



Farklı inkübasyon koşullarının ve kültür ortamlarının havadaki bakteri ve mantar düzeyine etkisi

The effect of different incubation conditions and culture media on airborne bacteria and fungi level

Elif PALAZI^{1*}, Sibel MENTEŞE², Abdurrahman BAYRAM³, Melik KARA³, Tolga ELBİR³

¹Fen Bilimleri Enstitüsü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye.

eliifpalaz@gmail.com

²Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye.

sibelm@comu.edu.tr

³Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye.

abayram@deu.edu.tr, melik.kara@deu.edu.tr, tolga.elbir@deu.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 30.06.2022

Düzeltilme Tarihi/Revision: 28.11.2022

doi: 10.5505/pajes.2022.59153

Kabul Tarihi/Accepted: 08.12.2022

Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Havadaki bakteri ve mantarların örneklemede kullanılan besiyerlerinin seçimi, bakteri ve mantarların nitel ve nicel olarak doğru belirlenmesine etki eden en önemli faktördür. Bu çalışmada, 8 ayrı besiyeri türü kullanılarak İzmir kent merkezi havasında eş zamanlı bakteri ve mantar örnekleri toplanmıştır. Bakteri örnekleri, Columbia blood agar (CBA), Chocolate agar (Choc), Tryptone Glucose Yeast Extract Agar (TGEA), Reasoner's 2A agar (R2A) ve Plate Count Agar (PCA) besiyerleri üzerinde toplanmış ve bu örnekler için iki farklı inkübasyon sıcaklığı ve süresi uygulanarak bakterilerin gelişimi 2 gün boyunca 37 °C ve 2 ile 15 gün arasında 50 °C sıcaklıkta takip edilmiştir. Mantar örnekleri için ise Malt-Extract Agar (MEA), Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol (DRBC) ve Potato Dextrose Agar (PDA) besiyerleri kullanılmıştır. Bunların tamamı ise 25 °C'de 3-7 gün inkübe edilmiştir. İnkübasyon süreleri sonunda besiyerlerinde üreme gözlenen koloni sayıları ve toplam bakteri ve mantar konsantrasyonları belirlenmiştir. İnkübasyon sıcaklığının PCA hariç ($p>0.05$) diğer besiyerlerinde toplam bakteri konsantrasyonlarını etkilediği belirlenmiştir. Üç besiyerinde toplanan mantar örneklerinde en çok gözlenen cins *Cladosporium* sp'dir. Koloni sayısı bakımından besiyerleri PDA>MEA>DRBC şeklinde sıralanmıştır. Mantarlar arasında *Chrysosporium* sp. cinsinin MEA besiyerinde oluşturduğu koloni sayısı, PDA ve DRBC besiyerlerinden yaklaşık 10 kat daha fazladır. Eş zamanlı toplanan örnekler için kullanılan besiyerlerinde maksimum sayıda izole edilen mantar cinsi sıralaması MEA>DRBC>PDA şeklindedir. Bu çalışma, incelediği besiyeri ve inkübasyon koşulları çeşitliliği ile gelecekte kentsel bölgelerde yapılacak bakteri ve mantar örneklemlerine yön göstereceği gibi ekstrem koşullara (50 °C) dayanabilen havadaki dirençli mikroorganizmaların farklı inkübasyon koşulları altında konsantrasyonlarının belirlendiği ilk çalışma niteliğindedir. Ayrıca, bu çalışma son yıllarda Dünya Sağlık Örgütü'nün Antimikrobiyal Direnç tehdidine karşı ülkeleri mücadeleye davet etmesi sebebiyle de önemlidir.

Anahtar kelimeler: Hava kaynaklı bakteri, Hava kaynaklı mantar, Besiyeri, İnkübasyon koşulları, İzmir.

Abstract

The choice of culture media used for airborne bacteria and fungi sampling is the most critical factor that quantitatively affects the determination of bacteria and fungi. In this study, simultaneous bacterial and fungal samples were collected in the air of İzmir city center using eight different media types. Bacterial samples were collected on Columbia blood agar (CBA), Chocolate agar (Choc), Tryptone Glucose Yeast Extract Agar (TGEA), Reasoner's 2A agar (R2A) and Plate Count Agar (PCA) media, and these samples were conditioned at two different incubation temperatures and periods. The growth of bacteria was followed at 37 °C for 2 days and at 50 °C between 2 and 15 days. Malt-Extract Agar (MEA), Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol (DRBC) and Potato Dextrose Agar (PDA) media were used for fungi samples. All fungal samples were incubated at 25 °C for 3-7 days. At the end of the incubation period, the number of colonies and total bacteria and fungi concentrations was determined. The incubation temperature was determined to affect the total bacteria concentrations in other media except for PCA ($p>0.05$). *Cladosporium* sp was the most frequently observed genus in fungal samples collected on three media. In terms of colony numbers, the media were sorted as PDA>MEA>DRBC. Among the fungi, the number of colonies of *Chrysosporium* sp. formed in the MEA medium was approximately ten times higher than in PDA and DRBC. The order of the maximum number of isolated fungi in the media used for the samples collected simultaneously is MEA>DRBC>PDA. This research is the first study to determine the concentrations of stable bacteria and fungi that can withstand extreme conditions (50 °C) under different incubation conditions, as it will guide future airborne microorganism sampling in urban areas with the variety of media and incubation conditions it has examined. In addition, this study is also important because the World Health Organization has invited countries to fight against the threat of Antimicrobial Resistance in recent years.

Keywords: Airborne bacteria, Airborne fungi, Culture media, Incubation conditions, İzmir.

1 Giriş

Son yıllarda artan küresel sağlık sorunları ve yaşanan pandemiler nedeniyle biyoaerosollerini inceleyen çalışmaların sayısı artmıştır. Atmosferik aerosollerin önemli bir bölümünü oluşturan biyoaerosoller; bakteri, mantar, virüs, polen gibi

biyolojik materyalleri içermektedir. Biyoaerosollerini konu alan çalışmalar özellikle hastalıklara neden olduğu bilinen bakteri ve mantarlar üzerine yoğunlaşmıştır [1]. Bu araştırmalar bakteri ve mantarların iklim, halk sağlığı ve atmosferdeki kimyasal ve fiziksel süreçler üzerindeki bölgesel etkisini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir [1]-[14]. Örneğin kent

*Yazışılan yazar/Corresponding author

merkezlerinde yapılan bazı araştırmalar, nüfusun ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerdeki bakteri konsantrasyonlarının insan aktivitesini daha az olan bölgelere göre yüksek olduğunu göstermiştir [15]-[17]. Bazı çalışmalar ise kırsal bölgelerde ve tarımsal alanlarda mantar konsantrasyonlarının daha yüksek olduğunu göstermiştir [18]-[20].

Biyoaerosollerin insan faaliyetlerine ve iklimsel koşullara bağlı olarak atmosferdeki düzeylerinin değiştiği bilinmektedir [21], [22]. Bu nedenle bugüne kadar farklı özelliklerdeki bölgelerde atmosferik biyoaerosol örnekleme yapılmıştır. Örneğin, Vietnam'ın Ho Chi Minh kentinde dört farklı bölgede (yol, hayvanat bahçesi, konut ve kırsal alan) biyoaerosollerin çevresel faktörlerle ilişkisi ve bunların mevsimsel değişimleri araştırılmıştır [23]. Bu çalışmada en yaygın bakteri türleri *Staphylococcus aureus*, *Mycobacterium smegmatis* ve *Micrococcus* türleri bulunmuştur. Pasif örnekleme yöntemi ile toplanan bakteri seviyelerinin aktif örnekleme ile toplanan seviyelerden belirgin şekilde daha yüksek olduğu görölmüş; hafta içi biyoaerosol seviyelerinin hafta sonlarına göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Aynı çalışmada yaygın mantar türleri *Aspergillus* sp., *Penicillium janthinellum* ve *Fusarium solani* olarak belirlenmiştir. Kuru mevsimde hem havadaki bakteriler hem de mantar konsantrasyonları daha yüksek seviyelere ulaşmıştır. Sonuçlar, ortam koşullarının (sıcaklık, bağlı nem ve CO₂) ortam havasındaki biyoaerosol seviyeleri üzerinde güçlü etkilerinin olduğunu göstermiştir [23]. Bir diğer çalışmada, bakterilerin canlılığı ile sıcaklık, CO, SO₂, NO₂, PM_{2.5}, PM₁₀ ve hava kalitesi indeksi parametreleri arasında önemli bir ilişki olduğu ortaya konmuştur [24].

Farklı örnekleme noktaları, farklı atmosferik katmanlar ve farklı örnekleme yöntemleri kullanılarak yapılan araştırmalar olduğu gibi; farklı kültür ortamlarının veya farklı inkübasyon koşullarının biyoaerosol konsantrasyonuna etkisini araştıran çalışmalar da literatürde mevcuttur [25]-[30]. Bu araştırmalarda her ne kadar birden fazla besiyeri birlikte kullanılsa da bu çalışmada kullanılan spesifik besiyerlerinin birlikte mukayese edildiği başka bir çalışmaya rastlanmamıştır. Literatürde yer alan çalışmalarda daha ziyade CBA, DG18, SDA, TSA, PDA ve MEA besiyerleri kullanılmış olup; genellikle sıcaklık ve pH gibi inkübasyon koşulları incelenmiştir. İki farklı besiyerini birlikte değerlendirerek havadaki mantarların incelendiği bir çalışmada; DRBC'de SDA besiyerinden daha fazla koloni oluşturduğu tespit edilmiştir [28]. Diğer bir çalışmada ise dış ortam havasından toplanan örneklerde 10 bakteri türü ve 15 mantar cinsi tanımlanmıştır [30]. Bakterilerin ve mantarların izolasyonunda farklı kültür ortamları, pH ve sıcaklığın etkisi araştırılmıştır. Bakterilerin maksimum üreme koşullarının her iki besiyerinde de (Nutrient Broth ve Trypticase Soya broth) pH'nın 7 ve sıcaklığın 35 °C'de olduğu tespit edilmiştir. Mantarlar için ise PDA, SDA and CDA besiyerleri kullanılmış ve maksimum üreme koşullarına SDA besiyerinde pH 6'da ve 6 günlük inkübasyon süresinde rastlanmıştır[30]. Bu çalışma, farklı besiyerlerinin ve farklı inkübasyon koşullarının kültür edilebilir;

- i. Bakteri konsantrasyonlarına ve,
- ii. Mantar konsantrasyonlarına ve cinsleri üzerine etkisini araştırmayı amaçlamaktadır. Birçok bakteri türünün aşırı tuzlu, aşırı asidik/bazik, yüksek radyasyon alanında veya aşırı sıcak/soğuk ortamlarda yaşayabildiği bilinmektedir [31],[32].

Bu çalışmada kullanılan besiyerlerinin seçiminde, özellikle yüksek sıcaklık, basınç ve ekstrem atmosferik koşullara

dayanıklı olduğu bilinenler üzerine yoğunlaşılmıştır. Eş zamanlı olarak bakteri için 5 farklı seçici besiyeri (CBA, Choc, TGEA, R2A ve PCA) ve 2 farklı inkübasyon sıcaklığı (37 °C ve 50 °C); mantarlar için 3 farklı besiyeri (DRBC, MEA ve PDA) kullanılarak kültüre edilebilir biyoaerosol konsantrasyonları detaylı olarak incelenmiştir. İlaveten, inkübasyon süresi bakteri ve mantar üremesinin gözlenebilmesi için gerektiğinde uzatılmıştır. Çalışmada kullanılan besiyerleri ve inkübasyon koşulları önceki çalışmalarda kıyaslanan kültür ortamları ve koşullarından farklı olması nedeniyle önemlidir. Ayrıca, çalışılan bölgede dış ortam havasında bakteri ve mantar düzeyini belirlemeye yönelik gerçekteştirilen sınırlı sayıda çalışma olması bu çalışmayı önemli kılan bir diğer noktadır.

2 Yöntem ve gereç

2.1 Çalışma alanı

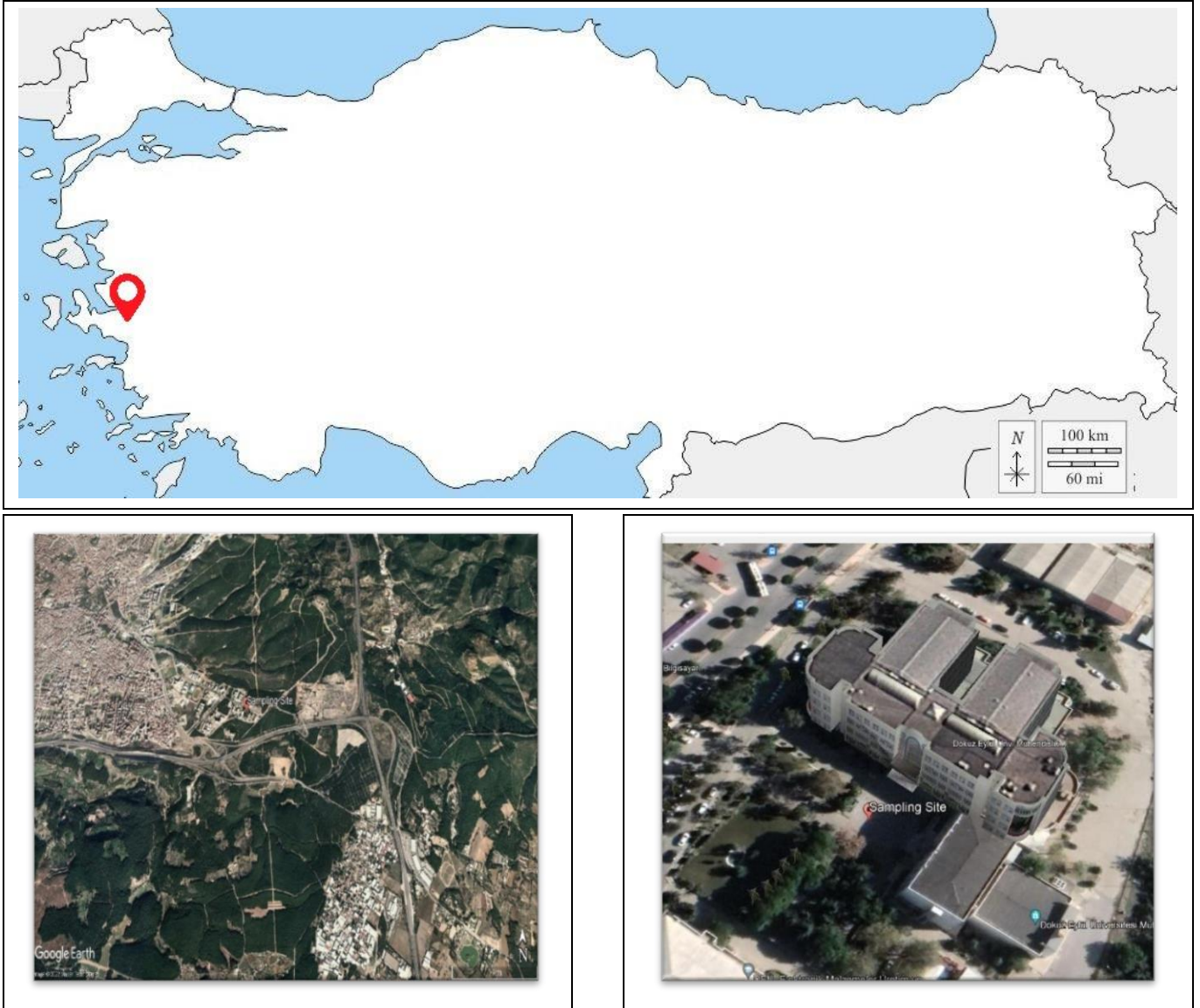
Bakteri ve mantar örnekleri İzmir'in Buca ilçesinde bulunan ve 32 bine yakın öğrencisi ile Dokuz Eylül Üniversitesi'nin en büyük yerleşkesi durumunda olan Tınaztepe Yerleşkesinde, havadan alınmıştır. Örnekleme noktası, Mühendislik Fakültesi binası yakınında bir nokta olup açık alandadır. Örnekleme noktası en yakın yerleşim yerine 2 km uzaklıkta olup; yeşil alanların yakınında, düşük trafik akışına ve örnekleme döneminde yaşanan pandemi koşulları nedeniyle görece daha az insan aktivitesinin bulunduğu bir bölgede yer almaktadır. Yerleşkenin konumu Şekil 1'de görölmektedir.

Örnekleme bölgesinde Akdeniz iklimi hâkim olup kar yağışı ve don çok nadir görölmektedir. Bölgede yıllık ortalama yağış miktarı 710.5 mm olup, kuzeyli rüzgarlar hakimdir. Kentte görölen en düşük ve en yüksek yıllık ortalama sıcaklık değerleri 13.5 °C ve 22.7 °C'dir [33].

Ulusal hava kalitesi izleme ağı içinde örnekleme noktasına en yakın istasyon, 6 km uzaklıktaki Şirinyer istasyonudur. Bu istasyon şehir merkezinde olup, trafik ve evsel ısınma kaynaklarından doğrudan etkilenmektedir. Çalışmada bu istasyonda ölçölmüş saatlik partikül madde (PM₁₀) konsantrasyonları kullanılmıştır. Örnekleme noktasına en yakın meteoroloji istasyonu ise Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait İzmir Buca istasyonu olup, bu istasyonda ölçölmüş saatlik rüzgâr yönü ve hız verileri de yine çalışma kapsamında kullanılmıştır.

2.2 Örnekleme ve analiz

Bakteri ve mantar örnekleri 10 Eylül-16 Ekim 2020 tarihleri arasında, yerden 1.5 m yükseklikte Andersen tipi tek kademeli bir biyoimpaktör (QuickTake30, SKC Co.) kullanılarak toplanmıştır. Örnekleme sırasında olası kontaminasyonları önlemek için örnekleme cihaz sterilize edilmiş, çalışma sırasında her bir besiyeri hava ile teması önlemek amacıyla parafilm ile sarılmıştır. Örnekleme cihazının debisi sabit akışlı olup (28.3 L/dk.) ve her bir besiyeri için örnekleme süresi 5 dk. olarak seçilmıştir. Bakteri ve mantar örnekleri için en düşük konsantrasyon değerleri (LOD) 7 CFU/m³tür. Tüm örnekleme öğle (12:00-14:00) ve akşam (16:00-18:00) saatlerinde yapılmıştır. Örnekleme dönemi boyunca öğle saatlerinde 13 kez ve akşam saatlerinde 12 kez olmak üzere her besiyerinde toplam 25'er bakteri ve mantar örneği toplanmıştır. Bakteri konsantrasyonlarının belirlenmesi için kullanılan beş farklı besiyeri üzerine ve iki farklı inkübasyon sıcaklık koşulunun test edilmesi için dış havadan örnekler 5'er dk'lık aralıklarla ardışık olarak alınmıştır. Böylece, her inkübasyon sıcaklığı ve her kültür ortamı için toplam 25 numune toplanmıştır.



Şekil 1. Örnekleme alanının konumu.

Figure 1. Location of sampling site.

Aynı ortam için her besiyerinde toplanan numuneler etüvde (Nuve FN-055) 37 °C ve 50 °C olmak üzere iki farklı inkübasyon sıcaklığında ayrı olarak inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresi 37 °C için 2 gün olarak seçilmiştir. 50 °C için optimum inkübasyon süresini bulmak amacıyla 2 ila 15 gün arasında koloni oluşturma durumları takip edilmiştir.

Dış ortam havasından mantar örneklerini toplamak için üç farklı besiyeri (DRBC, PDA ve MEA) kullanılmıştır. Örnekleme dönemi boyunca üç besiyeri üzerinde toplam 75 adet mantar örneği toplanmıştır. Mantar örnekleri 25 °C'de inkübe edilmiştir. DRBC üzerinde toplanan mantar örnekleri 5-7 gün boyunca; PDA ve MEA besiyerlerinde toplanan mantarlar ise 3-5 gün boyunca inkübe edilmiştir. Hava örneklerinden izole edilen mantarlar cins düzeyinde mikrobiyolojik atlaslar yardımı ile hem mikroskopik (ZEISS Primo Yıldız Mikroskobu), hem de makroskopik incelemeler yapılarak tanımlanmıştır [34].

İnkübasyon periyodundan sonra besiyerleri üzerinde tüm cinsler için koloni sayımı gerçekleştirilmiş ve havadan izole

edilen bakteri ve mantar düzeyi koloni oluşturma birimi (CFU/m³) olarak hesaplanmıştır.

Örnekleme yapılan günlere ait bilgiler Tablo 1'de verilmiştir. Örnekleme sırasında ortam hava sıcaklığı (°C) ve bağıl nem (%) değerleri düzenli olarak bir higrometre ile (Testo-608-H1) kaydedilmiştir. Biyoaerosol örnekleme süresince hava sıcaklığı 23.3 ila 35.0 °C arasında ve bağıl nem seviyesi %22.2 ila %54.8 arasında değişmiştir.

2.3 Verilerin değerlendirilmesi

Verilerin değerlendirilmesinde SPSS yazılımı kullanılmıştır. Bir besiyerinde maskeleyen etkisi olmadan sayılabilecek azami koloni sayısı 200 olarak kabul edildiği için havadan izole edilen bakteri veya mantar konsantrasyonu için üst limit 1400 CFU/m³ olarak kabul edilmiştir [10],[11].

Tablo 1. Örnekleme programı.

Table 1. Sampling program.

Örnekleme Tarihi	Hafta içi/sonu	Periyod	Bağıl Nem (%)	Sıcaklık (°C)
10-09-2020	Hafta içi	Öğle	44.7	30.3
11-09-2020	Hafta içi	Öğle	46.9	29.3
		Akşam	40.9	32.4
13-09-2020	Hafta sonu	Öğle	50.2	30.3
		Akşam	51.3	29.7
16-09-2020	Hafta içi	Öğle	50.7	29.6
		Akşam	48.1	29.8
18-09-2020	Hafta içi	Öğle	48.5	28.2
		Akşam	43.3	30.4
21-09-2020	Hafta içi	Öğle	54.8	25.6
		Akşam	47.0	29.0
25-09-2020	Hafta içi	Öğle	43.0	29.1
		Akşam	36.9	29.1
26-09-2020	Hafta sonu	Öğle	46.1	27.2
		Akşam	29.9	35.0
01-10-2020	Hafta içi	Öğle	27.1	25.8
		Akşam	33.8	25.3
02-10-2020	Hafta içi	Öğle	27.2	27.5
		Akşam	22.2	30.9
03-10-2020	Hafta sonu	Öğle	33.1	25.3
		Akşam	30.7	28.6
07-10-2020	Hafta sonu	Öğle	39.4	28.7
		Akşam	26.6	34.6
16-10-2020	Hafta sonu	Öğle	41.7	23.3
		Akşam	30.3	30.0

Veri seti bu koşula göre düzenlendikten sonra tanımlayıcı istatistikler hesaplanarak parametreler arasındaki ilişkileri belirlenmiş, bu amaçla varyans analizi (ANOVA), Spearman Rank korelasyonu ve eşli t-testi gibi istatistiksel analizler kullanılmıştır. Anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak kabul edilmiştir.

3 Sonuçlar ve tartışma

3.1 Bakteri ve mantar konsantrasyonlarının değişimi

Çalışma sonucunda dış ortam havasındaki toplam bakteri konsantrasyonlarının < 7 CFU/m³ ile 1400 CFU/m³ aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Besiyerleri üzerindeki toplam bakteri konsantrasyonları (TBK) ortalama olarak PCA'da 183 CFU/m³, CBA'da 88 CFU/m³, Choc.'da 153 CFU/m³, R2A'da 126 CFU/m³ ve TGEA'da 157 CFU/m³ olarak gözlenmiştir (Tablo 2). Literatürde yapılan diğer çalışmalarda da dış ortam

havasındaki bakteri konsantrasyonları benzer aralıkta bulunmuştur [11], [39].

Çalışma süresince havadaki toplam mantar konsantrasyonu (TMK) ise 70 ile 1400 CFU/m³ arasında değişmiştir (Tablo 2). TMK ortalaması DRBC besiyerinde 514 CFU/m³, PDA'da 530 CFU/m³ ve MEA'da 522 CFU/m³ olarak belirlenmiştir. İzmir'in farklı ilçelerindeki dış ortam havasındaki polen ve mantar miktarlarının karşılaştırıldığı bir çalışmada, en yüksek mantar konsantrasyonu (521±777 CFU/m³) Karşıyaka ilçesinde; en düşük mantar konsantrasyonları ise Buca ve Bornova ilçelerinde gözlenmiştir (48±308 CFU/m³). İzmir ili genelindeki ortalama mantar konsantrasyonu ise yine aynı çalışmada 502±487 CFU/m³ olarak belirlenmiştir [35].

Tablo 3'te meteorolojik parametreler (hava sıcaklığı ve bağıl nem ile rüzgâr hızı) ile bakterilerin inkübasyon sıcaklığının farklı besiyerlerinde izole edilen toplam bakteri ve mantar düzeyleri ile Şirinyer hava kalitesi ölçüm istasyonunda örnekleme döneminde eş-zamanlı olarak ölçülen PM₁₀ seviyelerine göre değişimi verilmiştir.

Toplam mantar konsantrasyonu (TMK) toplam bakteri konsantrasyonundan yaklaşık 3-6 kat daha yüksek bulunmuştur (Tablo 2 ve 3). Her üç besiyerinde gözlenen ortalama TMK düzeyleri benzer olarak bulunmuştur. En yüksek TMK düzeylerini 3 besiyerinde de rüzgâr hızı 5 m/s'den yüksek olduğunda gözlenirken; rüzgâr hızının TBC düzeyleri üzerinde belirli bir değişim eğiliminin olmadığı söylenebilir. Hava sıcaklığının bakteri ve mantar düzeyleri üzerinde etkisi kullanılan besiyerlerine göre değişim göstermektedir. Bağıl nem düzeyinin %40'ı aşması durumunda tüm besiyerlerinde ortalama bakteri konsantrasyonu azalırken; ortalama mantar konsantrasyonları artış göstermektedir. İnkübasyon sıcaklığı 37 °C'den 50 °C'ye çıkarıldığında ortalama bakteri konsantrasyonu tüm besiyerlerinde azalmıştır.

Tablo 2'de örnekleme periyodu boyunca saatlik PM₁₀ konsantrasyonları da verilmiştir. Buna göre, PM₁₀ düzeyleri 11-68 µg/m³ arasında (ortalama 37.6 µg/m³) değişim göstermiştir. Tablo 3'te görüldüğü üzere; en yüksek PM₁₀ düzeyleri 5 m/s'den yüksek rüzgâr hızında, 30 °C'den yüksek hava sıcaklığında ve %40'tan yüksek bağıl nem düzeylerinde gözlenmiştir.

3.2 Farklı kültür ortamlarının havadaki bakteri ve mantar düzeyine etkisinin karşılaştırılması

Şekil 2'de farklı besiyerlerinde toplanan TBK gösterilmiştir. TBK (CFU/m³) düzeyleri, kullanılan besiyeri ortamı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermemiştir ($p > 0.05$). Eşzamanlı olarak alınan hava örnekleri için yapılan eşli t-testi sonucuna göre, yalnızca CBA-Choc ve CBA-PCA besiyerinde tespit edilen TBK düzeyleri istatistiksel olarak anlamlı fark göstermiştir ($p < 0.05$).

Tablo 2. Farklı besiyerlerinde toplanan TBK ve TMK ile PM₁₀ konsantrasyonlarının tanımlayıcı istatistikleri.

Table 2. Descriptive statistics for TBC, TMC and PM₁₀ concentrations.

Parametre	TBK (CFU/m ³)					TMK (CFU/m ³)			PM ₁₀ (µg/m ³)
	PCA	CBA	Choc	R2A	TGEA	DRBC	PDA	MEA	
Ortalama	183.1	87.8	152.6	126.1	157.2	514.1	530.3	522.5	37.6
SD	268.4	121.3	268.1	145.5	259.3	449.4	437.7	444.1	15.8
Min	<7 ^a	<7 ^a	<7 ^a	<7 ^a	<7 ^a	112	49	70	10.6
Maks	1400	602	1400	756	1400	1400	1400	1400	67.9

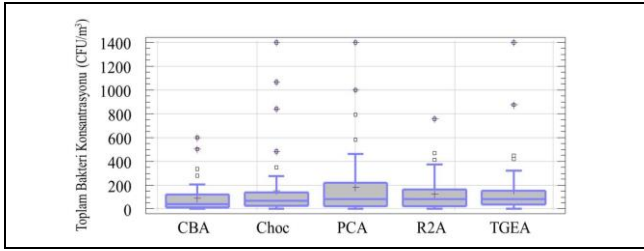
SD: Standard sapma, min: Minimum. Maks: Maksimum, ^a: Besiyerinde koloni oluşumu gözlenmedi.

Tablo 3. Rüzgâr hızı, hava sıcaklığı, bağıl nem ve inkübasyon sıcaklığına göre ölçülen TBK ile TMK ve PM₁₀ seviyelerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler*.

Table 3. Descriptive statistics for TBC, TMC and PM₁₀ concentrations according to day, WS, TEM, RH, and incubation temperature (mean±sd (min-max))*.

Parametre (n)	TBK (CFU/m ³)					TMK (CFU/m ³)			PM ₁₀ (µg/m ³)
	PCA	CBA	Choc	R2A	TGEA	DRBC	PDA	MEA	
Rüzgâr Hızı (m/s)									
< 3 (18)	168 ± 216 (<7-791)	89 ± 133 (<7-504)	128 ± 198 (<7-840)	110 ± 117 (<7-463)	149 ± 225 (<7-875)	289 ± 160 (112-588)	295 ± 195 (49-616)	278 ± 225 (70-819)	34 ± 20 (11-68)
3 - 5 (20)	179 ± 228 (<7-1000)	102 ± 138 (<7-602)	181 ± 316 (7-1400)	143 ± 178 (14-756)	175 ± 320 (<7-1400)	523 ± 459 (168-1400)	561 ± 450 (168-1400)	536 ± 390 (133-1400)	37 ± 14 (17-67)
> 5 (12)	212 ± 397 (<7-1400)	63 ± 63 (7-203)	143 ± 292 (14-1064)	123 ± 133 (<7-371)	127 ± 152 (<7-420)	838 ± 546 (126-1400)	833 ± 503 (294-1400)	867 ± 557 (238-1400)	44 ± 10 (32-64)
Hava Sıcaklığı (°C)									
< 28 (15)	136 ± 156 (<7-462)	88 ± 150 (<7-602)	194 ± 354 (<7-1400)	124 ± 113 (7-350)	207 ± 394 (<7-1400)	509 ± 421 (147-1372)	573 ± 517 (49-1400)	518 ± 467 (70-1400)	29 ± 10 (11-41)
28 - 30 (21)	230 ± 262 (<7-1000)	96 ± 97 (<7-336)	134 ± 197 (<7-840)	157 ± 185 (14-756)	137 ± 126 (<7-448)	547 ± 497 (126-1400)	521 ± 413 (168-1400)	533 ± 455 (126-1400)	39 ± 17 (17-68)
> 30 (14)	164 ± 365 (<7-1400)	76 ± 128 (<7-504)	137 ± 271 (14-1064)	83 ± 98 (<7-371)	106 ± 137 (<7-420)	470 ± 431 (112-1400)	499 ± 410 (140-1400)	511 ± 435 (98-1400)	44 ± 16 (19-64)
Bağıl Nem (%)									
< 40 (22)	235 ± 334 (<7-1400)	120 ± 168 (<7-602)	186 ± 330 (<7-1400)	127 ± 119 (<7-469)	207 ± 337 (<7-1400)	461 ± 466 (112-1400)	445 ± 471 (49-1400)	430 ± 479 (70-1400)	33 ± 20 (11-67)
≥ 40 (28)	142 ± 200 (<7-1000)	63 ± 57 (<7-203)	127 ± 210 (7-1064)	125 ± 165 (<7-756)	96 ± 85 (<7-322)	556 ± 440 (126-1400)	598 ± 405 (168-1400)	595 ± 409 (133-1400)	41 ± 10 (27-68)
Inkübasyon sıcaklığı (°C)									
37 (25)	238 ± 296 (21-1400)	146 ± 146 (14-602)	250 ± 351 (<7-1400)	168 ± 125 (21-469)	264 ± 334 (35-1400)				
50 (25)	131 ± 232 (<7-1000)	30 ± 39 (<7-119)	56 ± 65 (<7-273)	84 ± 155 (<7-756)	51 ± 53 (<7-154)				

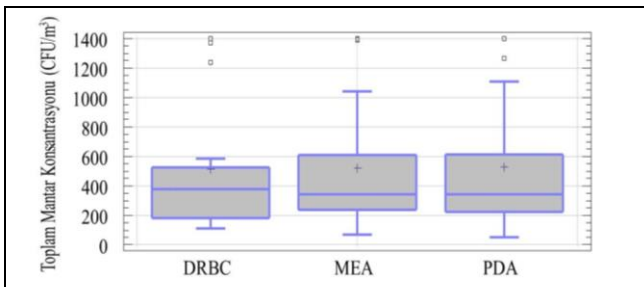
*: ort ± sd (min - maks).



Şekil 2. Besiyeri türlerine göre TBK düzeylerinin değişimi (CFU/m³) (p>0.05).

Figure 2. TBC concentrations (CFU/m³) according to the sampled culture media (p>0.05).

Şekil 3'te farklı besiyerlerinde toplanan mantar örneklerindeki TMK seviyelerinin değişimi değerleri gösterilmiştir. TMK (CFU/m³) düzeyleri, örneklemede kullanılan besiyeri türüne göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermemiştir (p>0.05).



Şekil 3. Besiyeri türlerine göre TMK düzeylerinin değişimi (CFU/m³) (p>0.05).

Figure 3. TMC concentrations (CFU/m³) according to the sampled culture media (p>0.05).

Besiyeri türünden bağımsız olarak çalışma süresi boyunca maya ve steril hif dahil olmak üzere toplam 23 mantar cinsi gözlenmiştir (Tablo 4). PDA, DRBC ve MEA kültür ortamlarında tespit edilen mantar cinslerinin toplam koloni miktarı (CFU/m³) değişkenlik göstermektedir.

Tablo 4. PDA, DRBC ve MEA besiyerleri kullanılarak eş zamanlı olarak alınan tüm örneklerden izole edilen mantar cinslerinin toplam konsantrasyonu (CFU/m³).

Table 4. Total numbers of colony (CFU/m³) of each fungi genus collected simultaneously by PDA, DRBC, and MEA from all samples.

Cins	Toplam Konsantrasyon (CFU/m ³)		
	PDA	DRBC	MEA
<i>Cladosporium</i> sp.	10948	7868	9233
<i>Chrysosporium</i> sp.	182	126	1953
<i>Penicillium</i> sp.	728	1554	497
Maya	476	1357	252
<i>Aspergillus</i> sp.	910	1169	777
<i>Alternaria</i> sp.	399	882	455
<i>Bipolaris</i> sp.	91	98	203
<i>Acremonium</i> sp.	154	63	56
<i>Botrytis</i> sp.	133	49	84
<i>Fusarium</i> sp.	42	63	119
<i>Geotrichum</i> sp.	42	42	112
<i>Drechslera</i> sp.	0	0	84
<i>Microsporium</i> sp.	91	7	0
Steril hif	28	0	56
<i>Chrysonilia</i> sp.	21	7	49
<i>Mucor</i> sp.	49	0	7
<i>Trichoderma</i> sp.	0	49	0
<i>Ulocladium</i> sp.	0	28	0
<i>Rhizopus</i> sp.	0	14	21
<i>Rhizomucor</i> sp.	0	7	21
<i>Exserophilium</i> sp.	21	0	0
<i>Trichotechium</i> sp.	0	21	0
<i>Nigrospora</i> sp.	0	14	0

Not: Her bir kültür ortamı için 25 adet örnek alınmıştır. Baskın mantar cinslerinin besiyerlerinde gözlemlendiği maksimum konsantrasyon değerleri koyu renk ile gösterilmiştir.

Her üç kültür ortamında da en fazla miktarda bulunan mantar cinsi *Cladosporium* sp. ($>7 \times 10^3$ CFU/m³) olmuştur ve sırasıyla en yüksek koloni miktarı PDA, MEA ve DRBC'de gözlenmiştir. MEA üzerinde toplanan *Chrysosporium* sp.'nin koloni sayısı (2×10^3 CFU/m³), PDA ve DRBC'de toplanan miktardan yaklaşık 10 kat daha yüksektir. DRBC'de *Penicillium* sp., maya, *Aspergillus* sp. ve *Alternaria* sp. cinslerinin PDA ve MEA'ya göre daha fazla koloni oluşturduğu gözlenmiştir.

Diğer mantar cinsleri, üç kültür ortamında da değişken miktarda koloni oluşturmuştur. Yapılan ANOVA testi sonuçlarına göre, üç kültür ortamında toplanan ortalama *Penicillium* sp. seviyesi ile baskın mantar cinsleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Hastanede yapılan bir çalışmada iki farklı besiyeri (DG18 ve MEA) kullanılmış olup, DG18'de MEA besiyerine göre daha fazla mantar türü bulunduğu ve *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Cladosporium* sp., maya ve steril hif cinsleri DG18'de MEA'dan daha fazla bulunduğu belirlenmiştir [25]. Benzer şekilde, başka bir çalışmada da *Aspergillus* sp. cinsinin DG18'deki MEA ortamından daha iyi şekilde üreme gösterdiği bulunmuştur [36]. Farklı besiyerleri ve farklı koşulların mantarlar üzerindeki etkisini araştıran bir diğer çalışmada ise; mezofilik (30-40 °C) mantarlar için MEA ve kseroofilik mantarlar (su aktivitesi (a_w) 0.8'in altında, kuru koşullara dayanıklı) için 0.1 g/L Chloramphenicol içeren Dichloran Glycerol Agar (DG18) Oxoid CM729 seçici kültür ortamlarını kullanmışlardır. Araştırmacılar dış ortam havasında *Cladosporium* sp., *Penicillium* sp. ve *Aspergillus* sp. mantar türlerinin makroskobik ve mikroskobik olarak miktarlarını tespit etmişler ve yıllık ortalama mantar konsantrasyonunu mezofilik mantarlar için 5.8×10^2 CFU/m³, kseroofilik mantarlar için 3.9×10^2 CFU/m³ olarak bulmuşlardır [26].

Bu çalışmada gözlenen mantar cinsleri arasında *Drechslera* sp., *Nigrospora* sp., *Trichotichium* sp., *Trichoderma* sp. ve *Ulocladium* sp. sadece tek bir besiyerinde gözlenirken; *Microsporium* sp., *Mucor* sp., *Rhizomucor* sp. ve *Rhizopus* sp. iki farklı besiyerinde gözlenmiştir. Yapılan bir çalışmada *Cladosporium* sp., maya, *Acremonium* sp., *Fusarium* sp., *Scopulariopsis* sp., *Drechslera* sp., *Scopulariopsis* sp., *Geotrichum* sp., *Cunninghamella* sp. ve *Trichoderma* sp. cinsleri DRBC besiyerinde kültürlenirken; eş zamanlı alınan SDA-CHX-CHL (Sabouraud dextrose agar with cycloheximide and chloramphenicol) besiyerinde bu cinsler gözlemlenmemiştir [28]. Üç kültür ortamından eşzamanlı olarak toplanan mantar örnekleri için besiyerinde izole edilen mantar cinsi sayıları Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Eş zamanlı olarak üç farklı besiyerinde toplanan mantar örneklerinden izole edilen mantar cinsi sayılarının karşılaştırması.

Table 5. Number of isolated colonies for the fungi samples collected simultaneously on three culture media.

Parametre	Min.	Maks.	Ort.	SD
Bir petride izole edilen cins sayısı				
PDA	3	7	5	0.99
DRBC	3	8	5	1.14
MEA	3	7	5	1.22
İzole edilen cins sayısının oranı ^a				
nMEA/nDRBC	1	2	1	0.38
nDRBC/nPDA	0	2	1	0.34
nMEA/nPDA	1	2	1	0.34

^a: Eş zamanlı olarak alınan her örnek için hesaplanmıştır. Her bir besiyeri için n=25 kabul edilmiştir.

Her üç kültür ortamında da minimum 3 ve ortalama 5 mantar cinsi izole edilmiştir. En yüksek miktarda koloni oluşumu DRBC'de gözlenmiştir. Eş zamanlı olarak toplanan örnekler için her bir kültür ortamında maksimum sayıda izole edilen mantar cinsi sıralaması MEA>DRBC>PDA şeklindedir.

3.3 İnkübasyon sıcaklığının havadaki bakteri düzeyine etkisinin belirlenmesi

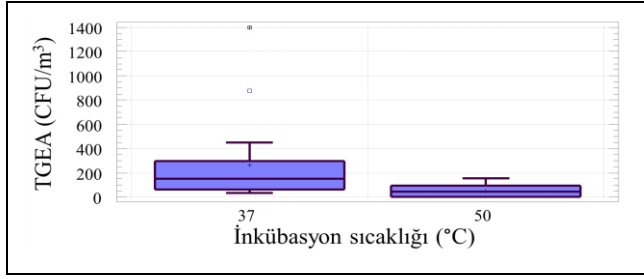
Choc, CBA, TGEA, R2A ve PCA besiyerleri üzerine toplanan hava örneklerinden biri 2 gün boyunca 37 °C'de, diğeri ise 50 °C'de 2 ile 15 gün arasında koloni oluşum durumları gözlemlenecek şekilde inkübasyona tabi olmuştur. Her kültür ortamı için inkübasyon sıcaklığının (37 °C ve 50 °C) TBK düzeyine etkisi araştırılmıştır. Beş besiyerinde de inkübasyon sıcaklığının 37 °C olması durumunda, 50 °C'lik sıcaklığa göre daha fazla koloni oluşumu gözlenmiştir. Şekil 4'ten görüleceği üzere, havadan kaynaklı bakteri izolasyonunda kullanılan PCA besiyeri hariç ($p > 0.05$) diğer 4 besiyeri üzerinde etkisinin olduğu istatistiksel olarak belirlenmiştir ($p < 0.05$).

50 °C'lik inkübasyon sıcaklığı optimum inkübasyon süresi TGEA, PCA ve R2A besiyerlerinde 3-5 gün aralığında değişmekteyken; ilk 4 gün boyunca bakteriler Choc ve CBA besiyerlerinde hiç koloni oluşturmamıştır. Choc ve CBA besiyerlerinde 5. günden itibaren koloni oluşumu gözlenmeye başladığı için bu besiyerlerinin kullanılması durumunda inkübasyon süresinin 50 °C'de en az 5 gün olması uygun olacaktır. Yapılan bir çalışmada da benzer durum görülmüş olup, bu iki besiyerinin kısa inkübasyon sürelerinde dezavantajlı olduğu vurgulanmıştır [40]. CBA ve Choc agar kullanılması durumunda yüksek sıcaklıkta besiyeri kurumakta ve alınan örneğin saflaştırılmasını zorlaştırmaktadır. TGEA ve R2A besiyerinde 2 günden daha hızlı gelişim gözlemlendiği için daha tercih edilebilir gibi görünse de ekstrem koşullardaki durum göz önüne alındığında daha uzun üreme süresine sahip ve zor kültürlenilen bakteriler için CBA besiyeri daha avantajlıdır.

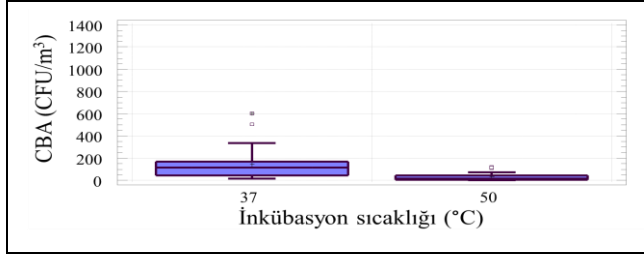
Örneğin; antibiyotiklere dirençli olan bakterilerden biri olan *Acinetobacter baumannii* CBA agarda 0.5*2 mm çapında şeffaf veya opak, zeminden kabarık koloni oluşturur; mikroskopta her ne kadar gram negatif gibi görünse de fermentasyon yapmayan, gram negatif, katalaz pozitif, oksidaz negatif bir mikroorganizmadır [37]. Rüzgâr hızı ile bakteri taşınma durumu göz önüne alındığında ise R2A agar seçimi ($R=0.37$) diğer besiyerlerine kıyasla pozitif bir ilişki sağlamıştır. İnkübasyon sıcaklığı arttıkça, tüm besiyeri türlerinde gözlenen bakteri seviyeleri azalmıştır ($R = -0.64$ ile -0.41 arasında).

PM₁₀ düzeyi; sıcaklık, bağıl nem ve rüzgâr hızı ile pozitif ilişkiye sahiptir ($R \geq 0.5$ ve $p < 0.05$). PM₁₀ düzeyleri her üç besiyerinde toplanan mantar düzeyleri ile pozitif olarak ilişkililikten ($R \geq 0.5$ ve $p < 0.05$); PM₁₀ düzeyleri ile beş besiyerinde toplanan bakteri düzeyleri arasında herhangi bir ilişki gözlenmemiştir ($p > 0.05$).

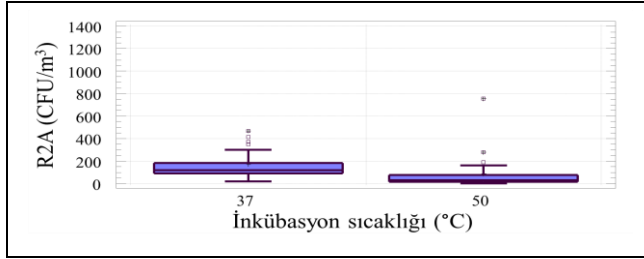
Şekil 4'te verildiği gibi, inkübasyon sıcaklığının PCA kültür ortamında toplanan TBK seviyeleri üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır ($p > 0.05$). Ayrıca, eşli t-testi sonucuna göre, aynı anda alınan ve 37 °C ve 50 °C'de inkübe edilen hava numunelerinde gözlenen TBK seviyeleri PCA besiyeri ($p > 0.05$) hariç diğer kültür ortamları için istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermiştir ($p < 0.05$). Son yıllarda yapılan bir çalışmada, bakterilerin 4, 25 ile 50 °C'de inkübe edilmesi sonucunda konsantrasyonları sırasıyla 380 ± 52 , 719 ± 220 ve 118 ± 13 CFU/m³ olarak bulunmuştur [29].



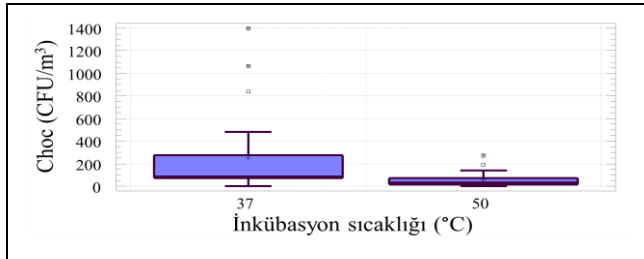
(a)



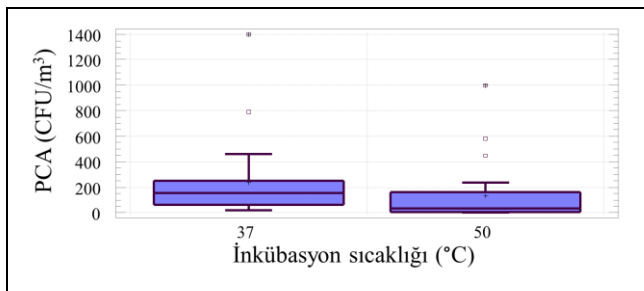
(b)



(c)



(d)



(e)

Şekil 4. TBK düzeylerine (CFU/m³) inkübasyon sıcaklığının (°C) etkisi. (a): TGEA ($p<0.001$). (b): CBA ($p<0.001$). (c): Choc ($p<0.001$). (d): R2A ($p<0.05$). (e): PCA ($p>0.05$).

Figure 4. Impact of incubation temperature (°C) on TBC concentrations (CFU/m³) sampled on. (a): TGEA ($p<0,001$). (b): CBA ($p<0.001$). (c): Choc ($p<0.001$). (d): R2A ($p<0.05$). (e): PCA ($p>0.05$).

3.4 Ölçülen parametreler arasındaki ilişkiler

Tablo 6'da ölçülen parametreler arasındaki Spearman rank korelasyonları ($p<0.05$) verilmiştir. Buna göre, hava sıcaklığının, hem PM₁₀ seviyeleri ($R=0.39$) hem de PCA ($R=0.50$) ve R2A ($R=0.39$) besiyerinde kültüre olan TBK seviyeleri ile ilişkili olduğu bulunmuştur. Rüzgâr hızı ile PM₁₀, ($R=0.37$), R2A ($R=0.37$) üzerinde toplanan bakteri seviyesi ve DRBC ($R=0.39$), PDA ($R=0.41$) ve MEA ($R=0.45$) üzerinde toplanan mantar seviyeleri arasında pozitif ilişki bulunmuştur. Rüzgâr hızıyla PCA besiyerinde kültürlenen toplam bakteri konsantrasyonunun azaldığı görülmektedir ($R=-0.53$) PM₁₀ seviyeleri, tüm kültür ortamlarında ($R=0.46-0.48$) toplanan mantar seviyeleri ile ilişkiliyken; çalışmada bakteri tanımlamada kullanılan beş kültür ortamından izole edilen bakteri seviyeleri ile PM₁₀ seviyeleri arasında herhangi bir ilişki bulunmamıştır ($p>0.05$).

Her bir besiyeri türünde toplanan havadaki bakteri ve mantar seviyeleri de karşılaştırılmıştır. Herhangi bir besiyeri ortamında toplanan TBK seviyeleri ile TMK düzeyleri arasında anlamlı ilişki tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Bakteri örneklerinin toplandığı besiyerlerinde gözlenen TBK düzeyleri açısından en güçlü ilişki ($R=0.71$) TGEA-CBA besiyerleri arasında ve en zayıf ilişki PCA-Choc besiyerleri arasında ($R=0.30$) bulunmuştur. Havadaki mantarların toplandığı besiyerleri açısından ise; en güçlü ilişki PDA-MEA kültür ortamları arasında ($R=0.41-0.95$) gözlenmiştir. Önceki bir çalışmada [27] MEA ve PDA arasındaki ilişki bu çalışmanın bulgularını doğrulamaktadır.

4 Sonuç ve öneriler

Çalışma kapsamında, İzmir'de seçilen örnekleme alanında dış ortam havasındaki bakteri ve mantar düzeyi belirlenmiş, farklı kültür ortamları ve inkübasyon koşullarının etkisi araştırılmıştır. Çalışmanın en önemli sonuçları;

PM₁₀ seviyesi arttıkça tüm kültür ortamlarında toplam mantar seviyeleri artmıştır. Ancak bakteri tanımlamada kullanılan beş kültür ortamından izole edilen bakteri seviyeleri ile PM₁₀ seviyeleri arasında herhangi bir ilişki bulunmamıştır ($p>0.05$). PM₁₀ düzeyi; sıcaklık, bağıl nem ve rüzgâr hızı ile pozitif ilişkiye sahiptir ($R\geq 0.5$ ve $p<0.05$).

Besiyeri türünden bağımsız olarak çalışma süresi boyunca maya ve steril hif dahil olmak üzere toplam 23 mantar cinsi tespit edilmiştir. Her üç besiyerinde de toplanan mantar düzeylerinin rüzgâr hızı ile pozitif ilişkisi olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). MEA üzerinde toplanan *Chrysosporium* sp.'nin miktarı, PDA ve DRBC'de toplanan miktardan yaklaşık 10 kat daha yüksektir. Üç besiyeri kıyaslandığında daha fazla miktarda ve daha spesifik mantar cinsi yakalama konusunda etkili olması sebebiyle, mantarların gelişimi için MEA besiyerini kullanmak PDA ve DRBC'ye göre daha verimli olmuştur. Her üç kültür ortamında da en fazla miktarda bulunan mantar cinsi *Cladosporium* sp. olmuştur ve sırasıyla en yüksek koloni miktarı PDA, MEA ve DRBC'de gözlenmiştir.

Bu araştırmada her bir kültür ortamı için farklı inkübasyon sıcaklığının (37 °C ve 50 °C) toplam bakteri miktarına etkisi de incelenmiştir. Beş farklı kültür ortamında gelişen bakteriler incelendiğinde PCA besiyeri hariç diğer dört besiyerinde sıcaklık arttıkça toplam bakteri miktarı azalmıştır. 37 °C inkübasyon koşulu bakterinin insan vücudundaki gelişimi, 50 °C ise ekstrem koşul için ele alındığında; 50 °C'de TGEA, CBA, Choc veya R2A besiyerleri PCA'ya göre daha verimli olmuştur.

Tablo 6. Ölçülen parametreler arasında Spearman Rank Korelasyonu.

Table 6. Spearman rank correlations among the measured parameters.

	Sıcaklık	Bağıl Nem	Rüzgâr hızı	PM ₁₀	TBK (Choc)	TBK (PCA)	TBK (R2A)	TBK (TGEA)	TBK (CBA)	TMK (DRBC)	TMK (PDA)	TMK (MEA)
Sıcaklık	1											
Bağıl Nem	-0.09	1										
Rüzgâr hızı	-0.05	0.50**	1									
PM ₁₀	0.39*	0.35*	0.37*	1								
TBK (Choc)	-0.08	-0.03	-0.03	0.04	1							
TBK (PCA)	0.50**	-0.03	-0.53**	0.22	0.30*	1						
TBK (R2A)	0.39*	-0.02	0.37*	-0.03	0.37*	0.70**	1					
TBK (TGEA)	0.02	0.02	0.03	0.28	0.51*	0.64**	0.58**	1				
TBK (CBA)	-0.04	-0.04	0.08	0.21	0.48**	0.56**	0.53**	0.71**	1			
İnkübasyon Sıcaklığı					-0.50**	-0.41*	-0.54**	-0.57**	-0.64**			
TMK (DRBC)	0.15	0.16	0.39*	0.46*	0.10	0.19	0.03	0.19	0.18	1		
TMK (PDA)	0.18	0.28	0.41*	0.48**	0.18	0.13	0.05	0.13	0.13	0.41*	1	
TMK (MEA)	0.19	0.32*	0.45*	0.47**	0.14	0.09	-0.01	0.09	0.10	0.45*	0.95**	1

*: $p < 0.05$. **: $p < 0.001$.

50 °C'de TGEA ve R2A besiyerlerinde 2 günden daha hızlı gelişim gözlemlendiği için daha tercih edilebilir gibi görünse de ekstrem koşullardaki durum göz önüne alındığı için daha uzun üreme süresine sahip ve zor kültürlenen bakterilerin çoğalmasını sağladıkları için CBA besiyerinin tercih edilmesi daha verimli olacaktır. Ancak özellikle CBA ve Choc agar kullanılması durumunda yüksek sıcaklıkta besiyeri kuruduğu ve alınan örneğin saflaştırılmasında güçlük çekildiği için, 2. günden itibaren gelişim çok sık takip edilip, gelişen bakteri türü kurumadan etüvden çıkarılmalıdır.

Yeni bir araştırmada[38] görülen dirençli bakterilerin modern tıbbi "ortaçağa döndürebilecek" kadar büyük bir sağlık tehdidi oluşturabileceği fikri; bu dirençli bakterilerin hava yoluyla taşındığı öngörüldüğünde; bakteriler çok hızlı çoğalma mekanizmasına sahip olduğu için milyonlarca insanın ölümüne neden olabilir. Antibiyotiğe dirençli bakteriler ile yayılacak olan hastalıkların virüslerle bulaşan salgınlardan çok daha ölümcül bir senaryo oluşturabileceği göz önünde bulundurulursa; ekstrem koşullara dirençli bakteriler üzerinde yapılacak araştırmaların sıklaştırılması hayati önem taşımaktadır. Bu çalışma ekstrem koşullara dayanabilen biyoaerosollerin farklı inkübasyon koşulları üzerinde yapılan ilk çalışma olup, gelecekteki çalışmalara yol gösterici olması hedeflenmektedir.

5 Conclusion and recommendations

Within the scope of the study, the level of the outdoor airborne bacteria and fungi in a selected sampling location of İzmir was determined, and the effect of different culture media and incubation conditions was investigated. The most important results of the study are given below;

As PM₁₀ concentrations increased, total fungi concentrations also increased on all culture media. However, no correlation was found between the bacterial concentrations isolated on the five-culture media and PM₁₀ concentrations ($p > 0.05$). PM₁₀ positively correlates with temperature, relative humidity and wind speed ($R \geq 0.5$ and $p < 0.05$).

A total of 23 fungi genera, including yeast and sterile hyphae, were detected during the study period, regardless of the culture media type. Total fungi levels collected on all 3 culture media showed positive correlations with wind speed. The concentration of *Chrysosporium* sp. collected on MEA was

approximately ten times higher than the levels collected on PDA and DRBC. Using MEA media for the growth of airborne fungi was more efficient than PDA and DRBC. Because MEA provided effective identification of more specific fungi genera when compared to the three media.

In this study, the effect of different incubation temperatures (37 °C and 50 °C) on the total amount of bacteria was also investigated for each culture media. When the bacteria grown in five different culture media were examined, the total bacteria concentration decreased as the temperature increased on the four media, except for PCA media. When the 37 °C incubation condition is considered for the growth of the bacteria in the human body, and the 50 °C for the extreme condition, TGEA, CBA, Choc or R2A media were more efficient than PCA at 50 °C. Although TGEA and R2A media at 50 °C seem more preferable since they show faster growth than 2 days, it will be more efficient to prefer CBA media because CBA allows the growth of bacteria with a longer growth time and difficult to culture, considering the situation in extreme conditions. However, especially in the case of using CBA and Choc agar, since the media dries at a high temperature and the sample is difficult to purify, culture growth should be followed very frequently from the 2nd day onwards, and bacterial species should be followed to prevent drying.

According to a new research [38], the stable bacteria could be a health threat so significant that it could "return modern medicine into the Middle Ages"; when it is assumed that these are resistant airborne bacteria; Since bacteria have a very rapid proliferation mechanism, they can cause the death of millions of people. Considering that diseases to be spread by antibiotic-resistant bacteria can create a much deadlier scenario than epidemics transmitted by viruses, It is vital to increase the frequency of research on bacteria resistant to extreme conditions. This is the first study on different incubation conditions of bioaerosols that can resist extreme conditions, and it aims to guide future studies.

6 Teşekkür

Bu çalışma Dokuz Eylül Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenen 2021.KB.FEN.007 No.lu araştırma projesi kapsamında

gerçekleştirilmiştir. Sorumlu yazar ayrıca TÜBİTAK 2211-A Yurt İçi Doktora Burs Programı ve 100/2000 YÖK Doktora Burs Programı tarafından desteklenmiştir.

7 Yazar katkı beyanı

Gerçekleştirilen çalışmada Elif PALAZ ve Melik KARA fikrin oluşması, tasarımın yapılması, kullanılan malzemelerin temin edilmesi, saha örneklemeleri, laboratuvar analizleri ve literatür taraması başlıklarında; Sibel MENTEŞE, Abdurrahman BAYRAM, Tolga ELBİR sonuçların değerlendirilmesi, sonuçların incelenmesi, yazım denetimi ve içerik açısından makalenin kontrol edilmesi başlıklarında katkı sunmuşlardır.

8 Etik kurul onayı ve çıkar çatışması beyanı

Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmasına gerek yoktur. Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

9 Kaynaklar

- [1] Xie W, Li Y, Bai W, Hou J, Ma T, Zeng X, Zhang L. "The source and transport of bioaerosols in the air: A review". *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, 15(3), 1-19, 2021.
- [2] Jones A M, Harrison R M. "The effects of meteorological factors on atmospheric bioaerosol concentrations-a review". *Science of the Total Environment*, 326(1/3), 151-180, 2004.
- [3] Burrows SM, Butler T, Jöckel P, Tost H, Kerckweg A, Pöschl U, Lawrence MG. "Bacteria in the global atmosphere - part 2: modeling of emissions and transport between different ecosystems". *Atmospheric Chemistry and Physics*, 9(23), 9281-929, 2009.
- [4] Després V, Huffman JA, Burrows SM, Hoose C, Safatov A, Buryak G, Fröhlich-Nowoisky J, Elbert W, Andreae M, Pöschl U, Jaenicke R, Tellus B. "Primary biological aerosol particles in the atmosphere: a review". *Chemical and Physical Meteorology*, 64(1), 1-58, 2012.
- [5] Bowers RM, Clements N, Emerson J B, Wiedinmyer C, Hannigan MP, Fierer N. "Seasonal variability in bacterial and fungal diversity of the near- surface atmosphere". *Environmental Science & Technology*, 47(21), 12097-12106, 2013.
- [6] Amato P, Joly M, Schaupp C, Attard E, Mohler O, Morris C E, Brunet Y, Delort AM. "Survival and ice nucleation activity of bacteria as aerosols in a cloud simulation chamber". *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15(11), 6455-6465, 2015.
- [7] Fröhlich-Nowoisky J, Kampf C J, Weber B, Huffman J A, Pöhlker C, Andreae MO, Lang-Yona N, Burrows S M, Gunthe SS, Elbert W, Su H, Hoor P, Thines E, Hoffmann T, Després VR, Pöschl U. "Bioaerosols in the Earth system: Climate, health, and ecosystem interactions". *Atmospheric Research*, 182, 346-376, 2016.
- [8] Kim KH, Kabir E, Jahan SA. "Airborne bioaerosols and their impact on human health". *Journal of Environmental Sciences-China*, 67, 23-35, 2018.
- [9] Xie Z, Fan C, Lu R, Liu P, Wang B, Du S, Jin C, Deng S, Li Y. "Characteristics of ambient bioaerosols during haze episodes in China: A review". *Environmental Pollution*, 243(Pt B), 1930-1942, 2018.
- [10] Menteşe S. Investigation of Indoor air Quality and Determination of Their Sources. PhD Thesis, Dissertation, Hacettepe University, Ankara, Turkey, 2009.
- [11] Menteşe S, Rad AY, Arısoy M, Güllü G. "Seasonal and spatial variations of bioaerosols in indoor urban environments, Ankara, Turkey". *Indoor and Built Environment*, 21(6), 797-810, 2012.
- [12] Menteşe S, Mirici NA, Otkun MT, Bakar C, Palaz E, Tasdibi D, Cevizci S, Cotuker O. "Association between respiratory health and indoor air pollution exposure in Canakkale, Turkey". *Building and Environment*, 93, 72-83, 2015.
- [13] Menteşe S, Tasdibi D. "Airborne bacteria levels in indoor urban environments: the influence of season and prevalence of sick building syndrome (SBS)". *Indoor Built Environment*, 25(3), 563-580, 2016.
- [14] Menteşe S, Mirici NA, Elbir T, Palaz E, Mumcuoğlu DT, Cotuker O, Bakar C, Oymak S, Otkun MT. "A long-term multi-parametric monitoring study: Indoor air quality (IAQ) and the sources of the pollutants, prevalence of sick building syndrome (SBS) symptoms, and respiratory health indicators". *Atmospheric Pollution Research*, 11(12), 2270-2281, 2020.
- [15] Mouli P, Mohan S, Reddy S. "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, 2005.
- [16] Fang Z, Ouyang Z, Zheng H, Wang, X, Hu L. "Culturable airborne bacteria in outdoor environments in Beijing, China". *Microbial Ecology*, 54(3), 487-496, 2007.
- [17] Goudarzi G, Shirmardi M, Khodarahmi, F, Hashemi-Shahraki A, Alavi N, Ankali KA, Marzouni MB. "Particulate matter and bacteria characteristics of the Middle East Dust (MED) storms over Ahvaz, Iran". *Aerobiologia*, 30(4), 345-356, 2014.
- [18] Tarigan YG, Chen RY, Lin, HC, Jung, CY, Kallawicha K, Chang TP, Chao HJ. "Fungal bioaerosol exposure and its effects on the health of mushroom and vegetable farm workers in Taiwan". *Aerosol and Air Quality Research*, 17(8), 2064-2075, 2017.
- [19] Thilsing, T, Madsen, AM, Basinas I, Schlünssen V, Tendal K, Bælum J. "Dust, endotoxin, fungi, and bacteria exposure as determined by work task, season, and type of plant in a flower greenhouse". *Annals of Occupational Hygiene*, 59(2), 142-157, 2015.
- [20] Soleimani Z, Goudarzi G, Sorooshian A, Marzouni MB, Maleki H. "Impact of Middle Eastern dust storms on indoor and outdoor composition of bioaerosol". *Atmospheric Environment*, 138, 135-143, 2016.
- [21] Nevalainen A, T'aubel M, Hyv'arinen A. "Indoor fungi: companions and contaminants". *Indoor Air*, 25, 125-156, 2015.
- [22] Stamatelopoulou A, Pyrri I, Asimakopoulos DN, Maggos T. "Indoor air quality and dustborne biocontaminants in bedrooms of toddlers in Athens, Greece". *Building and Environment*, 173, 1-10, 2020.
- [23] Hai VD, Hoang SMT, Hung NTQ, Ky NM, Gwi-Nam B, Ki-Hong P, Nguyen DD. "Characteristics of airborne bacteria and fungi in the atmosphere in Ho Chi Minh City, Vietnam-A case study over three years". *International Biodeterioration & Biodegradation*, 145, 1-9, 2019.

- [24] Gong J, Qi J, Beibei E, Yin Y, Gao D. "Concentration, viability and size distribution of bacteria in atmospheric bioaerosols under different types of pollution". *Environmental Pollution*, 257, 1-11, 2020.
- [25] Wu PC, Su HJJ, Ho HM. "A comparison of sampling media for environmental viable fungi collected in a hospital environment". *Environmental Research*, 82(3), 253-257, 2000.
- [26] Haas D, Habib J, Luxner, J, Galler H, Zarfelb G, Schlacher R, Friedl H, Reinthaler FF. "Comparison of background levels of culturable fungal spore concentrations in indoor and outdoor air in southeastern Austria". *Atmospheric Environment*, 98, 640-647, 2014.
- [27] Ibrahim EZ, Mohamed AE. "Airborne and Dustborne Fungi in the Atmospheric Air of El-Beida City, Libya". *International Journal of Research Studies in Biosciences*. 2(5), 30-37, 2014.
- [28] Mentese S, Otkun MT, Palaz E. "Comparison of dichloran rose bengal chloramphenicol and Sabouraud dextrose agar with cycloheximide and chloramphenicol for airborne mold sampling". *Aerobiologia*, 33(2), 211-219, 2017.
- [29] Federici E, Petroselli C, Montalbani E, Casagrande C, Ceci E, Moroni B, Cappelletti D. "Airborne bacteria and persistent organic pollutants associated with an intense Saharan dust event in the Central Mediterranean". *Science of the Total Environment*, 645, 401-410, 2018.
- [30] Raghav N, Shrivastava JN, Satsangi GP, Kumar R. "Enumeration and characterization of airborne microbial communities in an outdoor environment of the city of Taj, India". *Urban Climate*, 32, 1-13, 2020.
- [31] Satyanarayana T, Raghukumar C, Shivaji S. "Extremophilic microbes: diversity and perspectives". *Current Science*, 891(1), 78-90, 2005.
- [32] Rampelotto PH. "Extremophiles and extreme environments". *Life*, 3(3), 482-485, 2013.
- [33] T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. "İllerimize Ait İstatistik Verileri". <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=ç> (11.10.2021).
- [34] Barnett H, Hunter B. *Illustrated genera of imperfect fungi*. 4th ed. Minnesota, USA, St. Paul: APS Press The American Phytopathological Society, 2010.
- [35] Boyacıoğlu H, Haliki A, Ates M, Guvensen A, Abacı Ö. "The statistical investigation on airborne fungi and pollen grains of atmosphere in Izmir-Turkey". *Environmental Monitoring and Assessment*, 135(1), 327-334, 2007.
- [36] Chao HJ, Schwartz J, Milton DK, Burge HA. "Populations and determinants of airborne fungi in large office buildings". *Environmental Health Perspectives*, 110(8), 777-782, 2002.
- [37] Dal T, Dal MS, Ağır İ. "Acinetobacter baumannii'de Antibiyotik ve AdeABC Aktif Pompa Sistemleri: Literatürün gözden geçirilmesi direnci". *Van Tıp Dergisi*, 19(3), 137-148, 2012.
- [38] BBC News Türkçe. "Süpermikrop: Antibiyotiklere Dirençli Bakteriler 'Koronavirüsten Daha Riskli Olabilir'. <https://www.bbc.com/turkce/haberler-dunya-54109247> (17.04.2022).
- [39] Zhao C, Chen C, Miao D, Niu X, Di Y. "Seasonal concentrations and size distributions of culturable bacterial aerosols inside and outside university classrooms-A case study in Beijing". *Atmospheric Environment*, 270, 1-9, 2022.
- [40] Froböse NJ, Idelevich EA, Schaumburg F. "Short Incubation of Positive Blood Cultures on Solid Media for Species Identification by MALDI-TOF MS: Which Agar Is the Fastest?". *Microbiology Spectrum*, 9(1), 1-5, 2021.