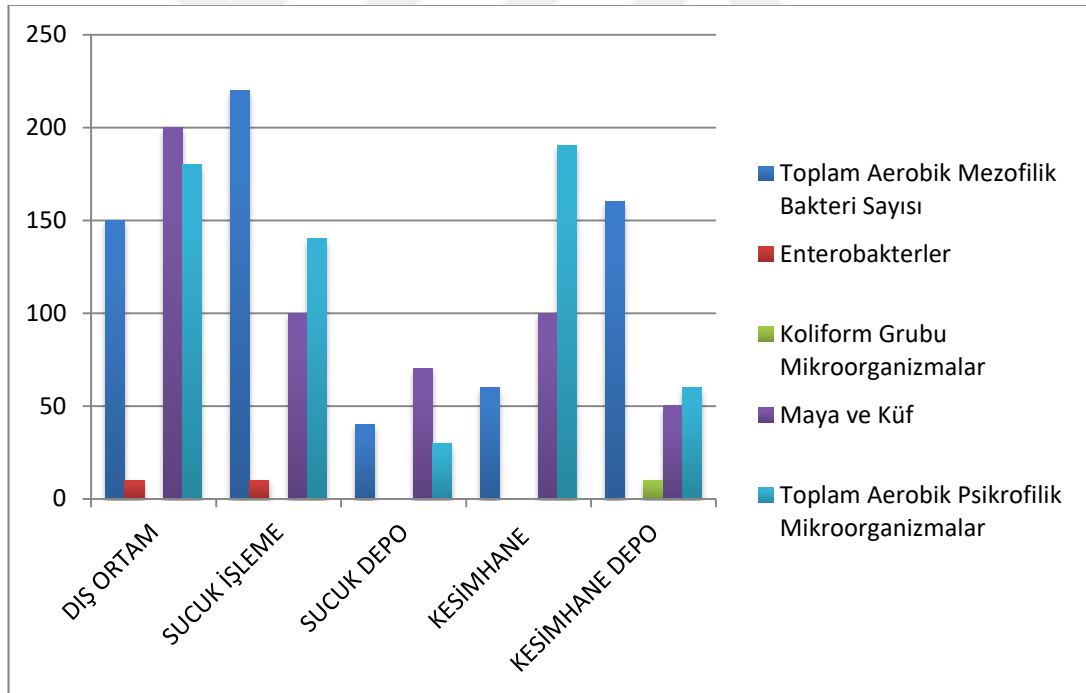
Şekil 3.7: İlkbahar Mevsiminde Süt İşletmesinde İç ve Dış Ortam Havasındaki Bakteri, Maya ve Küf Seviyeleri

3.8. İlkbahar Mevsiminde Et İşletmesi İç ve Dış Ortam Havasındaki Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları (kob/m³) ile Sıcaklık Değerleri (°C)

İlkbahar mevsiminde et işletmesinde dış ortam havası ve iç ortamda farklı üretim alanlarından alınan hava örneklerinde yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgular Çizelge 3.8 ve Şekil 3.8’ de verilmiştir.

Çizelge 3.8: İlkbahar Mevsiminde Et İşletmesinde İç ve Dış Ortamda Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları (kob/m³) ve Sıcaklık Değerleri (°C)

Et İşletmesi	Sıcaklık Değerleri	Toplam Aerobik Mezofilik Bakteriler	Enterobakterler	Koliform Grubu Mikroorganizmalar	Maya/Küf	Toplam Aerobik Psikrofilik Mikroorganizmalar
Dış Ortam	21,7	150	10	0	200	180
Sucuk İşleme	14,9	220	10	0	100	140
Sucuk Depo	4,9	40	0	0	70	30
Kesimhane	16,3	60	0	0	100	190
Kesimhane Depo	8,6	160	0	10	50	60



Şekil 3.8: İlkbahar Mevsiminde Et İşletmesinde İç ve Dış Ortam Havasındaki Bakteri, Maya ve Küf Seviyeleri

3.9. Yaz Mevsiminde Dış Ortamda Bakteri, Maya ve Küflerin Dağılım Parametreleri

Çizelge 3.1' de görüldüğü gibi süt ve süt ürünleri işletmesinde dış ortam havasında toplam aerobik mezofilik bakteri konsantrasyonu 70 kob/m³, koliform grubu mikroorganizma konsantrasyonu 10 kob/m³, toplam aerobik psikrofilik mikroorganizma konsantrasyonu 250 kob/m³ olarak ölçülmüş olup enterobakter, maya ve küf tespit edilmemiştir. Yaz mevsimi verileri için ağustos ayında örnekleme yapılmış olup süt ve süt ürünleri işletmesinin dış ortam hava sıcaklığı 28 °C olarak kaydedilmiştir.

Çizelge 3.2' de görüldüğü gibi et ve et ürünleri fabrikasında yapılan örnekleme sonucunda yaz mevsiminde dış ortamda toplam aerobik mezofilik bakteri konsantrasyonu 90 kob/m³, enterobakterilerin konsantrasyonu 20 kob/m³, toplam aerobik psikrofilik mikroorganizma konsantrasyonu 220 kob/m³ olarak tespit edilmiş olup koliform grubu mikroorganizma, maya ve küf tespit edilmemiştir. Aynı dönemde ağustos ayında örnekleme yapılan et işletmesinin dış ortam hava sıcaklığı 26 °C olarak ölçülmüştür.

3.10. Sonbahar Mevsiminde Dış Ortamda Bakteri, Maya ve Küflerin Dağılım Parametreleri

Çizelge 3.4' de görüldüğü gibi et ve et ürünleri fabrikasında yapılan örnekleme sonucunda sonbahar mevsiminde dış ortamda toplam aerobik mezofilik bakteri konsantrasyonu 50 kob/m³, toplam aerobik psikrofilik mikroorganizma konsantrasyonu 90 kob/m³, koliform grubu mikroorganizmaların konsantrasyonu 10 kob/m³, maya ve küf konsantrasyonu 100 kob/m³ olarak tespit edilmiş olup enterobakter tespit edilmemiştir. Sonbahar mevsimi verileri için ekim ayında örnekleme yapılmış ve ölçüm yapılan et işletmesinin dış ortam hava sıcaklığı 11 °C olarak ölçülmüştür.

Çizelge 3.3' de görüldüğü gibi süt ve süt ürünleri işletmesinde dış ortam havasında toplam aerobik mezofilik bakteri konsantrasyonu 280 kob/m³, enterobakter konsantrasyonu 50 kob/m³, toplam aerobik psikrofilik mikroorganizma

konsantrasyonu 170 kob/m³, maya ve küf konsantrasyonu 190 kob/m³ olarak ölçülmüş olup koliform grubu mikroorganizma tespit edilmemiştir. Aynı dönemde örnekleme yapılan süt ve süt ürünleri işletmesinin dış ortam hava sıcaklığı 10 °C olarak kaydedilmiştir.

3.11. Kış Mevsiminde Dış Ortamda Bakteri, Maya ve Küflerin Dağılım Parametreleri

Çizelge 3.6' da görüldüğü gibi et ve et ürünleri fabrikasında yapılan örnekleme sonucunda kış mevsiminde dış ortamda toplam aerobik mezofilik bakteri konsantrasyonu 200 kob/m³, toplam aerobik psikrofilik mikroorganizma konsantrasyonu 240 kob/m³, koliform grubu mikroorganizmaların konsantrasyonu 10 kob/m³, maya ve küf konsantrasyonu 60 kob/m³ olarak tespit edilmiş olup enterobakter tespit edilmemiştir. Kış mevsimi verileri için şubat ayında örnekleme yapılmış ve ölçüm yapılan et işletmesinin dış ortam hava sıcaklığı 2,5 °C olarak ölçülmüştür.

Çizelge 3.5' de görüldüğü gibi süt ve süt ürünleri işletmesinde dış ortam havasında toplam aerobik mezofilik bakteri konsantrasyonu 170 kob/m³, enterobakter konsantrasyonu 40 kob/m³, toplam aerobik psikrofilik mikroorganizma konsantrasyonu 120 kob/m³, maya ve küf konsantrasyonu 20 kob/m³ olarak ölçülmüş olup koliform grubu mikroorganizma tespit edilmemiştir. Aynı dönemde örnekleme yapılan süt ve süt ürünleri işletmesinin dış ortam hava sıcaklığı 3 °C olarak kaydedilmiştir.

3.12. İlkbahar Mevsiminde Dış Ortamda Bakteri, Maya ve Küflerin Dağılım Parametreleri

Çizelge 3.8' de görüldüğü gibi et ve et ürünleri fabrikasında yapılan örnekleme sonucunda ilkbahar mevsiminde dış ortamda toplam aerobik mezofilik bakteri konsantrasyonu 150 kob/m³, toplam aerobik psikrofilik mikroorganizma konsantrasyonu 190 kob/m³, enterobakterlerin konsantrasyonu 10 kob/m³, maya ve küf konsantrasyonu 200 kob/m³ olarak tespit edilmiş olup koliform grubu mikroorganizma tespit edilmemiştir. İlkbahar mevsimi verileri için mayıs ayında

örnekleme yapılmış ve ölçüm yapılan et işletmesinin dış ortam hava sıcaklığı 21,7 °C olarak ölçülmüştür.

Çizelge 3.7’ de görüldüğü gibi süt ve süt ürünleri işletmesinde dış ortam havasında toplam aerobik mezofilik bakteri konsantrasyonu 40 kob/m³, toplam aerobik psikrofilik mikroorganizma konsantrasyonu 320 kob/m³, maya ve küf konsantrasyonu 320 kob/m³ olarak ölçülmüş olup koliform grubu mikroorganizma ve enterobakter tespit edilmemiştir. Aynı dönemde örnekleme yapılan süt ve süt ürünleri işletmesinin dış ortam hava sıcaklığı 22,8° C olarak kaydedilmiştir.



4. TARTIŞMA

4.1. Biyoaerosol Sonuçlarının Mevsimsel Karşılaştırması

Çalışmamız için numune alım işlemleri 2019 yaz mevsiminde ağustos ayında başlamış ve 2020 ilkbahar mevsiminde mayıs ayında sona ermiştir. Her mevsimde birer defa olmak üzere iki ayrı fabrikadan dış ortam ve 4 farklı üretim alanlarından örnekleme işlemi yapılmış ve dış ortam havaları ve iç ortam havalarındaki bakteri, maya ve küf konsantrasyonları tespit edilmeye çalışılmıştır.

4.1.1. Fabrikaların Farklı Üretim Alanlarında ve Dış Ortamda Bakteri, Maya ve Küf Seviyelerinin Mevsimsel Karşılaştırılması

Örnekleme işlemleri her iki fabrikada da 4 farklı üretim alanında yapılmıştır. Bu alanlarda ve dış ortamda belirlenen bakteri, maya ve küf konsantrasyonları mevsimsel olarak Çizelge 3.1-3.8’ de belirtilmiştir. Çalışmamız sonucunda süt fabrikasında toplam aerobik mezofilik bakteri konsantrasyonunun en fazla olduğu üretim alanı ilkbahar, yaz ve kış mevsimlerinde pastörizasyon odası olarak tespit edilmiştir. Sadece sonbaharda kaşar peyniri üretim odasında bu konsantrasyon en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Toplam aerobik psikrofilik mikroorganizma sayısı ise 4 mevsimde de pastörizasyon odası ve kaşar peyniri üretim odasında yüksek seviyelerde tespit edilmiştir. Maya ve küf seviyesi ise en fazla ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde tespit edilmiştir. En fazla maya ve küf konsantrasyonu ilkbahar mevsiminde kaşar peyniri üretim alanında 460 kob/m^3 olarak ölçülmüştür. Pastörizasyon odası ve kaşar peyniri üretim alanlarında bakteri, maya ve küf seviyesinin yüksek olmasının sebebi ortam neminin fazla ve çalışan personel sayısının fazla olması olarak düşünülmektedir. Apartmanların iç ve dış ortamlarında bulunan mantar ve bakteri konsantrasyonlarını ölçmek suretiyle 2005 yılında gerçekleştirilen bir çalışmada tespit edilen veriler incelendiğinde; iç ve dış ortamda kirletici olarak belirgin başka bir kaynak olmadığı sürece bakteri seviyesini arttıran en önemli parametre insan olarak tespit edilmiştir (Kalogerakis et al., 2005).

Yine çizelgelerde görüldüğü üzere et fabrikasında toplam aerobik mezofilik bakteri konsantrasyonunun en fazla olduğu üretim alanı sonbahar, yaz ve kış mevsimlerinde

kesimhane olarak tespit edilmiştir. Sadece ilkbahar mevsiminde sucuk işleme alanında bu konsantrasyon en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Toplam aerobik psikrofilik mikroorganizma sayısı ise 4 mevsimde de en fazla kesimhane alanından alınan havada tespit edilmiştir. Maya ve küf seviyesi süt fabrikasında olduğu gibi en fazla ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde tespit edilmiştir. En fazla maya ve küf konsantrasyonu sonbahar mevsiminde kesimhane alanında 210 kob/m³ olarak ölçülmüştür. Kesimhane bölgesinde bakteri, maya ve küf konsantrasyonunun yüksek olmasının nedeni ortamın dış ortamdaki kontaminasyona çok açık olması olarak düşünülmektedir. Çiftliklerden kesim alanlarına getirilen hayvanların kesme ve soyma alanlarında ciddi kontaminasyona neden olduğunu ortaya koyan çalışmalar mevcuttur (Pearce vd., 2006). Kesim esnasında açığa çıkan kan, dışkı vb. mikrobiyel yükü fazla olan etkenlerde hijyenik şartları yeterli düzeyde sağlanamayan kesimhaneler içerisinde potansiyel kirlilik etmenleridir. Ayrıca tüm bu etkenlerin yanında kesim, soyma, parçalama vb. işlemlerde çalışan personel de kontaminasyon kaynağı olabilir.

Yaptığımız çalışmada örnekleme yapılan alanlarda enterobakter ve koliform grubu bakterilerin konsantrasyonu çok düşük bulunmuştur. Çoğu alanlarda bu değer 0 olarak tespit edilmiştir. Enterobakterlerin maksimum konsantrasyon değeri yaz mevsiminde kesim yapılan hayvanların karkaslarının bekletildiği soğuk hava deposunda 130 kob/m³ olarak ölçülmüştür. Koliform grubu bakteri konsantrasyonu da yine yaz mevsiminde ve karkasların bekletildiği soğuk hava deposunda 150 kob/m³ olarak tespit edilmiştir.

Dış ortam hava numunelerinin biyoaerosol seviyeleri incelendiğinde ise süt fabrikasında toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı en fazla sonbahar mevsiminde tespit edilmiştir. Bu bakteri türünün en az gelişim gösterdiği mevsim ise ilkbahar mevsiminin olduğu görülmüştür. Toplam aerobik psikrofilik bakteri konsantrasyonu ise ilkbahar mevsiminde en üst seviyede gözlemlenmiştir. Bu bakteri türü kış mevsiminde minimum seviyede gelişim göstermiştir. Enterobakterlerin konsantrasyonu kış ve sonbahar mevsimlerinde maksimum seviyede iken diğer mevsimlerde minimum seviyede ve 0 olarak tespit edilmiştir.

Süt İşletmesinde dış ortam havasındaki maya ve küf seviyeleri değerlendirildiğinde

en yüksek konsantrasyon ilkbahar mevsiminde gözlemlenmiştir. Sonbahar mevsiminde de maya ve küf seviyesi yüksek olmakla beraber en düşük seviye yaz ayında tespit edilmiştir. Eskişehir’de dış ortamdan alınan örneklerde yüksek mantar konsantrasyonlarına Eylül, Mayıs ve Kasım aylarında rastlanmıştır (Menteşe, 2012).

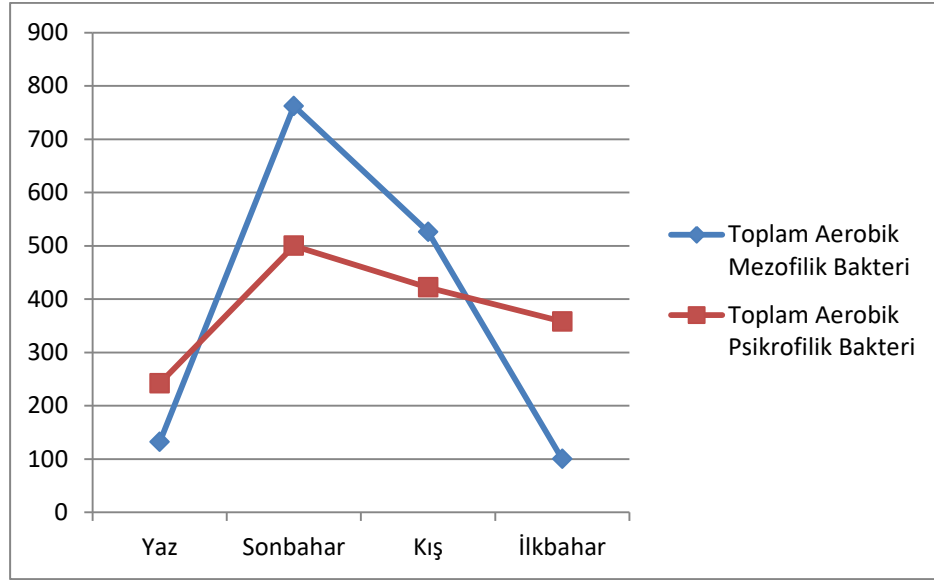
Et fabrikasının dış ortam havasında ise toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı en fazla kış mevsiminde tespit edilmiştir. Bu bakteri türünün en az gelişim gösterdiği mevsim ise sonbahar mevsiminin olduğu görülmüştür. Toplam aerobik psikrofilik bakteri konsantrasyonu ise yaz ve kış mevsimlerinde en üst seviyelerde gözlemlenmiştir. Bu bakteri türü sonbahar mevsiminde minimum seviyede gelişim göstermiştir. Enterobakterlerin konsantrasyonu yaz mevsimlerinde maksimum seviyede iken diğer mevsimlerde minimum seviyede ve 0 olarak tespit edilmiştir.

Dış ortam havasındaki maya ve küf seviyeleri değerlendirildiğinde en yüksek konsantrasyon süt fabrikasında olduğu gibi ilkbahar mevsiminde gözlemlenmiştir. Maya ve küf seviyesi en düşük yaz mevsiminde tespit edilmiştir. Genel olarak dış ortam havasında bakteri, maya ve küf seviyeleri diğer çoğu çalışmada olduğu gibi bizim çalışmamızda da iç ortam havasından daha düşük seviyelerde tespit edilmiştir. Hong Kong’da yürütülen bir araştırmada TBC ev, iş yeri, okul, alışveriş merkezi ve restoranlarda belirlenmiş ve dış ortam TBC konsantrasyonu tüm noktalarda iç ortam TBC konsantrasyonundan daha düşük olarak tespit edilmiştir (Lee vd., 2002). Polonya’da işyerlerindeki mantar ve bakteri konsantrasyonlarının belirlendiği bir çalışma Ekim-Mart ayları arasında 6 aylık bir zaman diliminde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma sonucunda ölçüm yapılan süre boyunca iç ortam havasındaki bakteri seviyesi dış ortama göre daha yüksek seviyelerde bulunmuştur. Mantar seviyelerinde ise bakterilerin aksine dış ortamda daha yüksek konsantrasyonlarda mantar tespit edilmiştir (Gołofit-Szymczak ve Górny, 2010).

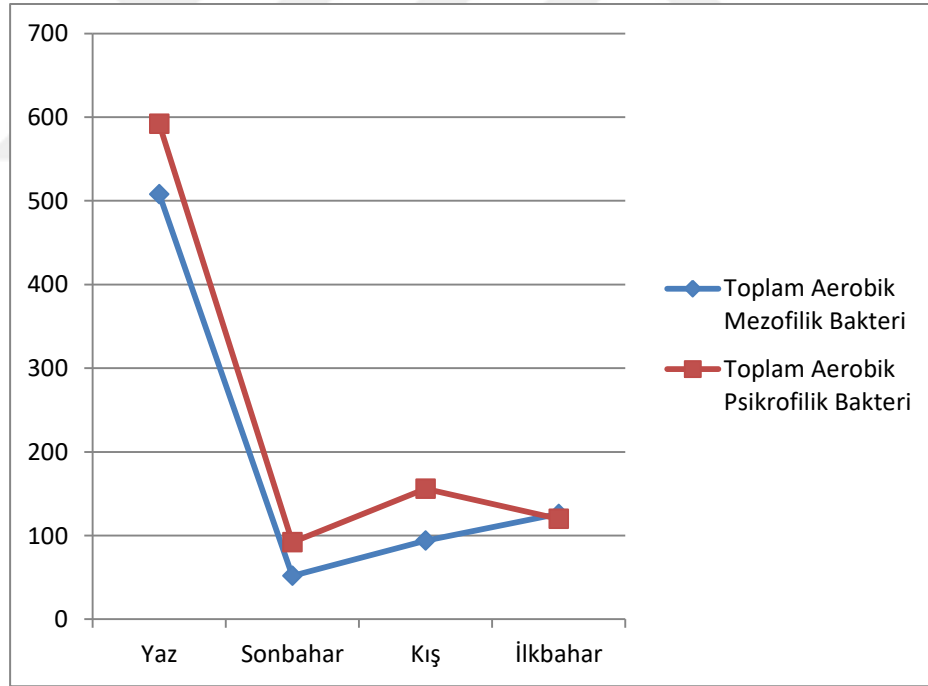
4.1.2. Bakteri Sayılarının İç ve Dış Ortam Havasında Mevsimsel Değerlendirilmesi

Toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı maksimum 2000 kob/m³ olarak sonbahar mevsiminde kaşar peyniri üretim odasında tespit edilmiştir. Ortalama en yüksek değer ise et işletmesinde 508 kob/m³ olarak yaz mevsiminde, süt işletmesinde ise 762 kob/m³ olarak sonbahar mevsiminde tespit edilmiştir. Bu türe ait ortalama en düşük konsantrasyon et işletmesinde 52 kob/m³ olarak sonbahar mevsiminde, süt işletmesinde 100 kob/m³ olarak ilkbahar mevsiminde tespit edilmiştir.

Toplam aerobik psikrofilik bakteri sayısı maksimum 1340 kob/m³ olarak yaz mevsiminde kesimhane bölümünde tespit edilmiştir. Ortalama en yüksek değer ise et işletmesinde 592 kob/m³ olarak yaz mevsiminde, süt işletmesinde ise 500 kob/m³ olarak sonbahar mevsiminde tespit edilmiştir. Bu türe ait ortalama en düşük konsantrasyon et işletmesinde 92 kob/m³ olarak sonbahar mevsiminde, süt işletmesinde 242 kob/m³ olarak yaz mevsiminde tespit edilmiştir. Şekil 4.1 ve şekil 4.2' de süt ve et işletmesinde ortalama toplam aerobik mezofilik bakteri ve toplam aerobik psikrofilik bakteri seviyelerinin mevsimsel değişimleri verilmiştir. Yaz ve sonbahar dönemlerinde bakteri konsantrasyonunun yüksek olması özellikle havalandırma amacıyla işletmelerde pencerelerin açık olması ve dış ortamda bulunan biyoaerosollerin iç ortama taşınması nedeniyle olabilmektedir. Çanakkale ve Lapseki ilçe Merkez'leri ile Çan ilçe merkezi, Yuvalar, Durali ve Kulfalköy'lerinde 2013-2014 yılları arasında yapılan bir çalışmada toplam bakteri konsantrasyon (TBC) seviyesinin genel olarak tüm örnekleme noktalarında yaz döneminde daha yüksek olduğu ortaya konulmuştur (Palaz, 2015). 1996-1998 aralığında Polonya' da 70 konutun iç ve dış ortam havalarından örnekler alınarak yapılan araştırmada; iç ortam ve dış ortam havasındaki bakteri ve mantar seviyelerinin farklı mevsimlerde benzer konsantrasyonlarda olduğu görülmüş olmakla beraber, dış ortam havasındaki bakteri ve mantar seviyesinin yaz mevsiminde kışa nazaran daha yüksek konsantrasyonlarda olduğu görülmüştür (Pastuszka vd., 2000).



Şekil 4.1: Süt İşletmesinde Ortalama Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri ve Toplam Aerobik Psikrofilik Bakteri Seviyelerinin Mevsimsel Değişimleri (kob/m³)



Şekil 4.2: Et İşletmesinde Ortalama Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri ve Toplam Aerobik Psikrofilik Bakteri Seviyelerinin Mevsimsel Değişimleri (kob/m³)

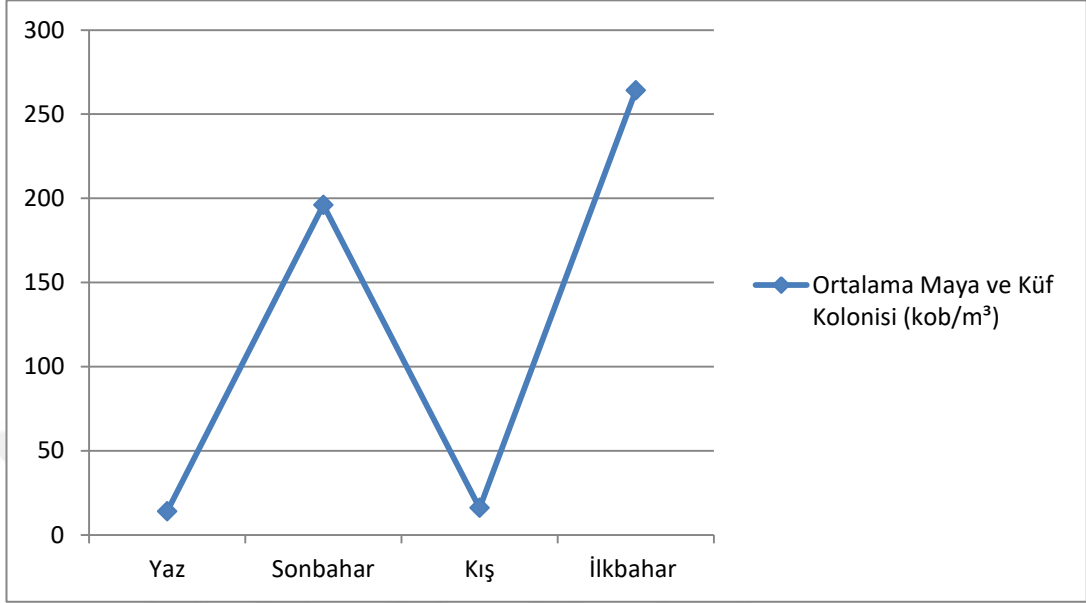
4.1.3. Maya ve Küf Sayılarının İç ve Dış Ortam Havasında Mevsimsel Değerlendirilmesi

Çalışmamız süresince her iki işletmenin iç ve dış ortam havalarında maya ve küf konsantrasyonu 0-460 kob/m³ aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Maksimum maya ve küf seviyesi 460 kob/m³ olarak ilkbahar mevsiminde süt işletmesinde bulunan kaşar peyniri üretim odasında tespit edilmiştir. Kaşar peyniri üretimi esnasında zeminin aşırı nemli olması maya ve küflerin üremesi ve havaya karışması için uygun şartların oluşmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Afyonkarahisar ili merkez ilçe havasında fungus florasının belirlenmesi için 2006 yılında gerçekleştirilen bir çalışmada fungus seviyeleri sonbaharda yaz mevsimine göre daha yüksek seviyelerde tespit edilmiştir (Özkara, 2006).

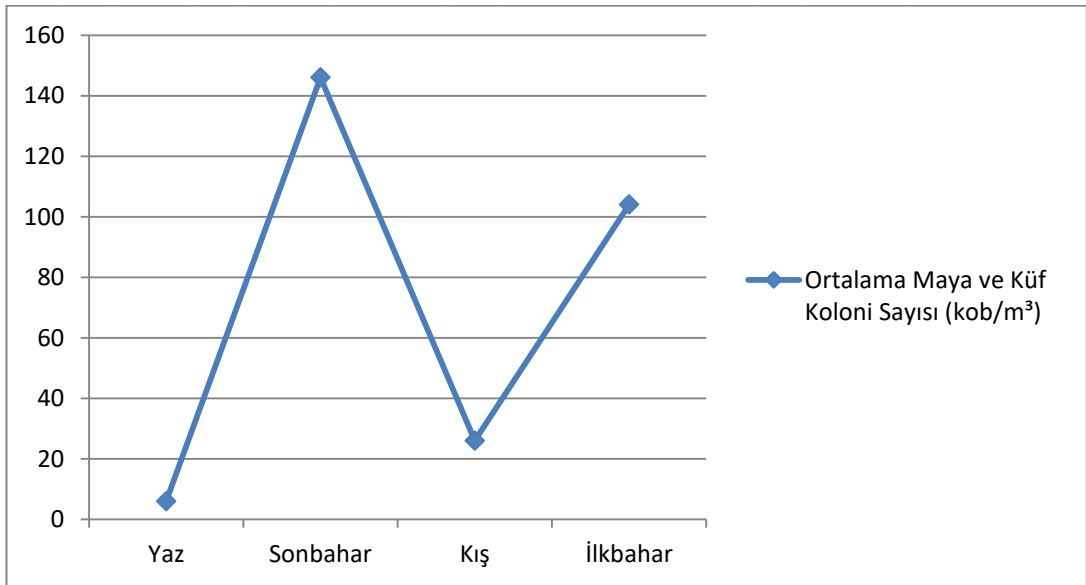
Çalışmamızda süt işletmesinde belirlenen ortalama en yüksek maya ve küf konsantrasyonu 264 kob/m³ olarak ilkbahar kaydedilmiştir. Ortalama en düşük maya ve küf konsantrasyonu ise 14 kob/m³ olarak yaz mevsiminde görülmüştür. Et işletmesinde ise ortalama en yüksek maya ve küf konsantrasyonu 146 kob/m³ olarak sonbahar mevsiminde kaydedilmiştir. Bu işletmede ortalama en düşük maya ve küf konsantrasyonu 6 kob/m³ olarak yaz mevsiminde ölçülmüştür. Şekil 4.3 ve şekil 4.4' de süt ve et işletmesinde ortalama maya ve küf seviyelerinin mevsimsel değişimleri verilmiştir.

İzmir ilinin Seferihisar ilçesinde 2004-2005 seneleri arasında gerçekleştirilen çalışmada 1 yıllık periyotta 5 adet ilkokulun iç ve dış ortam havasında bulunan mantar kolonileri incelenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde iç ve dış ortamda maksimum mantar konsantrasyonlarına ekim ve kasım aylarında ulaşılmış olduğu görülmektedir. En düşük seviyeler ise iç ortamda bizim çalışmamızda olduğu gibi yaz ayları olan haziran ve temmuz aylarında tespit edilmiştir. Dış ortamda ise en düşük mantar konsantrasyonları şubat ve mart ayında bulunmuştur. Bu çalışmada meteorolojik faktörlerin iç ve dış ortamdaki mantar miktarına etkisini incelemek amacıyla yapılan regresyon analizinde sıcaklık ve nemin iç ve dış ortamda mantar miktarlarını önemli derecede etkilediği görülmüştür ($p < 0.05$) (Haliki-Uztan vd., 2009). Menteşe tarafından Eskişehir'de gerçekleştirilen ölçümlerde yüksek mantar konsantrasyonlarını bizim çalışmamızda olduğu gibi sonbahar mevsiminde (eylül ve

kasım ayında) ve ilkbahar mevsiminde (mayıs ayında) tespit etmiştir (Menteşe, 2012).



Şekil 4.3: Süt İşletmesinde Ortalama Maya ve Küf Seviyelerinin Mevsimsel Değişimleri (kob/m³)



Şekil 4.4: Et İşletmesinde Ortalama Maya ve Küf Seviyelerinin Mevsimsel Değişimleri (kob/m³)

4.1.4. Bakteri, Maya ve Küf Miktarında 500 ve 1000 Kob/m³ ü Aşan Örneklerin Mevsimsel Karşılaştırması

Yaptığımız bu çalışma ile Afyonkarahisar’da bir et ve bir süt işletmesinde iç ve dış ortam havasında biyoaerosol düzeylerinin mevsimsel ve mekansal değişimlerde ciddi farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. ACGIH (The American Conference of Governmental Industrial Hygienists) havada kültür edilebilir biyoaerosol miktarını 100 kob/m³ olarak sınırlamıştır. Ancak belirlenen bu değer 1999 yılında ortadan kaldırılmıştır (Menteşe ve Güllü, 2006). Biyoaerosoller ile ilgili bir limit değer de Kanada Hükümeti tarafından belirlenmiştir. Kanada Hükümeti üst limit olarak 500 kob/m³ belirlemiştir. Biyoaerosollerin insan sağlığına zarar verecek seviyesi ise NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health Administration) tarafından 1000 kob/m³ olarak tespit edilmiştir (Menteşe ve Güllü, 2006). Her iki fabrikadan alınan hava numunelerindeki biyoaerosol seviyeleri dikkate alındığında çoğu mekanda 1000 kob/m³ değerinin aşılmadığı gözlemlenmiştir. Bununla beraber sonbahar analiz sonuçlarında pastörizasyon odasının ve kaşar peyniri üretim alanının toplam aerobik mezofilik bakteri sayısının bu sınır değerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Yaz mevsiminde yapılan analiz sonuçlarında ise et fabrikasının kesimhane ve kesimhanenin yakınında bulunan soğuk hava deposunun hava örneklerinde toplam aerobik mezofilik bakteri sayısının ve toplam aerobik psikrofilik bakteri sayısının bu sınır değeri aştığı gözlemlenmiştir. Kesimhane ve soğuk hava deposunda kesim yapılan hayvanlardan kaynaklı olarak yoğun kirletici ortam olduğu için bu alanlarda bakteri konsantrasyonunun bu kadar yüksek seviyelere çıktığı düşünülmektedir. Çizelge 4.1’ de bakteri konsantrasyonu 500 kob/m³ sınırını ve 1000 kob/m³ sınırını aşan örneklerin mevsimlere göre sayısı ve oranı verilmiştir.

Çizelge 4.1: Bakteri Konsantrasyonu 500 Kob/m³ Sınırını ve 1000 Kob/m³ Sınırını Aşan Örneklerin Mevsimlere Göre Sayısı ve Oranı

Dönem	500 kob/m ³ Sınırını Aşan Örneklerin Yüzde ve Sayısı	1000 kob/m ³ Sınırını Aşan Örneklerin Yüzde ve Sayısı
Yaz	%2,5 (4)	%2,5 (4)
Sonbahar	%2,5 (4)	%1,25 (2)
Kış	%2,5 (4)	%0 (0)
İlkbahar	%1,25 (2)	%0 (0)

Aghlara' nın iç ve dış ortamlarda biyoaerosol seviyeleri ve kaynaklarının tespiti için Ankara'nın farklı semtlerinden aldığı örnekleme sonucunda ilkbahar-yaz mevsiminde evlerin %76'sında bakteri konsantrasyonunun 500 kob/m³ sınırını aştığını tespit etmiştir. İlkbahar-yaz döneminde ise evlerin %41'inde 1000 kob/m³ sınırının aşıldığını görmüş ve bunun nedenini iç ortamlarda bu dönemde nem ve sıcaklık seviyesinin yüksek olması olarak değerlendirmiştir. Evlerin %26'sında sonbahar-kış döneminde bakteri seviyesinin 1000 kob/m³ sınırını aştığını tespit etmiştir. Aynı çalışmada mantar seviyelerine bakıldığında ise iç ortam havası örneklerinin %2,5'inin 500 kob/m³ sınırını aştığı görülmektedir. 1000 kob/m³ sınırını örneklerin sadece %1'i aşmıştır. Mantar seviyelerinde 1000 kob/m³'ü aşanstasyonların %2'si ilkbahar-yaz ve %6'sı sonbahar-kış dönemlerinde ölçülmüştür. Sonbahar-kış döneminde yüksek olmasının nedeni evlerde özellikle dar gelirli kişilerin enerji tasarrufu sağlamak adına soğuk havalarda yeterli derecede havalandırma yapmamaları olarak düşünülmektedir (Aghlara, 2017).

4.2. Süt İşletmesinde Mevsimlere Göre Ortalama Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları ile Ortalama Sıcaklık Değerlerinin İstatistiksel Değerlendirmesi

Süt işletmesinden alınan hava örneklerinin analizleri sonucunda elde edilen ortalama bakteri, maya ve küf seviyeleri ile ortalama sıcaklık değerleri Çizelge 4.2' de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2: Süt İşletmesinde Mevsimsel Olarak Ortalama Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları ve Ortalama Sıcaklık Değerleri

Parametre	Mevsimler					P değeri
	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	SEM	
Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Sayısı (kob/m ³)	132.0 ^b	762.0 ^a	526.0 ^{ab}	100.0 ^b	19,9	0,05
Enterobakter Sayısı (kob/m ³)	13.17 ^b	26.07 ^a	18.91 ^{ab}	*	6,35	0,02
Koliform Grubu Mikroorganizmaların Sayısı (kob/m ³)	26,00	13,33	15,00	*	6,08	0,26
Toplam Maya ve Küf Sayısı (kob/m ³)	27.52 ^b	196.00 ^a	23.12 ^b	264.00 ^a	13,62	<.0001
Toplam Aerobik Psikrofilik Mikroorganizmaların Sayısı (kob/m ³)	242,0	500,0	422,0	358,0	113,4	0,11
Sıcaklık (°c)	26.64 ^a	15.16 ^b	14.30 ^b	17.94 ^b	2,18	0,003

*ölçüm yok

Çizelge 4.2’ de görüldüğü üzere çalışmamızda süt işletmesinin iç ve dış ortamlarından alınan örneklerde;

Toplam aerobik mezofilik bakteri konsantrasyonu en yüksek seviyede ortalama $762 \pm 19,9$ kob/m³ olarak sonbahar mevsiminde kaydedilmiştir. En düşük toplam aerobik mezofilik bakteri konsantrasyonu ise ortalama $100 \pm 19,9$ kob/m³ olarak ilkbahar mevsiminde ve $132 \pm 19,9$ kob/m³ olarak yaz mevsiminde kaydedilmiştir. Toplam aerobik mezofilik bakteri sayısında yaz ve ilkbahar mevsiminde istatistiksel olarak bir farkın olmadığı görülmüştür.

Enterobakter sayısı sonbahar mevsiminde en yüksek seviyede ortalama $26,07 \pm 6,35$ kob/m³ olarak belirlenmiştir. Kış mevsimindeki örneklerde enterobakter sayısı yaz ve sonbahar mevsimlerindeki sonuçlarla istatistiksel olarak benzer bulunmuştur.

Koliform grubu mikroorganizma sayısı yaz mevsiminde en yüksek seviyede ortalama $26 \pm 6,08$ kob/m³ olarak bulunmuştur. Koliform grubu mikroorganizma sayısı üzerine mevsimsel değişimlerin etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Toplam aerobik psikrofilik mikroorganizmaların sayısı sonbahar mevsiminde maksimum $500 \pm 113,4$ kob/m³ olarak tespit edilmekle beraber toplam aerobik

psikrofilik mikroorganizmaların sayısı üzerine mevsimsel değişimlerin etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Maya ve küf sayısı ise maksimum konsantrasyonlara ortalama $196 \pm 13,62$ kob/m³ sonbahar mevsiminde ve $264 \pm 13,62$ kob/m³ olarak ilkbahar mevsiminde ulaşılmıştır. Maya ve küf konsantrasyonları ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde istatistiksel olarak benzer bulunmuştur. En düşük seviyelere ise yaz ve kış mevsimlerinde ulaşılmış ve bu mevsimlerde de istatistiksel olarak benzer sonuçlar bulunmuştur.

Süt işletmesinde farklı mevsimlerde kaydedilen sıcaklık değerlerine bakıldığı zaman en yüksek değer yaz mevsiminde belirlenirken, diğer mevsimlerde sıcaklık değerleri daha düşük ve istatistiksel olarak benzer bulunmuştur.

4.3. Et İşletmesinde Mevsimlere Göre Ortalama Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları ile Ortalama Sıcaklık Değerlerinin İstatistiksel Değerlendirmesi

Et işletmesinden alınan hava örneklerinin analizleri sonucunda elde edilen ortalama bakteri, maya ve küf seviyeleri ile ortalama sıcaklık değerleri Çizelge 4.3' de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3: Et İşletmesinde Bakteri, Maya ve Küf Konsantrasyonları ve Sıcaklık Değerlerinin Mevsimsel Ortalamaları

Parametre	Mevsimler					P değeri
	Yaz	İlkbahar	Kış	Sonbahar	SEM	
Toplam Aerobik Mezoflik Bakteri Sayısı (kob/m ³)	508.0 ^a	52.0 ^b	94.0 ^{ab}	126.0 ^{ab}	22,70	0,01
Enterobakter Sayısı (kob/m ³)	*	*	*	*	*	*
Koliform Grubu Mikroorganizmaların Sayısı (kob/m ³)	*	*	*	*	*	*
Toplam Maya ve Küf Sayısı (kob/m ³)	15.00 ^b	146.00 ^a	32.50 ^b	104.00 ^a	12,81	0,01
Toplam Aerobik Psikrofilik Mikroorganizmaların Sayısı (kob/m ³)	592,00	92,00	156,00	120,00	51,42	0,07
Sıcaklık (°C)	16.46 ^a	6.48 ^b	6.22 ^b	13.28 ^a	2,98	0,01

*ölçüm yok

Çizelge 4.3' de görüldüğü üzere çalışmamızda et işletmesinin iç ve dış ortamlarından alınan örneklerde;

Toplam aerobik mezofilik bakteri konsantrasyonu en yüksek seviyede ortalama $508 \pm 22,70$ kob/m³ olarak yaz mevsiminde belirlenmiştir. En düşük toplam aerobik mezofilik bakteri konsantrasyonu ise ortalama $52 \pm 22,70$ kob/m³ olarak sonbahar mevsiminde kaydedilmiştir.

Enterobakter sayısı ve koliform grubu mikroorganizma sayısı örnekleme yapılan hava numunelerinde yeterli düzeyde üreme olmadığı için test yapılamamıştır.

Toplam aerobik psikrofilik mikroorganizmaların sayısı yaz mevsiminde maksimum ortalama $592 \pm 51,42$ kob/m³ olarak tespit edilmekle beraber toplam aerobik psikrofilik mikroorganizmaların sayısı üzerine mevsimsel değişimlerin etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Maya ve küf sayısı ise maksimum seviyeye ortalama $146 \pm 12,81$ kob/m³ sonbahar mevsiminde ve $104 \pm 12,81$ kob/m³ olarak ilkbahar mevsiminde ulaşılmıştır. Maya ve küf konsantrasyonları ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde istatistiksel olarak benzer bulunmuştur. En düşük seviyelere ise yaz ve kış mevsimlerinde ulaşılmış ve bu mevsimlerde de istatistiksel olarak benzer sonuçlar bulunmuştur.

Süt işletmesinde farklı mevsimlerde kaydedilen sıcaklık değerlerine bakıldığı zaman en yüksek değerleri yaz ve ilkbahar mevsimlerinde ölçülürken, en düşük ise sonbahar ve kış mevsimlerinde ölçülmüştür.

5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Et ve süt üretimi Afyonkarahisar sanayisinde önemli bir paya sahiptir. Bu nedenle insan beslenmesinin en önemli temel gıda maddelerinden olan et ve süt ürünlerinin hijyenik koşullarda üretilmiş, insan sağlığına zarar vermeyecek nitelikte ve daha uzun raf ömrüne sahip olmaları gerekmektedir. Bu özellikte ürün üretilebilmesi için işletmelerde hammadde temininden başlayarak üretimin her aşamasında hijyen kurallarına en üst seviyede uyulması, mikrobiyel bulaşmaların önüne geçilmesi gerekmektedir. Mikrobiyel kontaminasyonların nedenleri arasında özellikle son yıllarda hava yoluyla taşınan biyoaerosollerde sayılmakta ve önemli hale gelmektedir. Biz de bu nedenle Afyonkarahisar’ da bir et işletmesi ve bir süt işletmesinin dış ortam havasından ve iç ortamda bulunan farklı üretim alanlarından hava örneklemeleri yaparak bakteri, maya ve küf seviyelerini araştırdık. Yaptığımız bu çalışma sonucunda farklı mevsimlerde dış ortam ve farklı üretim alanlarında maya, küf ve bakteri seviyelerinin değişken olduğunu gördük. Çalışmamız sonucunda toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı maksimum 2000 kob/m³ olarak sonbahar mevsiminde kaşar peyniri üretim odasında tespit edilmiştir. Ortalama en yüksek değer ise et işletmesinde 508 kob/m³ olarak yaz mevsiminde, süt işletmesinde ise 762 kob/m³ olarak sonbahar mevsiminde tespit edilmiştir. Çalışmamız süresince her iki işletmenin iç ve dış ortam havalarında maya ve küf konsantrasyonu 0-460 kob/m³ aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Maksimum maya ve küf seviyesi 460 kob/m³ olarak ilkbahar mevsiminde süt işletmesinde bulunan kaşar peyniri üretim odasında tespit edilmiştir. Biyoaerosollerin insan sağlığına zarar verecek seviyesi ise NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health Administration) tarafından 1000 kob/m³ olarak tespit edilmiştir (Menteşe ve Güllü, 2006). Sonuçlarımıza göre et ve süt işletmesinin dış ortam havalarında bu sınır değerinin üzerine hiçbir mevsimde çıkmamıştır. Ancak sonbahar mevsiminde süt işletmesinde, pastörizasyon odası ve kaşar peyniri üretim alanında toplam aerobik mezofilik bakteri konsantrasyonunda bu sınır değerinin üzerine çıkmıştır. Et işletmesinde ise yaz mevsiminde kesimhane ve kesimhanenin yakınında bulunan soğuk hava deposunun hava örneklerinde toplam aerobik mezofilik bakteri sayısının ve toplam aerobik psikrofilik bakteri sayısının bu sınır değeri aştığı gözlemlenmiştir.

Gıda işletmelerinde çalışan personel önemli kontaminasyon kaynağı olabilmektedir. Bu nedenle çalışan personele gerekli hijyen eğitimleri verilmeli ve düzenli olarak sağlık kontrollerinden geçirilmelidir. Gıda işletmelerinde mikrobiyel kirliliğin diğer kaynakları hammaddeler, tesisteki malzemeler, işleme koşulları, su, haşereler, nakliye araçları, paketleme malzemeleri, tesis tasarımı, zayıf imar, açık drenaj, ıslak ve kuru zeminlerde fırçalama işlemleri sayılabilir. Bulaşmaların önlenmesi için tüm bu kritik noktalar üzerinde önemle durulmalı ve gerekli koruyucu tedbirler alınmalıdır. İşletme içerisindeki mikrobiyel yükü azaltmak için öncelikle işletmeye kontrolsüz hava girişini engellemek adına filtrasyon ve uygun havalandırma sistemleri kullanılmalıdır. İşletmelerde özellikle mantarların üreyip yayılmasını engellemek adına su sızıntılarının önüne geçilmeli, su buharının yoğunlaşması engellenmeli ve yüksek nem oluşumunun önüne geçilmelidir.

Sonuç olarak gerek gıda işletmelerinde çalışan insanların sağlığı ve konforu, gerekse üretilen gıdaları tüketen insanların sağlığı için işletme iç ve dış havasının mikrobiyel yükünün oldukça önemli olduğu görülmüştür. Bundan dolayı gıda işletmelerinde iç ortam ve dış ortam hava kalitesi düzenli periyotlarla belirlenmelidir. Elde edilen sonuçlara göre yukarıda bahsedilen önlemler alınarak gerekli düzeltmeler yapılmalıdır.

6. KAYNAKLAR

- Aarnisalo, K. (2007). Effect of maintenance routines in food processing on production hygiene. In G. Wirtanen, & S. Salo (Vol. Eds.), Microbial contaminants&contamination routes in food industry. VTT Publication: Vol. 248, (pp. 36–38). Espoo, Finland: Technical Research Centre of Finland (VTT).
- Afyonkarahisar İl Çevre Durum Raporu. (2020). Afyonkarahisar İli 2019 Yılı Çevre Durum Raporu, Afyonkarahisar Valiliği, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Afyonkarahisar.
- Aghapour, K. (2014). Yasal Düzenlemelere Göre Hava Kirliliği ve Türkiye ile İran Arasında Bir Karşılaştırma. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Yönetimi Anabilim Dalı.
- Aghlora, E. (2017). İç ve Dış Ortamlarda Biyoaerosol Seviyeleri ve Kaynaklarının Tespiti, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akan, İ. M. (2009). Et ve Bazı Et Ürünleri ile Soğuk Hava Depolarında Pseudomonas Türlerinin İzolasyonu ve İdentifikasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Besin Hijyeni ve Teknolojisi (vet.) Ana Bilim Dalı.
- Akbulut, U. (2003). Odtü Kimya Bölümü, Penisilin, dünyanın ilk antibiyoloji ve tesadüfen keşfi.
- Akıncı, B. (2016). Adana’da Bazı İşletmelerde İç Ortam Hava Kalitesi ve Çalışanların Sağlığına Olan Etkilerinin Değerlendirilmesi, Uzmanlık Tezi, Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı, ADANA.
- Akşit, F., Akgün, Y., Kiraz, N. (2006). Genel Mikrobiyoloji ve Immünoloji. Anadolu Üniversitesi, 857: 15-16.
- Aktürk, B., Çelebi, S., Hazımustafaoğlu, M.K. (2007). Çocuk sağlığı ve hastalıkları anabilim dalı, Uludağ Üniversitesi, Tıp Fakültesi.
- Akyuva, F.P. (2007). İleri işlem görmüş kanatlı eti ürünlerinden nugget üretim hattındaki mikrobiyel kontaminasyon kaynaklarının belirlenmesi. Uludağ Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Alçay, A.Ü., Yalçın, S. (2015). İç ortam havası biyoaerosoller ve mikrobiyal hava kalitesi ölçüm metodları.
- Anonim, 1997, TS 12281, Çevre Sağlığı-Kapalı Ortam Havası ile İlgili Tedbirler.
- Anonim, 2004, TÜRKİYE CUMHURİYETİ SAĞLIK BAKANLIĞI. Bacillus cereus enfeksiyonu, Gıda kökenli bacillus cereus zehirlenmesi, ICD-10 A05.4.
- Anonim, 2008, 6 Haziran 2008 tarih ve 26898 sayılı ‘Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği’. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- Anonim, 2010, Sağlık Bakanlığı Temel Hizmetleri Genel Müdürlüğü.Türkiye’nin hava kirliliği ve iklim değişikliği sorunlarına sağlık açısından yaklaşım, Eylül, Ankara.
- Anonim, 2014, Kapalı Bir Ortamdaki Hava Sağlığımızı Nasıl Etkiliyor? <http://www.bcm.org.tr>. [Ziyaret Tarihi:15.02.2014].
- Anonim, 2020, Afyonkarahisar İli 2019 Yılı Çevre Durum Raporu, Afyonkarahisar Valiliği, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Afyonkarahisar.
- Anonymous, 1996, U.S. Environmental Protection Agency, Protect Your Family and Yourself from Carbon Monoxide Poisoning, EPA, USA, 1-5.

- Anonymous, 2003, ASHRAE HandbookCD, 2001 Fundamentals, Chapter 8: Thermal Comfort, Atlanta, USA.
- Ashrae. (2003). "Indoor Environmental Health", ASHRAE Handbook CD, 2001 Fundamentals, Chapter 9, Atlanta, USA.
- Barnett, H.L., Hunter, B.B. (2003). Illustrated genera of imperfect fungi. (4th ed). St. Paul, Minnesota, USA. The American Phytopathological Society (APS) Press. 218 p.
- Baysal A. (2002). Beslenme 9. baskı, Hatipoğlu Yayınevi, Ankara, Sayfa 9-18, 58, 257.
- Begum, M., Hocking, A. D., Miskelly, D. (2009). Inactivation of food spoilage fungi by ultra violet (UVC) radiation. International Journal of Food Microbiology, 129, 74–77.
- Bhatia, L. (2011). Impact of Bioaerosol on Indoor Air Quality- A Growing Concern, Adv. Biores. 2 (2): 120-123.
- Biesalski H.K. (2005). Meat as a component of a healthy diet – are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet? Meat Science 70:509–524.
- Bolton, J., Cotton, C. (2008). Ultraviolet Disinfection Handbook. American Waterworks Association.
- Brown, K.L. (1996). Guidelines on air quality standards for the food industry, Campden&Chorleywood Food Research Association; Guideline No:12,143p.
- Brown, K.L., Wray, S. (2014). Control of airborne contamination in food processing. In H. L. M. Lelieveld, J. Holah, & D. Napper (Eds.). Hygiene in food processing: Principles and practice (pp. 174–199). New Delhi: Woodhead Publishing.
- Bukowski, M., Wladyka, B., Dubin, G. (2010). Exfoliative Toxins of Staphylococcus aureus. Toxins, 2: 1148–1165.
- Bulut, H. (2007). "Konutlarda İç Hava Kalitesi ile İlgili Ölçüm Sonuçlarının Analizi" Teskon VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 415-427.
- Clayton, C.A., Perritt, R.L., Pellizzari, E.D., Thomas, K.W., With more, R. W. (1993). "Particle total exposure assessment methodology (PTEAM) study: distributions of aerosol and elemental concentrations in personal, indoor, and outdoor air samples in a southern California community", Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, 3, 227–250.
- Conticini, E., Frediani, B., Caro, D. (2020). Can atmospheric pollution be considered a co-factor in extremely high. Environmental Pollution, 261(114465), In Press. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114465>
- Cox, C.S., Wathes, C.M. (1995). Bioaerosols Handbook. New York: Lewis Publishers. 3-24.
- Cundith, C.J., Kerth, C.R., Jones, W.R., Mc Caskey, T.A., Kuhlers, D.L. (2002). Air-cleaning system effectiveness for control of airborne microbes in a meat-processing plant. J. FoodSci., 67(3):1170-1174.
- Curiel, G.J., Van Eijk, H.M.J., Lelieveld, H.L.M. (1999). 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; 2372p.
- Çapraz, Ö. (2013). İstanbul'da 2007-2012 Yılları Arasında Hava Kirliliğinin Ölüm Üzerindeki Etkilerinin Modellenmesi. Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çobanoğlu, N., Pekcan, S., Aslan, A., Kiper, N. (2005). Solunan havada tehlikeler. Astım Allerji İmmünoloji, 3(2):77-85.

- Çöl, B.G., Aksu, H. (2007). Gıda işletmelerinde ortam havasının mikrobiyel yükü üzerine etkili faktörler ve hava örnekleme teknikleri: JIVS, 2:24-47.
- Çöplü, N. (1999). Afyon çay selüloz fabrikasında havanın mikrobiyolojik analizi. Türk Hij. Den. Biol. Derg., 56(2), 87-90.
- Deniz, T., Kandiş, H., Saygun, M., Büyükoçak, Ü., Ülger, H., Karakuş, A. (2009). Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi Acil Servisine Başvuran Zehirlenme Olgularının Analizi. Düzce Tıp Fakültesi Dergisi, 11:15–20.
- Denning, D.W., O'driscoll, B.R., Hogaboam, C.M., Bowyer, P., Niven, R.M. (2006). The Link Between Fungi and Asthma a Summary of the Evidence. Eur Respir J., 27: 615-26.
- Doğan, H. (2013). Uygulamalı Havalandırma ve İklimlendirme Tekniği. Seçkin Yayıncılık, İstanbul, 416s.
- Douwes, J., Thorne, P., Pearce, N., Heederik, D. (2003). Bioaerosol Health Effects and Exposure Assessment: Progress and Prospects. Ann. Occup. Hyg., 47(3): 187-200.
- Dönmez, O. (2003). İç Hava Kalitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- DSÖ. (2020). www.who.int. 05.04.2020 tarihinde Healthtopics/Airpollution: https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1.
- Düzovalı, G. (2007). Kapalı Ortam Hava Kirliliği ve Çözümleri: Kahvehane ve Okul Durumu, Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Ehaval, H. (2007). Food process hygiene, effective cleaning and safety in the food industry. In G. Wirtanen, & S. Salo (Vol. Eds.), Microbial contaminants&contamination routes in food industry. VTT Publication: Vol. 248, (pp. 129–144). Espoo, Finland: Technical Research Centre of Finland (VTT).
- European Hygienic Engineering & Design Group (EHEDG). (2005). Guidelines on air handling in the food industry. Trends in Food Science&Technology 17 (2006) 331–336.
- Emeritus, A.F., Demirci, M. (2016). Bakteriyoloji-Bölüm 12, University of South Carolina.
- Erol, D. (1999). Besin Hijyeni, Ankara Univ. Vet Fak., 81-92, Ankara.
- Fabiana, M.P., Millerb, S.L., Reponenc, T., Hernandez, M.T. (1989). Ambient bioaerosol indices for in door air quality assessments off food reclamation, ACGIH.
- FAO. (1992). Manual of Food Quality Control. 4. Rev. 1. "Microbiological Analysis". Food and Agricultural Organization of the United Nations, pp 43-56, Rome.
- Flannigan, B., Samson, R.A., Miller, J.D. (2011). Microorganisms in Home and Indoor Work Environments: Diversity, Health Impacts, Investigationand Control (2nd ed.). CRC Press: 4-500.
- Franks, T.J., Galvin, J.R. (2010). Hypersensitivity Pneumonitis: Essential Radiologic and Pathologic Findings. Surgical Pathology Clinics, 3 (1): 187–198.
- Fung, F., Tappen, D., WOOD, G. (2000). Alternaria-Associated Asthma, Applied Occupational and Environmental Hygiene, 15(12): 924-27.
- Godish, T. (1989). Indoor Air Pollution Control. Lewis Publishers, Chelsea; 56-58.
- Godish, T. (2001). Indoor Environmental Quality, 1st Edition.
- Gołofit-Szymczak, M., Górny, R.L. (2010). Bacterial and Fungal Aerosols in Air-Conditioned

- Office Buildings in Warsaw, Poland The Winter Season. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 16(4): 465–476.
- Gomzi, M. (2009). Indoor Air And Respiratory Health İn Preadolescent Children. *Atmospheric Environment*, 33(24-25):4081-6.
- Gorny, R.L., Dutkiewicz, J. (2002). Bacterial and fungal aerosols in indoor environment in central and eastern European countries, *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 9 (1), 17-23.
- Goyer, N., Lavoie, J., Lazure, L., Marchand, G., Bherer, L. (2001). Bioaerosols in the Workplace: Evaluation, Control and Prevention Guide. Studies and Research Projects, Technical Guide T-24, Institut de recherch  Robert-Sauv  en santé et en sécurité du travail du Québec 94.
- G n ll , M.T., Bayhan, H., Av ar, Y., Arslankaya, E. (2002). “YT  Şevket Sabancı K t phane Binası İ  Ortam Havasındaki Partik llerin İncelenmesi”, 4. Gap Mühendislik Kongresi, Şanlıurfa.
- Griffiths, W.D., De Cosemo, G.A.L. (1994). The assesment of bioaerosols: a critical reviews. *Journal of Aerosol Science*; 25, 1425-1458.
- Güler,  .,  obano lu, Z. (2001). Kapalı Ortam Hava Kirlenmesi,  evre Sa lı ı Temel Kaynak Dizisi, Ankara, 9:1-32.
- Güllü, G., Mente e, S. (2007). “İç Ortam Havasında Biyoaerosol Düzeyleri”, VIII.Ulusal Tesisat M hendisli i Kongresi, İzmir.
- Haliki-Uztan, A., Ate , M., Abacı, A., G lbahar, O., Erdem, N.,  ift i,  ., Boyacıo lu, H. (2009). Determination of Potential Allergenic Fungal Flora and Its Clinical Reflection in Suburban Elementary Schools in İzmir. *Environmental Monitoring and Assessment*, 168: 691–702.
- Hays, S.M., Gobbell, R.V., Ganick, N.R. (1995). “Indoor Air Quality Solutions and Strategies”, Mc Graw – Hill, Amerika, 317 – 322.
- Heikkien , M.S.A., Hjelmroos-Koski, M.K., Haggblom, M.M., Macher, J.M. (2005). Bioaerosols. In: Ruzer LS, Harley NH, Eds. *Aerosols Handbook*. Boca Raton: CRC Press p: 291-342.
- Hester, R.E., Harrison, R.M. (1998). Air pollution and health, The Royal Society of Chemistry, UK.
- Heudorf, U., Neitzert, V., Spark, J. (2009). Particulate matter and carbondioxide in classrooms – The impact of cleaning and ventilation. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 212(1): 45-55.
- Heywood, J.B. (1988). *Internal Combustion Engine Fundamental*, Mc Graw-Hill Book Comp., New York.
- H ndmarch, J.K., Magee, J.T., Handfield, M.A., Duerdent, B.I. (1990). A pyrolysis mass spectrometry study of *Corynebacterium.spp*.
- HO. (1999). The Hong Kong Health Sector.
- Holah, J.T., Rogers, S.J., Holder, J., Hall, K.E., Taylor, J., Brown, K.L. (1995). The evaluation of air disinfection systems. Campden&Chorleywood Food Research Association, R&D Report No.13.1-22.
- Horner, W.E., Helbling, A., Salvaggio, J.E., Lehrer, S.B. (1995). Fungal allergens. *Clin Microbiol Rev*;8: 161–79.

- Huang, S.W. (2013). MoldAllergy. Medscape 16 Ocak 2013
<http://emedicine.medscape.com/article/887374-overview#showall>.
- Ijaz, M. K., Zargar, B., Wright, K. E., Rubino, J. R., & Sattar, S. A. (2016). Generic aspects of the airborne spread of human pathogens indoors and emerging air decontamination technologies. *American Journal of Infection Control*, 4, S109–S120.
- İnt. Kay. 1, <https://cip.tuik.gov.tr/>, 17.09.2021.
- Jaakkola, M.S., Quansah, R., Hugg, T.T., Heikkinen, S.A., Jaakkola, J.J. (2013). Association of Indoor Dampness and Molds with Rhinitis Risk: a Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 132(5): 1099-1110.
- Jay, J.M. (1996). *Modern Food Microbiology* Fifth edition Chapman ve Hall, New York.
- Johansson, A., Halling, A., Hermansson, G. (2003). “Indoor and outdoor smoking”, *European Journal of Public Health*, 13: 61–66.
- Jones, A.M., Harrison, R.M. (2004). The effects of meteorological factors on atmospheric bioaerosol concentrations. *Science of The Total Environ*, 326: 151–80.
- Kalogerakis, N., Paschali, D., Lekaditis, V., Pantidou, A., Eleftheriadis, K., Lazaridis, M. (2005). Indoor Air Quality Bioaerosol Measurements in Domestic and Office Premises. *J Aerosol Sci.*, 36: 751-61.
- Kang, Y.J., Frank, J.F. (1989a). Biological aerosols: a review of airborne contamination and its measurement in dairy processing plants. *J. Food Prot.*, 52, 512-524.
- Kang, Y.J., Frank, J.F. (1989b). Evaluation of air samplers for recovery of biological aerosols in dairy processing plants. *J. Food Prot.*, 52, 665-659.
- Karaca, F. (2008). İkili Görüşme Esnasında Alınmış Notlar. Fatih Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü.
- Karakoç, H.T. (2006). Kalorifer tesisatı hesabı, *DemirDöküm Teknik yayınları*, No:9.
- Karlıkaya C., Yüksel H. (2010). Türkiye’nin Hava Kirliliği ve İklim Değişikliği Sorunlarına Sağlık Açısından Yaklaşım, T.C. Sağlık Bakanlığı, Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Sağlık Bakanlığı Yayın No: 811, Ankara.
- Karunasena, E., Larranaga, M.D., Simoni, J.S., Douglas, D.R., Straus, D.C. (2010). Building-Associated Neurological Damage modeled in Human Cells: A Mechanism of Neurotoxic Effects by Exposure to Mycotoxins in The Indoor Environment. *Mycopathologia*, 170 (6): 377–390.
- Kaynar, A. (1996). Hava Kirliliği ve Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Kaynarca, S. (2009). Sığır mastitislerinden izole edilen Stafilokoklarda metisilin direnci ve slaymopozitifliği.
- Khan, A.A.H., Karuppayil, S.M. (2012). Fungal Pollution of Indoor Environments and Its Management. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 19: 405–426.
- Kilburn, K.H. (2004). Role of Molds and Mycotoxins in Being Sick in Buildings: Neurobehavioral and Pulmonary Impairment. *Advances in Applied Microbiology*, 55: 339–359.
- Korkmaz, A. (2007). “Hastane iklimlendirme sistemlerinde filtre seçimi ve filtrenin önemi”, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 98, 27-30.
- Kosa, K. H. (2001). “Indoor Air Quality Sampling Methodologies”, Lewis Publishers, Washington, 41 – 59, 113.

- Kowalski, W. (2009). Ultraviolet germicidal irradiation handbook. UVGI for air and surface disinfection. Berlin: Springer-Verlag.
- Köksal, Y. (1999). “Kapalı Mahallerde Hava Kalitesinin İyileştirilmesi”, İstanbul.
- Kryzanowski, M., Cohen, A. (2008). Update of WHO Air Quality Guidelines. Air Qual Atmos Health, 1:7-13.
- Kung, J. (2014). Mold&Bacteria Consulting Laboratories Canada, <http://www.moldbacteria.com/mold>
- Kurutaş, B. (2009). Bir Metal Endüstrisindeki Çalışma Ortamlarının İç Hava Kalitesinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Küçükçalı, R. (1999). Yüksek yapılarda tesisat ve pratik bilgiler.
- Lakestani, S. (2015). Doğum öncesi ve doğum sonrası dönemlerde bebeklerin evlerindeki bina içi hava kirleticilerinin belirlenmesi.
- Lee, B. U. (2011). Life comes from theair: A short review on bioaerosol control. Aerosol and Air Quality Research, 11, 921–927.
- Lee, S.C., Li, W.N., Chan, L.Y. (2001). Indoor air quality at restaurants with differnt styles of cooking in metropolitan Hong Kong. The Science of Total Environment, 12, 279 (1-3), 181-193.
- 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, Atmos.Environ. 36(12): 1929-1940.
- Liang, Y., Wu, Y., Sun, K., Chen, Q., Shen, F., Zhang, J., et al. (2012). Rapid inactivation of biological species in the air using atmospheric pressure nonthermal plasma. Environmental Science&Technology, 46, 3360–3368.
- Ljungquist, B., Reinmüller, B. (1993). Interaction between air movements and the dispersion of contaminants clean zones with unidirectional air flow. J. Parent Sci.Tech; 47, 60-69.
- Lutgring, K.R., Linton, R.H., Peugh, M., Heber, A.J. (1997). Distribution and Quantification of bioaerosols in poultry slaughtering plants, J. Food Prot., 60, 804-810.
- Mangir, N. (2014). İstanbul'da 2010 Yılına Ait Hava Kirliliği Envanterinin Halk Sağlığı Açısından Değerlendirilmesi. Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Marriott, N. G., Gravani, R. B. (2006). Principles of food sanitation (5th ed.). New York: Springer.
- Masotti, F., Cattaneo, S., Stuknytė, M., Noni, I. (2019). Airborne contamination in the food industry: An update on monitoring and disinfection techniques of air, Trends in Food Science&Technology, Italy, 90: 147-156.
- Menteşe, S. (2009). Bina İçi Hava Kalitesinin Belirlenmesi ve Kaynaklarının Tespiti, Doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Menteşe, S. (2012). İç ortam biyolojik kirliliğin mekansal değişimi ve dış ortamın etkisi.
- Menteşe, S., Güllü, G. (2006). İç ortam biyolojik kirliliğin mekansal değişimi ve dış ortamın etkisi.
- Mentese, S., Tasdibi, D. (2014). Airborne Bacteria Levels in Indoor Urban Environments: The Influence of Season and Prevalence of Sick Building Syndrome (SBS). Indoor and

Built Environment: 1420326X14562454.

- Miller, S. L., Linnes, J., Luongo, J. (2013). Ultraviolet germicidal irradiation: Future directions for air disinfection and building applications. *Photochemistry and Photobiology*, 89, 777–781.
- Monn, C.H., Fuchs, A., Hogger, D., Junker, M., Kogelschatz, D., Roth, N., et al. (1997). “Particulate matter less than 10 μm (PM10) and fine particles less than 2.5 μm (PM2.5): relationships between indoor, outdoor and personal concentrations”, *The Science of the Total Environment*, 208, 15–21.
- Mouli, P.C., Mohan, S.V., Reddy, S.J. (2005). Assessment of microbial (bacteria) concentrations of ambient air at semi-arid urban region: influence of meteorological factors. *Applied Ecology and Environmental Research* 3, 2, 139-149.
- Mullane, N., Healy, B., Meade, J., Whyte, P., Wall, P. G., & Fanning, S. (2008). Dissemination of *Cronobacter* spp. (*Enterobacter sakazakii*) in a powdered milk protein manufacturing facility. *Applied and Environmental Microbiology*, 74, 5913–5917.
- Mullane, N.R., Whyte, P., Wall, P. G., Quinn, T., Fanning, S. (2007). Application of pulsed-field gel electrophoresis to characterise and trace the prevalence of *Enterobacter sakazakii* in an infant formula processing facility. *International Journal of Food Microbiology*, 116, 73–81.
- Nortje, G.L., Nel, L., Jorjoan, E., Bodenhorst, K., Goedhart, G., Hopzapfel, W.H., Grimbeek, R.J. (1990). A quantitative survey of a meat production chain to determine the microbial profile of the final product. *Journal Food Production*; 53(5); 411-417.
- Nunes, Z.G., Martins, A.S., Altoe, A.L.F., Nishikawa, M.M., Leite, M.O., Aguiar, P.F., Fracalanza, S.E.L. (2005). Indoor air microbiological evaluation of offices, hospitals, industries and shopping centers. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*, 100(4):351-357.
- Ok Anadut, F., Gümüşsoy, K.S. Kayseride Tüketime Sunulan Kanatlı Etlerinden *Arcobacterspp.*'nin İzolasyonu. *Sağlık Bilimleri Dergisi (Journal of Health Sciences)*. 2005; 14(2) 125-31.
- Olsen, J.H., Dragsted, L., Autrup, H. (1988). Cancer Risk and Occupational Exposure to Aflatoxins in Denmark. *British Journal of Cancer*, 58: 392–396.
- Otter, J. A., Yezli, S., Perl, T. M., Barbut, F., French, G. L. (2013). The role of ‘no-touch’ automated room disinfection systems in infection prevention and control. *Journal of Hospital Infection*, 83, 1–13.
- Ökten, S.S., Asan, A., Tungan, Y., Ture, M. (2005). Airborne Fungal Concentrations in East Patch of Edirne City (Turkey) in Autumn Using Two Sampling Methods. *Trakya Univ J Sci.*, 6 (1): 97-106.
- Özden, Ö. (2005). Hava Kalitesinin Monitorlanmasında Pasif Örnekleyicilerin Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir.
- Özkara, A. (2006). Afyonkarahisar İli Merkez İlçe Hava Fungus Florasının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Afyonkarahisar.
- Öztürk, M. (2007). Partikül Madde Kirliliğinin İnsan Sağlığı Üzerine Etkisi. Ankara.
- Özyaral, O. (2003). İç ve dış ortamlardaki mantar alerjenleri. Editörler: Yeğenoğlu Y, Erturan

- Z. 3. Ulusal Mantar Hastalıkları ve Klinik Mikoloji Kongresi Tutanaklar. Ankara: Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Yayınları: 94–107.
- Özyaral, O., Keskin, Y. (2005). Kapalı Alan Atmosferinin Sağlık Üzerine Etkileri: Kakosmi (Kötü Koku) Sendromu, Astım Alerji İmmünoloji Dergisi, 3 (2) :86-96.
- Palaz, E. (2015). Mevsimsel Değişimin Çanakkale'deki Kültüre Edilebilir Biyoaerosol Kompozisyonuna Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Çanakkale.
- Palaz, E., Mentşe, S., Otkun, M.T. (2015). Biyoaerosollerin Farklı Özellikteki İç Ortamlarda Mevsimsel ve Mekansal Değişimi. 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi TESKON 2015 Bildiriler Kitabı: 1977-1982.
- Parmaksız, K. (2017). Bazı kamu kuruluşlarının iç ortam hava kalitelerinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Pascual, A., Llorca, I., Canut, A. (2007). Use of ozone in food industries for reducing the environmental impact of cleaning and disinfection activities. Trends in Food Science&Technology, 18, S29–S35.
- Pastuszka, J.S., Paw, U.K.T., Lis, D.O., Wlazlo, A., Ulfing, K. (2000). Bacterial and Fungal Aerosol in Indoor Environment in Upper Silesia, Poland. Atmospheric Environment, 34: 3833-3842.
- 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, 186 – 191.
- Pichhardt, K. (1993). Lebensmittel-Mikrobiologie, Springer Verlag, Berlin.
- Pieckova, E., Wilkins, K. (2004). Airway Toxicity of House Dust and Its Fungal Composition. Annals of Agricultural and Environmental Medicine 11: 67–73.
- Platts-Mills, T.A.E., Weck, A.L. (1989). Dust mite allergens and asthma – A World wide problem. Journal of Allergy and Clinical Immunology, 83(2). 416-422.
- Prendergast, D. M., Daly, D. J., Sheridan, J. J., McDowell, D. A., Blair, I. S. (2004). The Effect of abattoir design on aerial contamination levels and their relationship between aerial and carcass contamination levels in two Irish beef abattoirs. Food Microbiology, 21, 589–596.
- Reed, N. G. (2010). The history of ultraviolet germicidal irradiation for air disinfection. Public Health Reports, 125, 15–27.
- Salustiano, S.C., Andrade, N.L., Brandao, S.C.C., Azeredo, R.M.C., Lima, S.A.K. (2003). 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.; 34, 255-259.
- SAS Institute Inc. (2014). SAS® OnDemand for Academics: User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Schleibinger, H., Keller, R., Rüden, H. (2004). Indoor Air Pollution by Microorganisms and Their Metabolites. The Handbook of Environmental Chemistry 4: 149-177.
- Schlosser, O., Robert, S., Debeaupuis, C. (2016). Aspergillus fumigatus and mesophilic moulds in air in the surrounding environment downwind of nonhazardous waste landfill sites.
- Schramek, E. (1999). Recknagel-Sprenger Schramek- Isıtma ve klima tekniği el kitabı, TTMD: Ankara.

- Selici, A.T. (2014). İç Ortam Hava Kalitesini Etkileyen Kirletici ve Konfor Parametrelerinin Kaynakları ve Enerji Tüketimi Açısından İncelenmesi. Doktora Tezi. Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı.
- Seltzer, J.M. (1995). Biologic Contaminants. In: Seltzer, J.M., ed. Occupational medicine: state of the art reviews, effects of the indoor environment. Philadelphia, PA; Hanley&Belfus, 10(1):30.
- Serbes, A.B., Kaplan, A. (2014). The Survey of Pollen and Spore Dispersal in the Atmosphere of Düzce City. Karaelmas. Science and Engineering Journal, 4 (2): 46-58.
- Shelton, B.G., Kirkland, K.H., Flanders, W.D., Morris, G.K. (2002). Profiles of Airborne Fungi in Buildings and Outdoor Environments in the United States, Applied And Environmental Microbiology, 68:4; 1743–1753.
- Siersted, H.C., Gravesen, S. (1993). Biological particles in indoor environments, European collaborative action: Airquality and its impact on man. Report No:12.
- Spurlock, A., Zottola, E.A. (1991). The survival of *Listeria monocytogenes* in aerosols. J Food Prot; 54:910–912.
- Stanga, M. (2010). Sanitation: Cleaning and disinfection in the food industry. Weinheim: Wiley-VCH Verlag.
- Stern, A.C. (1973). Pollution and Its Effects: Air Pollution, 1. Cilt:103-104.
- Stetzenbach, L.D., Buttner, M.P., Cruz, P. (2004). Detection and enumeration of airborne biocontaminants. Current Opinion in Biotechnology; 15, 170-174.
- Sutherland, J., Varnam, A. (2002). Enterotoxin-producing *Staphylococcus*, *Shigella*, *Yersinia*, *Vibrio*, *Aeromonas* and *Plesiomonas*. CW Blackburn, PJ McClure (Eds), Food borne Pathogens. CRC press, p.384-415, Washington, DC.
- Temelli, S., Anar, Ş., Şen, M.K.C., Beyaz, D. (2005). Heat treated Turkish style sucuk: evaluation of microbial contaminations in processing steps. Uludag Univ. J. Fac.Vet. Med., 24(1-2-3-4): 81-88.
- Tünay, O. (1986). “Hava kirliliği ve kontrolü ders notları”, İTÜ Çevre Mühendisliği, İstanbul.
- Uslu, B. A. (2001). Ergonomi, Atılım Üniversitesi Yayın no:5, s.198,199,200.
- Vural, M. (2004). Yapı içi hava niteliği risk süreci modeli belirlenmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 89s.
- Wei, D.L., Jong, S.C., Shen, H.D. (1993). Indoor airborne *Penicillium* species in Taiwan. Curr Microbiol; 26: 137–40.
- Worfel, R.C., Sofos, J.N., Smith, G.C., Schmidt, G.R. (1996). Airborne bacterial contamination in beef slaughtering– dressing plants with different layouts. Dairy, Food and Environmental Sanitation 16 (7), 440– 443.
- World Health Organisation. (1998). Indoor air quality: Biological contaminants. Copenhagen, Denmark.
- World Health Organisation. (2000). Air Quality Guidelines for Europe. Second Edition, Regional Publications, European Series No: 91, Copenhagen.
- World Health Organisation. (2009). WHO Guidelines For Indoor Air Quality: Dampness And Mould, Europe.
- Wyder, A.B., Boss, R., Naskova, J., Kaufmann, T., Steiner, A., Graber, H.U. (2011). *Streptococcus* spp. And related bacteria, Clinic for Ruminants, Department of clinical veterinary medicine, University of Berne, Switzerland.

- Yan, D., Song, F., Yang, X., Jiang, Y., Zhao, B., Zhang, X. et al. (2008). Anintegrated modeling tool for simultaneous analysis of thermal performance and indoor air quality in buildings, *Building and Environment*, 43(3): 287-293.
- Yeşilyurt, C., Akcan, N. (2007). “Hava kalitesi izleme metodolojileri ve örnekleme kriterleri”, T.C. Sağlık Bakanlığı, Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi Başkanlığı Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü, [http: //www.shm.saglik.gov.tr / hki / pdf/hava_metot.pdf](http://www.shm.saglik.gov.tr/hki/pdf/hava_metot.pdf).
- Yurtseven, E., (2008). İki farklı bölgedeki ilköğretim okullarında iç ortam havasının insan sağlığına etkileri yönünden incelenmesi, Doktora Tezi, İ.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Zain, E.M. (2011). Impact of mycotoxins on humans and animals. *Journal of Saudi Chemical Society*, 15 (2): 129–144.
- Zeydan, Z.E., Zeydan, Ö., Yıldırım, Y. (2009). Hasta Bina Sendromu, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 06-09 Mayıs, İzmir.

