T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI BİNALARA AİT ŞEBEKE SU SİSTEMLERİNDE MİKROBİYAL KONTAMİNASYONUN ARAŞTIRILMASI

Esra Merve DİZGE

Biyoloji Anabilim Dalı

Temel ve Endüstriyel Mikrobiyoloji Programı

DANIŞMAN
Doç. Dr. Duygu KADAİFÇİLER

Ocak, 2023

İSTANBUL

Bu çalışma, 23.01.2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyoloji Anabilim Dalı Temel ve Endüstriyel Mikrobiyoloji Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Doç. Dr. Duygu KADAİFÇİLER(Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

Doç. Dr. Miray ONAN
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

Doç. Dr. Selda MERCAN
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Adli Tıp ve Adli Bilimler Enstitüsü

İntihal Programı Beyanı

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi'nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Proje Destekleri

Bu tez, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliği'nin 36872 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

Tezden Üretilmiş Yayınların Künye Bilgileri

ÖNSÖZ

"Farklı binalara ait şebeke su sistemlerinde mikrobiyal kontaminasyonun araştırılması" üzerine yürüttüğüm yüksek lisans tezimde sonsuz emeği geçen sevgili danışman hocam Sayın Doç. Dr. Duygu KADAİFÇİLER'e,

Her zaman yanımda olan, eğitim hayatımın her adımında desteklerini hissettiğim sevgili aileme,

Gerek yardımları gerek ise manevi destekleri ile yanımda olan başta M.Sc. Sedat Berke SÜMER, Ph.D. Berkan SAVAŞ, Berna KILIÇ AYDIN, Çağla ŞAHİN, Biyolog İrem MUTLU ve Biyolog Semih BAYRAKTAR olmak üzere çok değerli arkadaşlarıma sonsuz teşekkürü borç bilirim.

Ocak 2023 Esra Merve DİZGE

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ ..... **iv**

İÇİNDEKİLER ..... **v**

ŞEKİL LİSTESİ ..... **vii**

TABLO LİSTESİ ..... **ix**

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **x**

ÖZET ..... **xi**

SUMMARY ..... **xiii**

1. GİRİŞ **1**

2. GENEL KISIMLAR **2**

2.1. ŞEBEKE SUYUNUN TANIMI VE ÖZELLİKLERİ 2

2.1.1. Su ile İlişkili Hastalıklar 2

2.1.2. Şebeke Suyunun Arıtılması 3

2.2. ŞEBEKE SUYUNDA TESPİT EDİLEN MİKROORGANİZMALAR VE SAĞLIK AÇISINDAN ÖNEMLERİ 4

2.2.1. Su Sistemlerinde Tespit Edilen Önemli Mikroorganizmalar 5

2.2.2. Su Sistemlerindeki Mikroorganizmalar Üzerine Yürütülmüş Örnek Çalışmalar 8

3. MALZEME VE YÖNTEM **12**

3.1. SU ÖRNEKLERİNİN ALINMASI 12

3.2. SU ÖRNEKLERİNİN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ 12

3.2.1. Sıcaklık 12

3.2.2. pH Değeri 12

3.2.3. Serbest Klor Değeri 13

3.3. SU ÖRNEKLERİNİN MİKROBİYOLOJİK ANALİZİ 13

3.3.1. Aerobik Heterotrofik Bakteri Sayımı ve İzolasyonu 13

3.3.2. Aerobik Heterotrofik Bakterilerin Oksidaz ve Katalaz Aktivite Tayinleri 13

3.3.3. *Candida* Cinsi Maya İzolasyonu 14
3.3.3. Aerobik Mikrofungus İzolasyonu ve Sayımı 15
3.3.5. Aerobik Mikrofungus İzolatlarının Uzun Süreli Saklanması 15
3.3.6. Aerobik Mikrofungus İzolatlarının Cins veya Tür Düzeyinde Tayini 16
3.4. KULLANILAN BESİYERLERİ VE KİMYASAL MADDELER 17
3.4.1. R2A Agar Besiyeri 17
3.4.2. *Candida* Agar Besiyeri 18
3.4.3. Sabouraud Dekstroz Agar Besiyeri (Streptomisin ilavesi ile) 19
3.4.4. Malt Ekstrakt Agar Besiyeri 19
3.4.5. Patates Dekstroz Agar Besiyeri 19
3.4.6. Czapek Stok Solüsyonu 20
3.4.7. Czapek Yeast Ekstrakt Agar Besiyeri 20
3.4.8. Czapek Dox Agar Besiyeri 21
3.4.9. %20 Sükrozlu Czapek Yeast Agar Besiyeri 21
3.4.10. Yeast Ekstrakt Sükroz Agar Besiyeri 22
3.4.11. %25 Gliserol Nitrat Agar Besiyeri 22
3.4.12. Kreatin Sükroz Agar Besiyeri 23
3.4.13. Laktofenol Pamuk Mavisi Solüsyonu 23
3.4.14. Oksidaz Ayracı 24
3.4.15. Katalaz Ayracı 24
3.5. İSTATİKSEL DEĞERLENDİRME 24
4. BULGULAR 25
4.1. SU ÖRNEKLERİNİ ALINDIĞI BİNALARIN GENEL ÖZELLİKLERİ 25
4.2. SU ÖRNEKLERİNİN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ 26
4.3. SU ÖRNEKLERİNİN AEROBİK HETEROTROFİK BAKTERİ BAKIMINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ 27
4.4. SU ÖRNEKLERİNİN *CANDİDA* CİNSİ MAYA BAKIMINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ 33
4.5. SU ÖRNEKLERİNİN AEROBİK MİKROFUNGUS BAKIMINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ 33
5. TARTIŞMA VE SONUÇ 56
KAYNAKLAR 68
ÖZGEÇMİŞ 77

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 3.1: A: Oksidaz aktivite tayini, B: Katalaz aktivite tayini (solda negatif sonuç, sağda ise pozitif sonuç görülmektedir). 14

Şekil 4.1: A binasına ait soğuk ve sıcak su örneklerindeki bakteri üremeleri (A. Soğuk su örneğinden ekim yapılan petri kutusu B. Sıcak su örneğinden ekim yapılan petri kutusu)..... 29

Şekil 4.2: A binasına ait soğuk ve sıcak su örneklerindeki aerobik mikrofungus üremeleri (A: Soğuk su örneğinden ekim yapılan petri kutusu B: Sıcak su örneğinden ekim yapılan petri kutusu). 35

Şekil 4.3: *Acremonium kliense* (Güncel: *Sarocladium kiliense*) A. PDA ortamında 14 günlük koloni morfolojisi, B. Mikroskobik görünümü x500..... 41

Şekil 4.4: *Arthroderma sp.* A. PDA ortamında 14 günlük koloni morfolojisi, B. Mikroskobik görünümü x500..... 41

Şekil 4.5: *Arthroderma flavescens* A. PDA ortamında 14 günlük koloni morfolojisi, B. Mikroskobik görünümü x500. 41

Şekil 4.6: *Eurotium amstelodami* (Güncel: *Aspergillus amstelodami*) A-E. Sırası ile CYA (25 °C), CYA (37 °C), MEA, CDA ve CY20S ortamlarında 7 günlük koloni morfolojisi, F. Mikroskobik görünümü x500. 42

Şekil 4.7: *Aspergillus flavus* A-D. Sırası ile CYA (25 °C), CYA (37 °C), MEA ve CDA ortamlarında 7 günlük koloni morfolojisi, E. Mikroskobik görünümü x500. 42

Şekil 4.8: *Aspergillus niveus* (Güncel: *Aspergillus neoniveus*) A-E. Sırası ile CYA (25 °C), CYA (37 °C), MEA, CDA ve CY20S ortamlarında 7 günlük koloni morfolojisi, F. Mikroskobik görünümü x500. 43

Şekil 4.9: *Aspergillus versicolor* A-E. Sırası ile CYA (25 °C), CYA (37 °C), MEA, CDA ve CY20S ortamlarında 7 günlük koloni morfolojisi, F. Mikroskobik görünüm x500, G, H. Mikroskobik Hülle hücresi görünümü x1000. 44

Şekil 4.10: *Botrytis* sp. A. PDA ortamında 14 günlük koloni morfolojisi, B. Mikroskobik görünümü x500..... 44

Şekil 4.11: *Chaetomium globosporum* A. PDA ortamında 14 günlük koloni morfolojisi, B, C. Mikroskobik görünümü x500, x1000. 45

Şekil 4.12: *Chaetomium globosum* A. PDA ortamında 14 günlük koloni morfolojisi, B, C. Mikroskobik görünümü x1000. 45

Şekil 4.13: *Chrysogenum inops* A. PDA ortamında 14 günlük koloni morfolojisi, B. Mikroskobik görünümü x500. 46

Şekil 4.14: *Monocillium humicola* (Güncel: *Penicillium lagena*) A. PDA ortamında 14 günlük koloni morfolojisi, B. Mikroskobik görünümü x500..... 46

Şekil 4.15: *Penicillium sp.* A-E. Sırası ile CYA (25 °C), CYA (37 °C), MEA, G25N ve KSA ortamlarında 7 günlük koloni morfolojisi, F. Mikroskobik görünümü x500..... 47

Şekil 4.16: *Penicillium aurantiogriseum* A-E. Sırası ile CYA (25 °C), CYA (37 °C), MEA, G25N ve KSA ortamlarında 7 günlük koloni morfolojisi, F. Mikroskobik görünümü x500. 47

Şekil 4.17: *Penicillium brevicompactum* A-E. Sırası ile CYA (25 °C), CYA (37 °C), MEA, G25N ve KSA ortamlarında 7 günlük koloni morfolojisi, F. Mikroskobik görünümü x500. 48

Şekil 4.18: *Penicillium chrysogenum* A-E. Sırası ile CYA (25 °C), CYA (37 °C), MEA, G25N ve KSA ortamlarında 7 günlük koloni morfolojisi, F. Mikroskobik görünümü x500..... 48

Şekil 4.19: *Penicillium citrinum* A-E. Sırası ile CYA (25 °C), CYA (37 °C), MEA, G25N ve KSA ortamlarında 7 günlük koloni morfolojisi, F. Mikroskobik görünümü x500..... 49

Şekil 4.20: *Penicillium expansum* A-E. Sırası ile CYA (25 °C), CYA (37 °C), MEA, G25N ve KSA ortamlarında 7 günlük koloni morfolojisi, F. Mikroskobik görünümü x500..... 50

Şekil 4.21: *Penicillium griseofulvum* A-E. Sırası ile CYA (25 °C), CYA (37 °C), MEA, G25N ve KSA ortamlarında 7 günlük koloni morfolojisi, F. Mikroskobik görünümü x500..... 51

Şekil 4.22: *Penicillium olsonii* A-E. Sırası ile CYA (25 °C), CYA (37 °C), MEA, G25N ve KSA ortamlarında 7 günlük koloni morfolojisi, F. Mikroskobik görünümü x500..... 52

Şekil 4.23: *Penicillium raistrickii* A-E. Sırası ile CYA (25 °C), CYA (37 °C), MEA, G25N ve KSA ortamlarında 7 günlük koloni morfolojisi, F. Mikroskobik görünümü x500..... 53

Şekil 4.24: *Penicillium restrictum* A-E. Sırası ile CYA (25 °C), CYA (37 °C), MEA, G25N ve KSA ortamlarında 7 günlük koloni morfolojisi, F. Mikroskobik görünümü x500..... 54

Şekil 4.25: *Phialophora* sp. A. PDA ortamında 14 günlük koloni morfolojisi, B. Mikroskobik görünümü x500..... 54

Şekil 4.26: *Scopulariopsis asparula* A. PDA ortamında 14 günlük koloni morfolojisi, B. Mikroskobik görünümü x500. 55

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 4.1: Su örneklerinin alındığı binaların kod bilgileri ve binaların genel özellikleri. 25

Tablo 4.1 (devam): Su örneklerinin alındığı binaların kod bilgileri ve binaların genel özellikleri. 26

Tablo 4.2: Su örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri. 26

Tablo 4.2 (devam): Su örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri. 27

Tablo 4.3: 20 Farklı binaya ait su örneklerinde saptanan ortalama aerobik heterotrofik bakteri sayıları (kob/100ml). 28

Tablo 4.4: 20 Farklı binaya ait su örneklerinde saptanan aerobik heterotrofik bakteri izolat sayıları. 30

Tablo 4.5: Aerobik heterotrofik bakteri izolatlarının genel özellikleri. 31

Tablo 4.5 (devam): Aerobik heterotrofik bakteri izolatlarının genel özellikleri. 32

Tablo 4.5 (devam): Aerobik heterotrofik bakteri izolatlarının genel özellikleri. 33

Tablo 4.6: 20 Farklı binaya ait su örneklerinde saptanan ortalama aerobik mikrofungus sayıları (kob/100ml). 34

Tablo 4.7: 20 Farklı binaya ait su örneklerinde saptanan aerobik mikrofungus izolat sayıları. 36

Tablo 4.7 (devam): 20 Farklı binaya ait su örneklerinde saptanan aerobik mikrofungus izolat sayıları. 37

Tablo 4.8: Aerobik mikrofungus izolatlarının genel özellikleri, cins veya tür düzeyinde tayinleri. 37

Tablo 4.8 (devam): Aerobik mikrofungus izolatlarının genel özellikleri, cins veya tür düzeyinde tayinleri. 38

Tablo 4.8 (devam): Aerobik mikrofungus izolatlarının genel özellikleri, cins veya tür düzeyinde tayinleri. 39

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	**Açıklama**
%	: Yüzde
°C	: Santigrat derece
±	: Standart sapma
<	: Küçüktür
≤	: Küçük eşittir

Kısaltmalar	**Açıklama**
AHB	: Aerobik heterotrofik bakteri
CDA	: Czapek dox agar
CYA	: Czapek yeast ekstrakt agar
CY20S	: %20 Sükrozlu Czapek yeast agar
dk	: Dakika
G25N	: %25 Gliserol nitrat agar
kob/100ml	: 100 ml'deki koloni oluşturan birim
KSA	: Kreatin sükroz agar
L	: Litre
MEA	: Malt ekstrakt agar
µl	: Mikrolitre
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
ppm	: Milyonda bir birim
PDA	: Patates dekstroz agar
SDA	: Sabouraud dekstroz agar
spp.	: Türler

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI BİNALARA AİT ŞEBEKE SU SİSTEMLERİNDE MİKROBİYAL KONTAMİNASYONUN ARAŞTIRILMASI

Esra Merve DİZGE

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Duygu KADAİFÇİLER

Şebeke suyu günlük hayatta doğrudan ya da dolaylı olarak kullanılmaktadır. Şebeke suyunda tespit edilecek yüksek düzeyde mikrobiyal kontaminasyon, ciddi sağlık sorunlarına hatta ölümlere yol açabilir. Bu nedenle şebeke suyunun patojen veya fırsatçı patojen mikroorganizmaları içermemesinin yanı sıra mikrobiyal yükün de otoritelerce belirlenmiş limit değerler üzerinde olmaması önerilir. Yurt dışında yapılmış çalışmaların sonuçları şebeke sularının başta bakteri ve mikrofungus olmak üzere insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olan patojen, fırsatçı patojen, alerjen ve/veya toksijenik mikroorganizmalar ile kontamine olduğunu ve bu mikroorganizmalarla bağlantılı vakaların bulunduğunu bildirmektedir. Bu konuda ülkemizde yürütülmüş çalışmalarda ağırlığın indikatör bakterilere verilmiş olduğu ve mikrofunguslar ile yürütülen çalışmaların çok az olduğu saptanmıştır.

Bu çalışmada Türkiye'de ilk defa şebeke suyuna bağlı yapılardan alınan hem soğuk hem de sıcak su örneklerinde aerobik heterotrofik bakteri (AHB), *Candida* cinsi maya ve aerobik mikrofungus varlığının araştırılıp sayılarının belirlenmesi, mikroorganizmaların genel özelliklerinin tespit edilmesi, elde edilen mikrofungus izolatlarının cins veya tür düzeyinde tayinlerinin yapılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda İstanbul'da rastgele seçilmiş 20 farklı binaya ait duş başlıklarından soğuk ve sıcak su örnekleri alınarak AHB ve *Candida* izolasyonu için yoğunlaştırılmış örneklerden yüzeye yayma ekim yöntemi, aerobik mikrofungus izolasyonu için ise membran filtrasyon yöntemi kullanılmıştır. AHB ve mikrofungus kolonilerinin sayımları yapıldıktan sonra saf bakteri izolatlarının koloni morfolojileri, endospor

oluşturma özellikleri, Gram özellikleri belirlenerek, katalaz ve oksidaz aktiviteleri tayin edilmiştir. İzole edilen saf mikrofunguslar, makroskobik ve mikroskobik olarak morfolojik karakterlerinin incelendiği klasik kültür yöntemi ile cins veya tür düzeyinde tayin edilmiştir. Bunun yanında *Candida* cinsi mayaların varlığı ise saptanmamıştır. Hem AHB hem de mikrofungus açısından değerlendirildiğinde, soğuk su örneklerinde saptanan koloni ve izolat sayılarının sıcak su örneklerindeki sayılardan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Su örneklerinde en çok Gram pozitif basil bakteriler ile *Penicillium* ve *Aspergillus* cinsi mikrofunguslar saptanmıştır. Ayrıca, teşhisi yapılan birçok mikrofungusun insan sağlığı açısından olumsuz durumlara yol açabileceği düşünülmektedir. Çalışma sonucunda bulgular, klor uygulamasına rağmen insan yapımı su sistemlerinde mikrobiyal kontaminasyonun olduğunu göstermektedir. Bu durum farklı uygulamaların gerekliliğine işaret etmektedir.
Ocak 2023, 91 sayfa.

Anahtar kelimeler: Şebeke suyu, Mikrobiyal kontaminasyon, Aerobik heterotrofik bakteri, Mikrofungus, *Candida*

SUMMARY

M.Sc. THESIS

RESEARCH OF MICROBIAL CONTAMINATION IN MAINS WATER SYSTEMS OF DIFFERENT BUILDINGS

Esra Merve DİZGE

Istanbul University

Institute of Graduate Studies in Sciences

Department of Biology

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Duygu KADAİFÇİLER

Mains water is used directly or indirectly in daily life. High levels of microbial contamination in tap water can lead to serious health problems and even death. For this reason, it is recommended that the mains water should not contain pathogenic or opportunistic pathogenic microorganisms, and that the microbial load should not be above the limit values determined by the authorities. However, the results of studies conducted abroad report that mains water that contaminated with pathogens, opportunistic pathogens, allergens and/or toxigenic microorganisms that have negative effects on human health, especially bacteria and microfungi, and that there are cases associated with these microorganisms. In the studies conducted in our country on this subject, it was determined that the priority was given to the indicator bacteria and the studies carried out with microfungi were very few. In this study, it was aimed to investigate the presence of aerobic heterotrophic bacteria (AHB), *Candida* and aerobic microfungi in both cold and hot water samples taken from the structures connected to the mains water for the first time in Turkey and to determine their numbers, the general characteristics of the microorganisms and the microfungi isolates at the genus or species level. In this context, cold and hot water samples were taken from the shower heads of 20 randomly selected buildings in Istanbul, and the spread plate method was used for the isolation of AHB and *Candida* from the concentrated samples, and the membrane filtration method was used for the isolation of aerobic microfungi. After counting of AHB and microfungi colonies, colony morphologies, endospore forming characteristics, Gram characteristics, catalase and oxidase activities of pure

bacterial isolates were determined. Isolated pure microfungi were determined at genus or species level by the classical culture method in which macroscopic and microscopic morphological characters were examined. In addition, the presence of *Candida* was not detected. It was determined that the numbers of AHB and microfungi colonies and isolates detected in cold water samples were higher than the numbers in hot water samples. Gram-positive *Bacillus* bacteria and *Penicillium* and *Aspergillus* sp. microfungi are the most commonly detected microorganisms in water samples. In addition, it is thought that many identified fungi may cause negative results in terms of human health. As a result of the study, the findings show that there is microbial contamination in man-made water systems despite the application of chlorine. This indicates the necessity of different applications.

January 2023, 91 pages.

Keywords: Mains water, Microbial contamination, Aerobic heterotrophic bacteria, Microfungi, *Candida*

1. GİRİŞ

Canlılar ve canlılığın devamı için su oldukça önemlidir. Su, günlük yaşantımızda doğrudan içme suyu olarak ya da gıda hazırlığı, temizlik, duş, diş fırçalama gibi farklı amaçlarla dolaylı olarak kullanılmaktadır. Kontamine suların içilmesi, deri ve yaralar ile teması veya aerosol (10 µm'den daha küçük çaplı su tanecikleri) şeklinde solunması ile çeşitli enfeksiyon ve hastalıklar gelişebilmektedir. Araştırmalar kontamine suların birçok hastalığa neden olduğunu ortaya koymaktadır (Dufour ve diğ., 2003). Bu nedenle içme ve kullanma sularındaki mikrobiyal kontaminasyon seviyelerinin belirlenerek mikrobiyal bulaş etkenlerinin saptanması ve bulaş yollarının belirlenmesi mikrobiyal kontaminasyonların önüne geçebilmek için önem taşımaktadır.

Su sistemlerindeki kontaminasyonların tespit edilmesine yönelik çoğu çalışma, günlük hayatta daha çok kullanılan soğuk su sistemlerinde indikatör ya da patojen bakterilerin varlığının araştırılması üzerine yürütülmüştür. Mikrofunguslar ile ilgili yapılan çalışmalar da genellikle soğuk su sistemlerinde fırsatçı patojen olduğu bilinen cinslerin varlığının araştırılmasına yönelik yürütülmüş olup literatürde çok az sayıda çalışma bulunmaktadır. Sıcaklık, mikrobiyal üreme üzerinde etkili bir parametre olmasına rağmen sıcak su örnekleri ile yapılan az sayıda çalışma bulunmaktadır. Yurt dışında aynı sistemin hem sıcak hem soğuk su örneklerinde bakteri ve mikrofungus varlığının ve çeşitliliğinin araştırılmasına yönelik oldukça az sayıda çalışma bulunmakta olup, ülkemizde ise soğuk ve sıcak su sistemlerinde bakteri ve mikrofungusların birlikte çalışıldığı çalışmaya ise rastlanmamıştır.

Bu çalışma ile farklı binalara ait soğuk ve sıcak şebeke suyu örneklerindeki aerobik heterotrofik bakteri, *Candida* cinsi maya ve aerobik mikrofungus varlığı araştırılmış, mikroorganizmaların sayısı belirlenmiş, izole edilen saf kültürlerin genel özelliklerinin yanında mikrofungal biyoçeşitlilik de saptanmıştır. Deneyler sonucunda örnekleme yapılan su sistemlerindeki mikrobiyal yük ve genel çeşitlilik belirlenmiş olup, fırsatçı patojen ve alerjen olabilecek mikrofungusların varlığı da ortaya konmuştur. Bu bulgular şebeke sularının dezenfeksiyonunun etkin şekilde yapılabilmesi için yapılacak çalışmalara veri oluşturacağından önem arz etmektedir.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. ŞEBEKE SUYUNUN TANIMI VE ÖZELLİKLERİ

Şebeke suları, içme ve kullanma suları olarak su dağıtım şebekeleri aracılığı ile kullanıma sunulan, günlük hayatta doğrudan ve dolaylı olarak kullanılan sulardır (Sağlık Bakanlığı, 2013). Türkiye'de şehir şebeke suları, Avrupa Birliği'ne (98/83/EC) göre uyumlaştırılan İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik'e tabi tutulmaktadır. Şebeke sularının denetlenmesi, şebeke suyunun insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere sahip mikroorganizmalar ile kontamine olmasının önüne geçebilmek için önemlidir (https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/02/20050217-3.htm, Ziyaret tarihi: 14.12.2022).

Mikroorganizmalar ile kontamine olmuş bir suyun doğrudan ya da dolaylı olarak çeşitli şekillerde kullanımı ciddi sağlık sorunlarına sebep olmakta hatta zamanla ölümle sonuçlanabilmektedir. Bu sebeple şebeke suyundaki kontaminasyonun ve kontaminasyona sebep olan mikroorganizma gruplarının tespit edilmesi önemlidir.

2.1.1. Su ile İlişkili Hastalıklar

Yurt içinde ve dışında şebeke su sistemlerinde su ve biyofilm örneklerinin çalışıldığı araştırmalar, şebeke suyunda birçok sağlık sorununa sebep olabilen patojen ve fırsatçı patojen mikroorganizmanın varlığını bildirmiştir (Hapçıoğlu ve diğ., 2005; Richards ve diğ., 2015). Sağlık Bakanlığı'na göre su ile ilişkili hastalıklar dört farklı grup altında incelenmektedir (Irmak, 2008):

Su Kaynaklı Hastalıklar: İnsan ve hayvan dışkısı kaynaklı bulaşlar sonucu mikroorganizmalar ile kontamine olmuş şebeke sularının kullanımı ile gelişen hastalıklardır. Şebeke suyunun büyük kitlelerce kullanımı sonucunda tifo, kolera gibi enfeksiyon salgın hastalıkları görülmektedir.

Su Yokluğundan Kaynaklı Hastalıklar: Yeterli miktarda içme ve kullanma suyuna erişimin olmadığı yerlerde, gıdaların yeteri kadar temizlenememesi ve giysilerin temizlenememesi sonucunda gelişen trahom ve basilli dizanteri gibi hastalıklardır. Bu hastalıkların önüne geçilebilmesi için suya erişim arttırılmalıdır.

Suda Yaşayan Canlılarla Bulaşan Hastalıklar: Parazit yumurtaları ile enfekte olan salyangoz ve midye gibi omurgasız hayvanların vücutlarında gelişen larvalar su ortamlarına geçmektedir. Bu parazitler ile kirlenmiş suların içilmesi ya da kullanılması ile şistosomiyaz, viral hepatit ve tifo gibi hastalıklar gelişmektedir.

Su ile Bağlantılı Vektörlerle Bulaşan Hastalıklar: Bazı patojen bakteri ve virüslerin, böcekler gibi canlılarla insanlara aktarılması sonucu gelişen hastalıklardır. Sıtma ve veba vektörlerle bulaşan hastalıklardandır.

2.1.2. Şebeke Suyunun Arıtılması

İstanbul yüksek sayıdaki insan nüfusu ile günlük su tüketim miktarı 2 milyon 900 bin m^3 ile oldukça yüksek bir şehirdir. Bu ihtiyacın karşılanması için farklı lokasyonlarda birçok içme ve kullanma suyu arıtma tesisi hizmet vermekte olup, bu tesislerde baraj ve akarsulardan gelen ham su çeşitli işlemlerden geçirilerek arıtılmaktadır.

Barajdan gelen su ilk olarak havalandırma havuzuna aktarılarak sudaki uçucu organik bileşikler giderilir ve demir ile manganın oksidasyonu sağlanarak suya oksijen kazandırılır. Su ozonlama ünitesine alınır. Oksijene yüksek voltajda elektrik verilerek elde edilen ozon gazı, sudaki mikroorganizmaları yok etmek için kullanılır. Hızlı karıştırma havuzuna aktarılan suya, suyun içindeki küçük maddelerin suya karıştırılan kimyasal madde ile birleştirilmesini sağlamak amacıyla alüminyum sülfat ve demir (III) Klorür maddeleri eklenir. Daha sonrasında suya polielektrolit ilave edilerek yavaş karıştırma havuzlarına alınır. Su daha sonra çöktürme havuzlarına alınarak bekletilir. Bu süre zarfında sudaki katı maddeler birleştikleri kimyasal maddeler ile birlikte dibe çöker ve üstte kalan duru su kum filtre havuzlarına alınır. Bu aşamada çöktürme havuzlarında çökmeyen maddeler kum filtre yatağında tutunarak sudan ayrılır. Son olarak su, sağlığa zararlı mikroorganizmalardan arındırılmak için klorlanır. Klor ayrıca suyun şehre ulaşana kadar boru hattı boyunca mikrobiyolojik kirlenmesini engeller. Temiz su depolara alınır, şehre verilmeden önce numune alınıp laboratuvarlarda incelenerek son kontrolleri yapılır. Ağır metallerden toksinlere, kirletici maddelerden suyun tat ve kokusuna kadar birçok analiz yapılır. İstanbul'da musluklardan akan sular için her ay düzenli olarak mikrobiyolojik, kimyasal, gösterge ve radyoaktivite parametrelerini içeren su kalite raporları yayınlanmaktadır. Buna göre İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ), şebeke sularının Türk ve Avrupa Birliği standartlarına göre yüksek kaliteye sahip olduğunu bildirmiştir.

(https://www.iski.gov.tr/web/tr-TR/kurumsal/iski-hakkinda1/iski-tesisleri, Ziyaret tarihi: 14.12.2022)

2.2. ŞEBEKE SUYUNDA TESPİT EDİLEN MİKROORGANİZMALAR VE SAĞLIK AÇISINDAN ÖNEMLERİ

Günümüze kadar su sistemleri ile ilgili yapılmış çalışmalara bakıldığında birçok mikrofungus ve bakteri türü tespit edilmiştir. Mikroorganizmalar su sistemleri boyunca suda serbest halde (planktonik) bulunabilecekleri gibi biyofilm tabakasında yerleşik (sesil) olarak da bulunabilir ve zaman zaman biyofilm tabakasından koparak suya karışabilir.

Biyofilm tabakası suda planktonik halde bulunan mikroorganizmaların yüzeylere yapışmaları ve ürettikleri polimerik matriks içerisinde çoğalmaları ile meydana gelmektedir. Su sistemlerindeki biyofilm, mikroorganizmaları besin yetersizliği gibi zorlu ortam koşullarından koruduğu için oldukça önemlidir. Bakteriler genellikle biyofilm tabakasına ilk yerleşen mikroorganizmalar olup bakterileri takiben serbest yaşayan amipler ve mikrofunguslar yerleşmektedir. Literatürdeki bazı çalışmalar su sistemlerindeki biyofilm tabakalarında bakteriler ile mikrofunguslar arasında aynı yönde anlamlı bir ilişki saptandığını ortaya koyarken bazı çalışmalar ise ters yönde bir ilişki saptandığını ortaya koymuştur (Gonçalves ve diğ., 2006).

Bakteriler, insan yapımı su sistemlerinde planktonik ya da sesil olarak bulunurlar. Zaman zaman biyofilm tabakasından koparak su ile taşınır ve başka bir yüzeyde yeniden tutunarak yeni bir biyofilm tabakasının oluşumuna neden olabilir. Su kalitesinin belirlenmesinde önemli mikroorganizmalar olan patojen bakterilerin şebeke suyunda tespit edilmesi çeşitli sağlık sorunlarına sebep olabilmektedir. Literatürde su sistemlerindeki bakteriyel kontaminasyon kaynaklı salgın vakaları bildirilmiştir (Lee ve diğ., 2002; Tran-Dinh ve diğ., 2018). Kontaminasyonların önüne geçebilmek için su sistemlerinde yapılan dezenfeksiyon işlemlerinin, tespit edilen bakterilerin Gram negatif özellikteki bakterilerden, Gram pozitif özellikteki endospor oluşturan *Bacillus* cinsi bakterilere değişiminde etkili olduğu bildirilmiştir (Norton ve Le Chevallier, 2000). Ayrıca dezenfeksiyon çalışmalarında *Bacillus* endosporlarının dezenfeksiyona dirençli oldukları bildirilmiştir (Rice ve diğ., 2005).

Su kaynaklı hastalık ve ölümlere sebep olan bakteriler, suyun normal mikroflorasında bulunmayan, *Bacillus, Streptomyces* ve *Enterobacteriaceae*'nin saprofit türlerinden oluşan

topraktan suya karışan mikroorganizmalar; fekal koliformlar, *Enterococcus faecalis*, *Clostridium perfringens* ve diğer bağırsak patojenlerinden oluşan insan ve hayvan dışkısı ile kirlenme sonucu suda bulunabilen bakterilerdir. *Salmonella* tipleri, *Shigella dysenteriae*, *Vibrio cholerae*, *Bacillus anthracis*, *Francisella tularensis*, *Pasteurella* tipleri, *Leptospirae* tipleri, *Chlamydia psittaci* gibi türler su kirliliğine neden olan bakterilerdir (Can, 2011; Guzman-Fernandez ve diğ., 2016).

Su sistemlerinde tespit edilen bakterilerin şarbon, zatürre, sindirim sistemi hastalıkları, idrar yolu enfeksiyonları, hastane enfeksiyonları gibi sağlık sorunlarına neden olabildiği bildirilmiştir (Turnbull ve diğ., 1996; Duport ve diğ., 2016).

Su sistemlerinde tespit edilen mikrofunguslar arasında su ortamlarında doğal olarak bulunan fungusların yanı sıra toprak ve hava ortamlarında doğal olarak bulunan ve su ortamına uyum sağlamış mikrofunguslar da bulunmaktadır (Kirk ve diğ., 2001). Su sistemlerinde tespit edilen mikrofungusların içerisinde patojen, fırsatçı patojen, alerjen ve toksijenik türlerin bulunduğu rapor edilmiştir (Warris ve diğ., 2001). Ayrıca su sistemlerinde mikrofungusların varlığı su sistemlerinde tıkanma ve materyallerde tahribata sebep olmakta ve bu durum ekonomik açıdan da zarara yol açmaktadır (Oliveira ve diğ., 2016). Ayrıca *Chaetomium globosum* gibi bazı mikrofunguslar suda tat ve koku problemlerine neden olmaktadır (Kikuchi ve diğ., 1981).

Mikrofunguslar da bakteriler gibi suda planktonik olarak bulunabildikleri gibi su sistemleri boyunca biyofilm tabakasında sesil olarak da bulunurlar. Mikrofunguslar, hifleri ile biyofilm tabakasında çapraz bağlanmalar yapar ve bu sebeple biyofilm tabakasından oldukça zor uzaklaştırılabilir (Babic ve diğ., 2016). Yapılan çalışmalarda şebeke su sistemlerinde ve biyofilmde mikrofungusların varlığı bildirilmiştir (Doggett, 2000).

Su sistemlerine tespit edilen mikrofungusların aspergilloz, endorkardit gibi invaziv enfeksiyonlara; keratit, otomikoz gibi yüzeysel hastalıklara neden olabildiği bildirilmiştir (Lyratzopoulos ve diğ., 2002; Alangaden, 2011).

2.2.1. Su Sistemlerinde Tespit Edilen Önemli Mikroorganizmalar

Literatürde su sistemlerinde Gram negatif özellikte (*Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli ve Legionella* gibi) özellikle bağışıklığı baskılanmış kişilerde hastalık etkeni bakterilerin varlığı bildirilmiştir. Gram negatif bakteriler idrar yolu enfeksiyonu, sindirim sistemi enfeksiyonu,

solunum sistemi enfeksiyonu, bakteriyemi ve hastane enfeksiyonlarına yol açabilmektedir. (Acar ve diğ., 1996; Biçmen ve diğ., 2004; Pavlov ve diğ., 2004; Richards ve diğ., 2015).

***Legionella*:** Su ve toprakta doğal olarak bulunan Gram negatif çomak özelliğindeki bu bakteriler, *Acanthamoeba* gibi serbest yaşayan amiplerde hücre içi paraziti olarak yaşar. Su ile birlikte soğutma kuleleri ve klimalar gibi insan yapımı su sistemlerine taşınır ve bu sistemlerde çoğalabilir. *L. pneumophila, L. anisa, L. birminghamensis, L. bozemanii* ve *L. brunensis* gibi birçok türünün insanda hastalık etkeni olduğu bildirilmiştir. *Legionella* kaynaklı hastalıklara kontamine suların yutkunma esnasında solunum yoluna kaçması ya da serbest yaşayan amipler veya biyofilm ile kontamine aerosollerin solunması neden olmaktadır. *Legionella* kaynaklı en önemli enfeksiyonlar arasında *L. pneumophila*'nın sebep olduğu Lejyoner hastalığı, ekstrapulmoner sendrom ve Pontiak ateşi yer almaktadır. Lejyoner hastalığı özellikle bağışıklık sistemi baskılanmış kişilerde ağır olarak pnömoni ile seyreden bir hastalıktır. Ekstrapulmoner sendrom, hastalığın kalp, beyin gibi diğer organlarda seyrettiği bir hastalıktır. Pontiak ateşi, pnömonik olmayan öksürük ve ateş gibi grip hastalığına benzer semptomların görüldüğü bir hastalıktır (Harrison ve Saunders,1994; Vural, 2014; Erdoğan, 2018; Yavuz, 2018).

***Pseudomonas*:** Su, toprak ve hava gibi ortamlarda doğal olarak bulunabildikleri gibi insan yapımı su sistemleri gibi farklı çevrelerde de bulunabilen Gram negatif, çomak özellikteki bakterilerdir. Ev ortamlarında tespit edilen türler arasında *P. monteilii, P. plecoglossicida* ve *P. fulva* yer almaktadır. Ev ve hastane ortamlarında en yaygın olarak tespit edilen hastalık etkeni tür ise *P. aeruginosa*'dır. *P. aeruginosa* özellikle kanser ve kistik fibrozis hastaları gibi bağışıklık sistemi baskılanmış kişilerde hastane enfeksiyonlarının gelişmesine neden olmaktadır, ayrıca yanık ünitelerinde tespit edilen fırsatçı patojen mikroorganizmalardan olduğu bildirilmiştir (Tuncer ve Akova, 1997; Park ve diğ., 2000; Speert ve diğ., 2002; Remold ve diğ., 2011).

***Escherichia coli*:** İnsan ve hayvanların bağırsak florasında doğal olarak bulunan ve su kalitesinin belirlenmesinde önemli olan fekal koliform, Gram negatif, çomak bir bakteridir. İnsanda bağırsak florasının doğal bir parçası olduğundan bağırsakta hastalık yapmaz fakat idrar yolu, böbrek gibi vücutta farklı yerlere geçerlerse enfeksiyon yaptıkları bildirilmiştir. *E. coli*'nin enterotoksijenik, enteropatojenik, enterohemorajik, enteroinvaziv, enteroaggregatif bazı suşları, ishal, gastroenterit, hemolitik üremik sendrom gibi hastalıklara neden olmaktadır. (Hunter, 2003; Pennington, 2010).

***Bacillus*:** Su, toprak gibi çevrelerde bulunan *Bacillus* cinsi bakteriler, Gram pozitif, aerobik/fakültatif aerob, endospor oluşturan çomaklardır (Claus ve diğ., 1986; Logan ve diğl., 2009). *Bacillus* spp. bakterilerin çoğu patojen olmasa da hastalık etkeni türleri vardır. *B. anthracis, B. cereus, B. subtilis, B. licheniformis, B. mycoides* ve *B. thuringiensis* en önemli türler arasında yer almaktadır (Priest, 1993). *B. anthracis*, enfekte hayvanlarla temas, hayvansal ürünlerin tüketimi ile şarbon hastalığına neden olmaktadır. Kutanöz, akciğer ve bağırsak şarbonu olmak üzere vücudun farklı bölgelerinde hastalık yapmaktadır (Turnbull ve diğ., 1996). *B. cereus* ve *B. subtilis'*in endokardit, menenjit, septisemi, solunum yolu, idrar yolu ve sindirim sistemi enfeksiyonlarına, kulak ve gözde enfeksiyonlara neden olduğu bildirilmiştir (Turnbull ve diğ., 1996; Duport ve diğ., 2016).

Bakterilerin yanı sıra, su sistemlerinde bağışıklık sistemi baskılanmış kişilerde fırsatçı enfeksiyonlara ve hassasiyeti olan kişilerde alerjilere sebep olduğu bilinen *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Fusarium* spp. ve *Candida spp.* varlığı bildirilmiştir (Hayette ve diğ., 2010; Ma ve diğ.,2015; Kadaifçiler ve Demirel, 2018).

***Aspergillus*:** Su, hava ve toprakta doğal olarak bulunabilir. Suda planktonik olarak ya da biyofilm tabakasında sesil olarak bulunup zaman zaman suya geçebilirler. Biyofilm tabakası, mikroorganizmaları normalde dirençli olmadıkları antimikrobiyal ajanlara, değişen olumsuz çevre koşullarına karşı direnç göstermelerini sağlamaktadır. *Aspergillus* biyofilmleri sulara periyodik ya da sürekli olarak fungal sporların salınması ile sulardaki *Aspergillus* kontaminasyonlarının kaynağı olarak değerlendirilebilmektedir. (Kauffmann-Lacroix ve diğ., 2016; Richardson ve Rautemaa Richardson, 2019). Suda bulunan küçük boyutlardaki fungal sporlar kolaylıkla aerolize olup, insanlar tarafından solunabilir. *A. flavus, A. fumigatus, A. lentulus, A. terreus, A. ustus* gibi *Aspergillus* türlerinin özellikle bağışıklığı baskılanmış kişilerde aspergilloz gibi enfeksiyonlara neden olduğu bildirilmiştir (Malani ve Kauffman, 2007; Alangaden, 2011). Aspergilloz, akciğerler, sinüsler gibi bölgelerde oluşan vücudun çeşitli dokularını/organlarını etkileyen alerjik bir reaksiyondur. İnvaziv aspergilloz, özellikle organ transplantasyonu ve kanser hastaları gibi bağışıklığı baskılanmış kişilerde ağır seyreden bir aspergilloz türüdür (Patterson ve diğ., 2016).

***Penicillium*:** Su, hava ve toprakta bulunabildiği gibi ekstrem çevrelerde bulundukları da bildirilmiştir. Su ortamında, suda planktonik ya da biyofilmde sesil olarak bulunabilir (Yadav ve diğ., 2018). Özellikle bağışıklığı baskılanmış kişilerde hastalıklara neden olabilmektedirler.

Penicillium türlerinin nefrotoksik etkileri, özellikle astım hastalarında alerjik etkileri olabildiği; keratit, otomikoz gibi yüzeysel hastalıklara; endokardit, perikardit gibi invaziv enfeksiyonlara neden olabildikleri bildirilmiştir (Lyratzopoulos ve diğ., 2002).

***Fusarium*:** Su sistemlerinde tespit edilen fırsatçı patojen özellikte bir mikrofungustur. *F. solani, F. moniliforme, F. oxysporum* gibi türlerinin kanser ve organ nakli hastaları gibi bağışıklığı baskılanmış kişilerde invaziv *Fusarium* enfeksiyonlarına neden oldukları bildirilmiştir. Deride oluşan lezyonlar, solunum yolundaki enfeksiyonlar *Fusarium* kaynaklı hastalıklardandır (Boutati ve Anaissie, 1997).

***Candida*:** Su sistemlerinde tespit edilen fırsatçı patojen özellikle bir mayadır. *Candida albicans* gibi bazı *Candida* türleri, insanın doğal florasında bulunabilmesine rağmen zaman zaman bağışıklığı baskılanmış kişiler, kanser hastaları ile ağır hasta kişilerde candidemia olarak adlandırılan invaziv *Candida* enfeksiyonlarına neden olabilmektedir (Alangaden, 2011). Yoğun bakım ünitelerinde enfeksiyonlara neden olabilen mikrofunguslar arasında yer almaktadır. *Candida* özellikle hastane enfeksiyonları ile ilişkilendirilmektedir. Bu enfeksiyonların ellerin temizlenmemesi gibi yetersiz hijyen koşullarından kaynaklandığı bildirilmiştir (Pappas ve diğ., 2003).

2.2.2. Su Sistemlerindeki Mikroorganizmalar Üzerine Yürütülmüş Örnek Çalışmalar

Zacheus ve Martikainen (1995) Finlandiya'da yürüttükleri çalışmalarında 67 soğuk ve sıcak su örneğinde bakteri ve mikrofungusların varlığını yüzeye yayma ekim ve membran filtrasyon yöntemlerini kullanarak araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda soğuk su örneklerinde yüksek sayıda mezofilik heterotrofik bakteri, çok düşük sayıda termofilik bakteri ile mezofilik mikrofungus; sıcak su örneklerinde ise yüksek sayıda termofilik bakteri ile düşük sayıda mezofilik heterotrofik bakteri tespit edilmiştir. Ayrıca soğuk su örneklerindeki toplam mikroorganizma sayısının sıcak su örneklerindeki üremeden daha yüksek olduğu bildirilmiştir.

Hapçıoğlu ve diğ. (2005) İstanbul ilindeki bir hastaneye ait su sistemlerinde yaptıkları çalışmada, filamentöz mikrofungusların ve heterotrofik bakterilerin varlığını araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda su örneklerinden *Bacillus* spp. (%77), *B. cereus* (%11), *Pseudomonas* spp. (%5) ve *Staphylococcus* spp. (%4) ait bakteriler ile *Penicillium* spp. (%24), *Aspergillus* spp. (%8) ve *Acremonium* spp. (%5) ait mikrofunguslar izole edilmiştir.

Köksal ve diğ. (2007) İstanbul ilinde yaptıkları çalışmada 1657'si şebeke su örneği olmak üzere toplam 2237 su örneğinde dışkı kaynaklı *E. coli* ve koliform bakterilerin yanı sıra enteropatojenik *E. coli* (EPEC), *Salmonella, Shigella, Vibrio cholerae, Yersinia enterocolytica, Campylobacter, Aeromonas, Pseudomonas* ve *Plesiomonas* varlığını araştırmışlardır. Çalışma sonucunda şebeke suyu örneklerinde *Aeromonas* ağırlıklı olmak üzere *Pseudomonas, E. coli* ve koliform bakterilerin varlığı tespit edilmiştir.

Alemdar ve diğ. (2009) Bitlis merkez ve ilçelerindeki şebeke sularını mikrobiyolojik özellikleri açısından inceledikleri çalışmalarında depo ve musluk sularından toplam 164 örnek almıştır. Membran filtrasyon yöntemi kullanılarak yapılan bakteriyolojik analizler sonucunda örneklerin %30'unun enterokok, %12'sinin koliform, %24'ünün sülfit indirgeyen anaeroblar ve %8'inin *E. coli* yönünden standartlarda bildirilen kriterlere uygunluk göstermediği tespit edilmiştir.

Hayette ve diğ. (2010) yaptıkları çalışma kapsamında Belçika'daki bir hastaneden aldıkları 197 sıcak ve soğuk su örneğinde filamentöz fungusların varlığını araştırmışlardır. Araştırmada membran filtrasyon yöntemi kullanılmıştır. Mikrofungal izolatların, makromorfolojik ve mikromorfolojik özelliklerinin incelenmesinin yanı sıra farklı sıcaklıklarda üreme yetenekleri de incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda soğuk su örneklerinin %65'inde, sıcak su örneklerinin ise %38'inde filamentöz mikrofungus varlığı tespit edilmiştir. *Aspergillus* spp. baskın olmak üzere içlerinde *Fusarium* spp. ve *Cladosporium* spp.'nin de dahil olduğu 9 farklı cinse ait fungus tayin etmişlerdir. Yalnızca baskın cins olan *Aspergillus* spp. tür düzeyinde teşhis edilmiştir.

Coşkun ve diğ. (2012) Çanakkale ilinde yaptıkları çalışmada musluk suyu örneklerini bakteriyolojik kontaminasyon açısından membran filtrasyon yöntemi kullanılarak incelemiş olup, 40 örneğin 28'inde aerobik mezofilik bakteri, 18'inde koliform ve 1'inde *E. coli* saptamışlardır.

Sautour ve diğ. (2012) Fransa'da bulunan bir üniversite hastanesinde yürüttükleri çalışmada antifungallere oldukça dayanıklı bir mikrofungus cinsi olan *Fusarium* sp.'nin su dağıtım sistemindeki varlığını araştırmışlardır. Çalışmada membran filtrasyon yöntemi kullanılmış olup elde edilen 146 izolat içerisinde *F. oxysporum* ve *F. dimerum* türleri tespit edilmiştir.

Vaz-Moreira ve diğ. (2012) Portekiz'de şebeke su örneklerinde yaptıkları çalışmada membran filtrasyon yöntemi kullanarak elde ettikleri Gram negatif çomak, oksidaz ve katalaz pozitif

özelliklerini gösteren bakteri izolatlarını *Pseudomonas* cinsi bakterilere özgü 16S rRNA gen primerlerini kullanarak moleküler yöntemlerle tanımlamışlardır. Klasik kültür yöntemlerine ek olarak moleküler yöntemlerle tespit edilen 3500'den fazla bakteriden 138'inin *Pseudomonas* cinsine ait olduğunu ve bu *Pseudomonas* izolatlarının yarısından fazlasının çoklu antibiyotik direnci gösterdiklerini bildirmişlerdir.

Berikten (2013), Kütahya ve Afyon illerinde bulunan kaplıcalardan aldığı sıcak su örneklerinde termofilik filamentöz mikrofungusların izolasyonu için membran filtrasyon yöntemini kullanarak *Myceliophthora, Melanocarpus, Rhizomucor, Thermomyces, Humicola, Scytalidium, Talaromyces, Thielavia* ve *Malbranchea* cinsi mikrofungusları izole etmiştir.

Henne ve diğ. (2013) Almanya'da yürüttükleri çalışmalarında yüzey suları ile beslenen soğuk ve sıcak su örneklerinde bakteriyel yükü araştırmışlardır. Çalışmada membran filtrasyon yöntemi ile su örneklerinden bakterileri izole edip, moleküler yöntemler ile filum düzeyinde tanımlamalarını gerçekleştirmişlerdir. Soğuk ve sıcak su örneklerinde Alphaproteobacteria, Betaproteobacteria, Betaproteobacteria, Acidobacteria, Actinobacteria, Bacteroidetes, Cyanobacteria, Firmicutes, Planctomycetes filumlarına ait bakterilerin varlığı tespit edilmiş olup soğuk su örneklerinde sıcak su örneklerine kıyasla daha çok bakteri tespit edildiği bildirilmiştir.

Avcı ve diğ. (2014) Malatya ilinde içme ve kullanma sularındaki bakteriyolojik kontaminasyonun belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışma kapsamında 1592 adet su örneğini membran filtrasyon yöntemi ile incelemişlerdir. Çalışmanın sonunda 454 su örneği su kalitesi açısından içilemez bulunmuştur.

Ma ve diğ. (2015) Amerika Birleşik Devletleri'ndeki bir hastanenin sıcak su sisteminde dezenfeksiyon öncesi ve sonrası mikrofungal çeşitliliği araştırmışlardır. Monokloramin ile dezenfeksiyonun etkili bir sonuç vermediğini bildirmişlerdir. Çalışma sonucunca dezenfeksiyon öncesi ve sonrasında baskın cins *Penicillium* olmak üzere, *Aspergillus, Candida, Cladosporium, Fusarium, Peniophora, Rhodosporidium* cinsi mikrofungusları tespit etmişlerdir.

Luby ve diğ. (2015) Bangladeş'te yürüttükleri çalışmada 500 eve ait musluk sularından alınan su örneklerini membran filtrasyon yöntemi ile çalışmıştır. Çalışma sonucunda toplanan örneklerin %59'unda *E. coli* bakterisi saptamışlardır. 2 yıl süren çalışmada toplam 544 çocuk

içerisinde, su örneklerinde *E. coli* saptanan evlerde yaşayan çocukların ishal olma oranı, su örneklerinde *E. coli* saptanmayan evlerde yaşayanlara oranla %35 daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır.

Richards ve diğ. (2015) Amerika Birleşik Devletleri'nde yaptıkları çalışmada 57 yapının, 43 adet özel konutun tuvalet lavabolarındaki ve 14 adet kamu binasının mutfak veya tuvalet lavabolarındaki musluklardan biyofilm ve musluk suyu örneklerinden bakteri izolasyonu yapmak için membran filtrasyon ve yüzeye yayma ekim yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışma sonucunda insanlarda ciddi sağlık sorunlarına yol açabilen *Mycobacterium, Legionella* ve *Helicobacter* cinslerine ait bakterileri izole etmiş ve şebeke suyunda fekal kontaminasyonun olduğunu bildirmişlerdir.

Elal Muş ve Çetinkaya (2017) Bursa ilinde yaptıkları çalışmada içme ve kullanma sularının mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesi amacıyla şebeke sularında membran filtrasyon yöntemini kullanarak indikatör bakterilerin varlığını araştırmışlardır. Çalışma sonucunda su örneklerinin %37.5'inde koliform, *E. coli* ve *Staphylococcus aureus* bakterilerini saptamışlardır.

Kadaifçiler ve Demirel (2018) İstanbul ilinde şebeke su sistemine bağlı ev, hastane ve alışveriş merkezlerinden aldıkları 86 su örneğinde mikotoksijenik fungusların varlığını ve toplam fungus sayısını araştırmışlardır. Çalışmada membran filtrasyon yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda *Penicillium* spp. ve *Aspergillus* spp. başta olmak üzere *Aureobasidium pullulans, Fusarium oxysporum, Alternaria alternata* ve *Cladosporium cladosporioides* türleri dahil olmak üzere 32 farklı tür tespit edilmiştir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. SU ÖRNEKLERİNİN ALINMASI

Su örneklerinin alınmasında 1 litre (L) hacimli, vida kapaklı steril plastik şişeler kullanılmıştır. Örneklemeden önce şişeler %5 sodyum hipoklorit ile muamele edilip ardından deterjan ile yıkanmış ve çeşme suyu ile iyice durulanıp kurutulduktan sonra 121 °C'de 15 dakika (dk) otoklavlanarak steril edilmiştir. Steril edilen şişelere, suda bulunan serbest kloru nötralize etmek amacı ile 1 L örnek için ticari olarak hazır satılan 0.1 N steril sodyum tiyosülfat ($Na_2S_2O_3$) (Norateks) çözeltisinden 0.5 mililitre (ml) ilave edilmiştir (Winn, 1995; Fields, 1997).

Su örnekleri, İstanbul'da şebeke suyuna bağlı rastgele seçilmiş 20 farklı binanın duş başlıklarından alınmıştır. Seçili binaların şebeke suları, Büyükçekmece, Cumhuriyet, Elmalı, İkitelli, Kağıthane ve Ömerli gibi farklı içme suyu arıtma tesislerinden beslenmektedir. Su örnekleri alınmadan önce su 1 dk boşa akıtılmıştır (Vesper ve diğ., 2007). Duş başlıklarından sırasıyla farklı steril şişelere 1'er L soğuk ve sıcak su örnekleri alınmıştır. Örnek alımı esnasında su örneklerinin sıcaklık, pH ve serbest klor değerleri ölçülmüştür. Ayrıca örnek alınan binaların yaşı, su sistemlerinin boru materyal çeşidi ve su deposu olup olmamasına dair genel özellikleri not edilmiştir. Alınan su örnekleri mevcut sıcaklıklarını muhafaza eden taşıma çantaları içerisinde en kısa sürede laboratuvara getirilmiştir.

3.2. SU ÖRNEKLERİNİN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

3.2.1. Sıcaklık

Su örneklerinin sıcaklıkları, örnek alımı esnasında 0 °C ile 100 °C arası ölçüm yapabilen cam termometre ile ölçülmüştür (Göksay, 2005).

3.2.2. pH Değeri

Su örneklerinin pH değerleri, örnek alımı esnasında pH çubukları ile ölçülerek belirlenmiştir (Göksay, 2005).

3.2.3. Serbest Klor Değeri

Sudaki serbest klor miktarını belirlemek için ölçümler örnek alımı esnasında 0.2-5 ppm arasındaki klor miktarlarını tespit edebilen klor ölçüm kiti (Norateks) ile yapılmıştır. 10 ml su örneği üzerine 5 damla o-Toludin (Norateks) ayıracı damlatılıp çalkalandıktan sonra 5 dk beklenmiş ve bekleme süresi sonunda oluşan renk, standart renk göstergesi ile karşılaştırılarak serbest klor miktarı belirlenmiştir (Göksay, 2005).

3.3. SU ÖRNEKLERİNİN MİKROBİYOLOJİK ANALİZİ

3.3.1. Aerobik Heterotrofik Bakteri Sayımı ve İzolasyonu

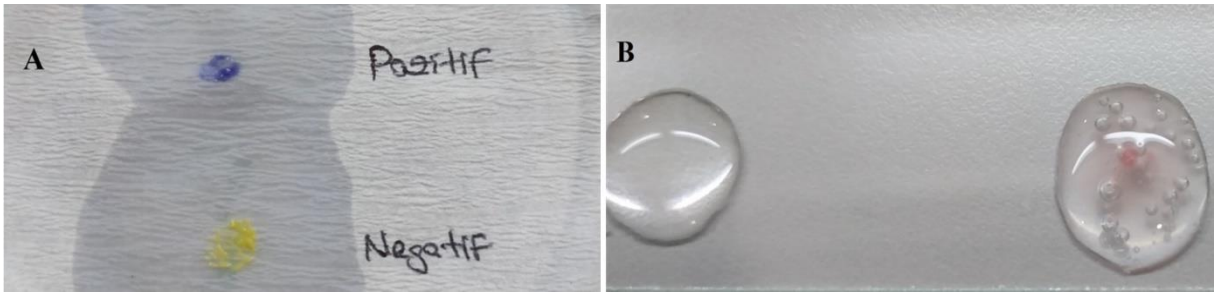
Su örneklerini içeren şişeler vorteks (Biosan) ile homojen hale getirilmiştir. Steril koşullarda 500'er ml soğuk ve sıcak su örnekleri 47 mm çapında 0.22 µm por çaplı naylon filtre kullanılan membran filtrasyon cihazından (Millipore) ayrı ayrı süzülmüştür. Membran filtrasyon işleminden sonra filtrelerin, 10 ml steril çeşme suyu ile 1 dk Stomacher cihazında (IUL Instruments S.A.) çalkalanması sonrasında elde edilen yoğunlaştırılmış örneklerden steril çeşme suyu kullanılarak 10^{-3}' e kadar sulandırma serileri hazırlanmıştır. Yoğunlaştırılmış örneklerden direkt ve hazırlanan sulandırma serilerinden 100'er µl alınarak R2A besiyerlerine yüzeye yayma (YY) yöntemi kullanılarak ekim yapılmıştır (Sungur ve Doğruöz, 2008). Ekimler üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Soğuk su örneklerinden ekim yapılan petri kutuları 28 ± 2 °C'de, sıcak su örneklerinden ekim yapılan petri kutuları ise 37 °C'de 7 gün etüvde bekletilmiştir (Vaz-Moreira ve diğ., 2017; Leginowicz ve diğ., 2018). Petri kutularındaki üreme durumları 24 saatlik periyotlar halinde kontrol edilmiştir. Bekleme süresi sonunda petri kutularında üreyen bakteri kolonileri sayılarak 100 ml'deki aerobik heterotrofik bakteri (AHB) sayısı hesaplanmıştır (kob/100 ml). Farklı morfolojik özellik gösteren bakteri kolonilerinin morfolojisi not edilmiş ve Gram özellikleri belirlenmiştir. Saf olduğu tespit edilen bakteri kolonilerinin yatık R2A besiyerlerine öze ile transferleri yapılmıştır. Üremeleri gerçekleştikten sonra saf kültürler +4 ºC'de saklanmıştır. Ayrıca Gram pozitif basil morfolojisindeki izolatların spor boyamaları yapılmıştır (Çotuk ve Sungur, 2015).

3.3.2. Aerobik Heterotrofik Bakterilerin Oksidaz ve Katalaz Aktivite Tayinleri

Oksidaz aktivite tayininde kullanılacak olan oksidaz ayıracı, oksijene ve ışığa duyarlı olduğu için tayinden hemen önce ağzı sıkıca kapatılmış bir şişeye tartılıp sulandırılarak hazırlanmış ve

alüminyum folyo ile sarılarak laboratuvara getirilmiştir. R2A besiyerinde 24 saatlik taze kültürleri hazırlanmış AHB izolatlarından steril koşullarda platin öze yardımı ile bir miktar kültür alınarak steril bir petri kutusunda bulunan filtre kağıdına bırakılmıştır. Kültürün üzerine steril damlalık ile bir damla oksidaz ayracı damlatılıp 5-10 saniye beklenmiştir. 5-10 saniye sonunda kültürün renginde mavi-mor renk değişimi pozitif, renk değişimi gerçekleşmemesi durumu da negatif sonuç olarak değerlendirilmiştir (Çotuk ve Sungur, 2015) (Şekil 3.1). Her bakteri izolatı için oksidaz aktivite tayini farklı steril petrilerdeki filtre kağıtları üzerinde yapılmıştır.

Katalaz aktivite tayini öncesinde %3'lük katalaz ayıracı ağzı sıkıca kapatılmış olan küçük bir şişeye aktarılmıştır. R2A besiyerinde 24 saatlik taze kültürleri hazırlanmış AHB izolatlarından steril koşullarda platin öze yardımı ile bir miktar kültür alınarak steril bir petri içerisinde bulunan lam üzerine bırakılmıştır. Kültürün üzerine steril damlalık ile %3'lük katalaz ayıracından bir damla damlatılmıştır. Birkaç saniye içerisinde kültür üzerinde gözle görülür gaz kabarcıklarının oluşması pozitif, gaz kabarcıklarının oluşmaması ise negatif sonuç olarak değerlendirilmiştir (Çotuk ve Sungur, 2015) (Şekil 3.1). Her bakteri izolatı için katalaz aktivite tayini farklı steril petri kutularındaki lamlar üzerinde yapılmıştır.



Şekil 3.1: A: Oksidaz aktivite tayini, B: Katalaz aktivite tayini (solda negatif sonuç, sağda ise pozitif sonuç görülmektedir).

3.3.3. *Candida* Cinsi Maya İzolasyonu

Soğuk ve sıcak su örneklerinden AHB izolasyonu için ayrı ayrı hazırlanan yoğunlaştırılmış örneklerden ve bu örneklerin sulandırma serilerinden 1 ml alınarak, *Candida* cinsi mayaların izolasyonu için *Candida* Agar besiyerlerine YY yöntemi ile ekim yapılmıştır. Ekimler üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Soğuk su örneklerinden ekim yapılan petri kutuları 30 °C'de, sıcak su örneklerinden ekim yapılan petri kutuları ise 35 ± 2 °C'de 2 gün etüvde bekletilmiştir.

Bekleme süresi sonunda üreme durumu kontrol edilmiştir (Hi-Media, 2003; Göksay Kadaifçiler ve Çotuk, 2014).

3.3.3. Aerobik Mikrofungus İzolasyonu ve Sayımı

Soğuk ve sıcak su örneklerini içeren şişeler vorteks cihazında homojen hale getirilmiştir. Steril koşullarda her bir örnek için ayrı olarak steril çeşme suyu kullanılarak 10^{-3}' e kadar sulandırma serileri hazırlanmıştır. Hem doğrudan su örneği şişelerinden hem de sulandırma serilerinden alınan 100'er ml su örnekleri 47 mm çapında, 0.45 µm por çaplı, nitroselüloz membran filtreler kullanılarak membran filtrasyon cihazından süzülmüştür. Steril pens yardımı ile alınan membran filtreler, streptomisin antibiyotiği eklenmiş Sabouraud Dekstroz Agar (SDA) besiyerini içeren petri kutularına transfer edilerek ekim işlemi yapılmıştır (Sammon ve diğ., 2011). Ekimler üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Soğuk su örneklerinden ekim yapılan petri kutuları 25 ± 2 °C'de 7 gün, sıcak su örneklerinden ekim yapılan petri kutuları ise 37 °C'de 30 güne kadar etüvde bekletilmiştir. Petri kutularındaki üreme durumları 24-48 saatlik periyotlar halinde kontrol edilmiştir (Figueiredo Fonseca ve diğ., 2010; Babic ve diğ., 2016).

Bekleme süresi sonunda petri kutularında üreyen kolonilerin sayımı yapılarak 100 ml'deki aerobik mikrofungus sayısı belirlenmiştir (kob/100 ml). Farklı makromorfolojik özellik gösteren mikrofungus kolonilerinin özellikleri not edilmiş ve laktofenol pamuk mavisi solüsyonu kullanılarak hazırlanan preparatlar ışık mikroskobu altında incelenerek hem mikromorfolojik özellikleri incelenmiş hem de kültürlerin saf olup olmadıkları belirlenmiştir. Saf olduğu tespit edilen mikrofungus kolonilerinin yatık SDA besiyerlerine öze ile transferleri yapılmıştır. Üremeleri gerçekleştikten sonra saf kültürler +4 ºC'de saklanmıştır.

3.3.5. Aerobik Mikrofungus İzolatlarının Uzun Süreli Saklanması

Aerobik mikrofungus izolatlarının uzun süreli saklanmasında, saf fungus sporları içeren kriyo tüplerin düşük sıcaklıkta dondurularak saklanması yöntemi kullanılmıştır. Öncelikle mikrofungus izolatlarının SDA besiyerlerinde taze kültürleri hazırlanmıştır. Her bir izolat için steril koşullarda iğne öze yardımı ile fungus kolonilerinden alınan sporlar, içerisinde steril 1 ml spor süspansiyon tamponu bulunan kriyo tüpe aktarılmış ve tüpteki son hacmi %30 olacak miktarda steril gliserol eklenmiştir. Vortekslenerek homojen hale getirilen kriyo tüpler, -86 °C'deki derin dondurucuda (New Brunswick Scientific) muhafaza edilmiştir (Samson ve diğ., 2014).

3.3.6. Aerobik Mikrofungus İzolatlarının Cins veya Tür Düzeyinde Tayini

Saf mikrofungus izolatlarının öncelikle cins düzeyinde tayinleri için Malt Ekstrakt Agar (MEA) besiyerinde 25 ± 2 °C'de 7-14 günlük taze kültürleri hazırlanmıştır. Taze kültürlerin, stereo mikroskop kullanılarak (x45) makroskobik özellikleri (koloni çapı, koloni rengi, koloni dokusu, eksudasyon, pigmentasyon vb.) ve laktofenol pamuk mavisi solüsyonu ile hazırlanan preparatlarının ışık mikroskobu (x500, x1000) kullanılarak mikroskobik özellikleri (spor yapısı, spor rengi, stipe şekli vb.) incelenerek tayinleri yapılmıştır (Barnett ve Hunter, 1999).

Hücre çeperinde koyu renk pigment bulunan *Chaetomium* cinsi mikrofungus izolatları ile *Acremonium, Arthroderma, Botrytis, Chrysosporum, Monocillium, Phialophora* ve *Scopulariopsis* cinsi mikrofungus izolatlarının cins ve tür düzeyinde tayinleri için taze kültürlerden Patates Dekstroz Agar (PDA) ve MEA besiyerlerine iğne öze ile üç nokta ekimleri yapılarak petri kutuları 25 °C'de 14 gün, yeterli spor oluşumunun gerçekleşmemesi durumunda ise 30 güne kadar bekletilmiştir. Bekleme süreleri sonunda koloni morfolojilerinin (koloni altı rengi, koloni kenar özellikleri vb.) ve hazırlanan preparatlar ile mikromorfolojik özelliklerinin (spor çapı, spor çeşitleri vb.) ayrıntılı incelenmesi sonrasında tayin işlemi gerçekleştirilmiştir (Ellis, 1971).

Aspergillus cinsi mikrofungus izolatlarının tür düzeyinde tayinleri için taze kültürlerden Czapek Dox Agar (CDA), %20 Sükrozlu Czapek Yeast Ekstrakt Agar (CY20S), Czapek Yeast Ekstrakt Agar (CYA) ve MEA besiyerlerini içeren petri kutularına üç nokta ekimleri yapılmış ve petri kutuları 25 °C' de 7 gün bekletilmiştir. Ayrıca 1 adet CYA besiyeri içeren petri kutusuna da 3 nokta ekim yapılarak petri kutusu 37 °C'de 7 gün bekletilmiştir (Klich, 2002; Sammon ve diğ., 2010).

Bekleme süresinin sonunda *Aspergillus* cinsi mikrofungus izolatlarının koloni ve koloni tersi rengi, çözünür pigmentasyon bulunup bulunmadığı belirlenmiş, koloni çapı (mm) ölçülmüştür. Stereo mikroskopta koloni dokusu ile eksuda, sklerotia ve kleistotesyum yapılarının bulunup bulunmadığı incelenerek makromorfolojik özellikleri belirlenmiştir. Laktofenol pamuk mavisi boyası ile hazırlanan preparatların ışık mikroskobunda incelenmesi sonucu seriasyon (uniseriat/biseriat), konidia (boyut, pürüzlü/pürüzsüz), stipe (boyut, renk, pürüzlü/pürüzsüz), fiyalid (bir/iki sıra), vesikül (şekil, boyut) özellikleri, Hülle hücresi ve askospor yapılarının

bulunup bulunmadığı incelenerek mikromorfolojik özellikleri belirlenmiştir. Belirlenen özellikler dikkate alınarak tayin işlemleri gerçekleştirilmiştir (Klich, 2002).

Penicillium cinsine ait mikrofungus izolatlarının tür düzeyinde tayinleri için taze kültürlerden CYA, MEA, %25 Gliserol Nitrat Agar (G25N), Yeast Ekstrakt Sükroz Agar (YES) ve Kreatin Sükroz Agar (KSA) besiyerlerini içeren petri kutularına 3 nokta ekimleri yapılmıştır. Petri kutuları 25 °C'de 7 gün bekletilmiştir. Ayrıca 2 adet CYA besiyeri bulunan petri kutusuna da 3 nokta ekim yapılarak petri kutularından biri 5 °C'de, diğeri ise 37 °C'de 7 gün bekletilmiştir (Pitt, 1979 ve 2000; Sammon ve diğ., 2010).

Bekleme süreleri sonunda *Penicillium* cinsi mikrofungus izolatlarının koloni ve koloni tersi rengi, çözünür pigmentasyon bulunup bulunmadığı belirlenmiş, koloni çapı (mm) ölçülmüştür. Stereo mikroskopta asit baz oluşumu, koloni dokusu ile eksuda, sklerotia ve eşeyli üreme yapılarının bulunup bulunmadığı incelenerek makromorfolojik özellikleri belirlenmiştir. Laktofenol pamuk mavisi boyası ile hazırlanan preparatların ışık mikroskobunda incelenmesi sonucu konidyofor dallanma yapısı (mono/bi/terver/quarter verticillate), konidyal baş (küresel/dairesel), konidia (boyut, pürüzlü/pürüzsüz), stipe (boyut, renk, dallanmış/dallanmamış, pürüzlü/pürüzsüz) yapıları ve özellikleri, metula, aski ve askokarp yapılarının bulunup bulunmadığı incelenerek mikromorfolojik özellikleri belirlenmiştir. Belirlenen özellikler dikkate alınarak tayin işlemleri gerçekleştirilmiştir (Pitt, 2000).

Cins veya tür tayini yapılan mikrofungusların ve fungal yazarların isimleri "Index Fungorum Partnership" web sitesine göre güncellenerek standardize edilmiştir (Hawksworth ve diğ., 2011). Tayini yapılan mikrofungusların dahil oldukları filumlar Mycobank web sitesine göre güncellenmiştir (http://www.mycobank.org/quicksearch.aspx).

3.4. KULLANILAN BESİYERLERİ VE KİMYASAL MADDELER

3.4.1. R2A Agar Besiyeri

Su örneklerindeki AHB'lerin izolasyonu, sayımı ve saf kültüre alınmasında kullanılan R2A besiyerinin içeriği;

Kazein enzimik hidrozilat	0.25 g
Peptit	0.25 g

Kazein asit hidrozilat	0.5 g
Maya ekstraktı	0.5 g
Glikoz ($C_6H_{12}O_6$)	0.5 g
Nişasta	0.5 g
Dipotasyum hidrojen fosfat (K_2HPO_4)	0.03 g
Magnezyum sülfat, heptahidrat ($MgSO_4.7H_2O$)	0.5 g
Sodyum pirüvat ($NaCH_3COCOO$)	0.03 g
Agar	15 g
Distile su	1000 ml

pH 7.2 ± 0.2 (25 °C'de), 121 °C'de 15 dk steril edilmiştir.

3.4.2. *Candida* Agar Besiyeri

Su örneklerinden *Candida* cinsi mayaların izolasyonu için kullanılan *Candida* agar besiyerinin içeriği;

Maya ekstraktı	4 g
Özel pepton	15 g
Dipotasyum hidrojen fosfat (K_2HPO_4)	1 g
Kormonojenik karışım	7.22 g
Kloramfenikol	0.5 g
Agar	15 g
Distile su	1000 ml

pH 6.3 ± 0.2 (25 °C'de), 121 °C'de 15 dk steril edilmiştir.

3.4.3. Sabouraud Dekstroz Agar Besiyeri (Streptomisin ilavesi ile)

Su örneklerinden aerobik mikrofungusların izolasyonu için kullanılan Sabouraud dekstroz agar besiyerinin içeriği;

Mikolojik pepton	10 g
Glikoz ($C_6H_{12}O_6$)	40 g
Agar	15 g
Distile su	1000 ml

pH 5.6 ± 2 (25 °C'de), 121 °C'de 15 dk steril edilmiştir.

Streptomisin sülfat ($C_{21}H_{39}N_7O_{12}$)	0.5 g

Streptomisin sülfat antibiyotiği besiyeri steril edildikten sonra steril koşullar altında eklenir.

3.4.4. Malt Ekstrakt Agar Besiyeri

Mikrofungus izolatlarının tür tayinlerinde kullanılan Malt ekstrakt agar besiyerinin içeriği;

Malt ekstraktı	20 g
Pepton	1 g
Glikoz ($C_6H_{12}O_6$)	20 g
Agar	20 g
Distile su	1000 ml

121 °C'de 15 dk steril edilmiştir.

3.4.5. Patates Dekstroz Agar Besiyeri

Aspergillus ve *Penicillium* cinslerine dahil olmayan mikrofungus izolatlarının tayininde kullanılan Patates dekstroz agar besiyerinin içeriği;

Patates ekstraktı	200 g
Dekstroz ($C_6H_{12}O_6$)	20 g
Agar	15 g
Distile su	1000 ml

pH 5.6 ± 0.2 (25 °C'de), 121 °C'de 15 dk steril edilmiştir.

3.4.6. Czapek Stok Solüsyonu

Aspergillus ve *Penicillium* cinsi mikrofungus izolatlarının tür tayinlerinde kullanılan besiyerlerinin hazırlanmasında kullanılan Czapek stok solüsyonunun içeriği;

Sodyum nitrat ($NaNO_3$)	30 g
Potasyum klorür (KCl)	5 g
Magnezyum sülfat heptahidrat ($MgSO_4.7H_2O$)	5 g
Demir (III) sülfat heptahidrat ($FeSO_4.7H_2O$)	0.1 g
Bakır sülfat pentahidrat ($CuSO_4.7H_2O$)	0.05 g
Çinko sülfat heptahidrat ($ZnSO_4.7H_2O$)	0.1 g
Distile su	100 ml

Steril edilmeksiniz önerilen miktarlarda besiyerlerine eklenir.

3.4.7. Czapek Yeast Ekstrakt Agar Besiyeri

Aspergillus ve *Penicillium* cinslerine ait mikrofungus izolatlarının tür tayinlerinde kullanılan Czapek yeast ekstrakt agar besiyerinin içeriği;

Dipotasyum hidrojen fosfat (K_2HPO_4)	1 g
Czapek solüsyonu	10 ml

Maya ekstraktı	5 g
Sükroz ($C_{12}H_{22}O_{11}$)	30 g
Agar	15 g
Distile su	1000 ml

121 °C'de 15 dk steril edilir.

3.4.8. Czapek Dox Agar Besiyeri

Aspergillus cinsi mikrofungus izolatlarının tür tayinlerinde kullanılan Czapek dox agar besiyerinin içeriği;

Dipotasyum hidrojen fosfat (K_2HPO_4)	1 g
Czapek solüsyonu	10 ml
Sükroz ($C_{12}H_{22}O_{11}$)	30 g
Agar	17.5 g
Distile su	1000 ml

121 °C'de 15 dk steril edilmiştir.

3.4.9. %20 Sükrozlu Czapek Yeast Agar Besiyeri

Aspergillus cinsi mikrofungus izolatlarının tür tayinlerinde kullanılan besiyerinin içeriği;

Dipotasyum hidrojen fosfat (K_2HPO_4)	1 g
Czapek solüsyonu	10 ml
Maya ekstraktı	5 g
Sükroz ($C_{12}H_{22}O_{11}$)	200 g
Agar	15 g

Distile su	1000 ml

121 °C'de 15 dk steril edilmiştir.

3.4.10. Yeast Ekstrakt Sükroz Agar Besiyeri

Penicillium cinsi mikrofungus izolatlarının tür tayininde kullanılan Yeast ekstrakt sükroz agar besiyerinin içeriği;

Maya ekstraktı	20 g
Sükroz ($C_{12}H_{22}O_{11}$)	150 g
Magnezyum sülfat heptahidrat ($MgSO_4.7H_2O$)	0.5 g
Bakır sülfat pentahidrat ($CuSO_4.5H_2O$)	0.005 g
Çinko sülfat heptahidrat ($ZnSO_4.7H_2O$)	0.001 g
Agar	20 g
Distile su	885 ml

pH 6.5 ± 0.2

121 °C'de 15 dakika steril edilmiştir.

3.4.11. %25 Gliserol Nitrat Agar Besiyeri

Penicillium cinsi mikrofungus izolatlarının tür tayinlerinde kullanılan besiyerinin içeriği;

Dipotasyum hidrojen fosfat (K_2HPO_4)	0.75 g
Czapek solüsyonu	7.5 ml
Maya ekstraktı	3.7 g
Gliserol ($C_3H_8O_3$)	250 g
Agar	12 g

Distile su 750 ml

121 °C'de 15 dakika steril edilir.

3.4.12. Kreatin Sükroz Agar Besiyeri

Penicillium cinsi mikrofungus izolatlarının tür tayininde kullanılan Kreatin sükroz agar besiyerinin içeriği;

Sükroz ($C_{12}H_{22}O_{11}$) 30 g

Kreatin monohidrat ($C_4H_9N_3O_2$) 3 g

Potasyum fosfat dibaziktrihidrat ($K_2HPO_4.3H_2O$) 1.3 g

Bromkresol moru ($C_{21}H_{16}Br_2O_5S$) 0.05 g

Magnezyum sülfat heptahidrat ($MgSO_4.7H_2O$) 0.5 g

Potasyum klorür (KCl) 0.5 g

Demir (III) sülfat heptahidrat ($FeSO_4.7H_2O$) 0.01 g

Bakır sülfat pentahidrat ($CuSO_4.5H_2O$) 0.005 g

Çinko sülfat heptahidrat ($ZnSO_4.7H_2O$) 0.01 g

Agar 15 g

Distile su 1000 ml

pH 8.0 ± 0.2

121 °C'de 15 dakika steril edilmiştir.

3.4.13. Laktofenol Pamuk Mavisi Solüsyonu

Mikrofungus izolatların mikromorfolojik özelliklerinin incelenmesinde kullanılan laktofenol pamuk mavisi solüsyonunun içeriği;

Anilin mavisi	1 g
Laktik asit ($C_3H_6O_3$)	247 g
Gliserol ($C_3H_8O_3$)	502 g
Fenol (C_6H_5OH)	204 g
Distile su	1000 ml

3.4.14. Oksidaz Ayracı

10 ml %1'lik oksidaz ayıracı elde etmek için N,N,N'N'-Tetrametil-1,4-fenildiamonyum diklorürden 0.1 g tartılarak ışık almayan bir şişe içerisine aktarılmış ve 9.9 ml distile su ile tamamlanmıştır.

3.4.15. Katalaz Ayracı

Ticari olarak satın alınan %3'lük katalaz ayıracı (H_2O_2) kullanılmıştır.

3.5. İSTATİKSEL DEĞERLENDİRME

Elde edilen verilerin tüm aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları hesaplanmıştır. İstatiksel veriler IBM SPSS Statistics programı 29.0.0.0 versiyonu (2021) kullanılarak elde edilmiştir. Aritmetik ortalamaların normal dağılım gösterip göstermedikleri normalite testi ile belirlenmiş olup güven aralığı $p<0.05$ olarak kabul edilmiştir. Soğuk ve sıcak su örneklerindeki AHB ve mikrofungus sayılarının ortalamalar açısından farkının değerlendirilmesinde Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Anlamlılık düzeyi $p\leq0.05$ olarak kabul edilmiştir.

Soğuk ve sıcak su örneklerindeki AHB ve mikrofungus sayılarının, suların sıcaklık, pH, serbest klor, binaların yaşı, bina sistemi boru materyali çeşidi ve su deposu ile arasındaki ilişkinin değerlendirilmesinde Spearman korelasyon katsayıları testi kullanılmıştır. Anlamlılık düzeyi $p<0.05$ olarak kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. SU ÖRNEKLERİNİN ALINDIĞI BİNALARIN GENEL ÖZELLİKLERİ

Su örneklerinin alındığı rastgele seçilmiş 20 binanın ilçesi, yaşı, binaların su sistemi boru materyal çeşidi ve binalara ait su deposu olup olmadığına ait bilgiler Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1: Su örneklerinin alındığı binaların kod bilgileri ve binaların genel özellikleri.

Bina Kodu	Bina İlçesi	Bina Yaşı (Yıl)	Boru Materyali	Su Deposu Varlığı
A	Kartal	15	GÇ	Var
B	Esenler	22	PVC	Yok
C	Beylikdüzü	9	PVC	Var
D	Zeytinburnu	22	PVC	Yok
E	Eyüpsultan	10	PVC	Yok
F	Bahçelievler	22	PVC	Yok
G	Eyüpsultan	7	PVC	Yok
H	Şişli	55	GÇ	Yok
I	Bahçelievler	20	PVC	Yok
J	Küçükçekmece	14	PVC	Yok
K	Avcılar	30	PVC	Yok
L	Ümraniye	20	PVC	Yok
M	Kartal	20	PVC	Var
N	Maltepe	33	PVC	Yok
O	Şişli	20	PVC	Yok
P	Pendik	29	PVC	Yok
R	Kadıköy	45	GÇ	Yok

Tablo 4.1 (devam): Su örneklerinin alındığı binaların kod bilgileri ve binaların genel özellikleri.

Bina Kodu	Bina İlçesi	Bina Yaşı (Yıl)	Boru Materyali	Su Deposu Varlığı
S	Fatih	50	PVC	Yok
T	Tuzla	27	PVC	Yok
U	Zeytinburnu	22	PVC	Yok

PVC: Polivinil klorür; **GÇ:** Galvanizli Çelik

Rastgele seçilmiş 20 binanın yaşları 7 ile 55 yıl arasında değişiklik göstermektedir. 20 binaya ait su sistemlerinin 17'sinde (%85) polivinil klorür (PVC), 3'ünde (%15) ise galvanizli çelik (GÇ) boru kullanılmıştır. Sadece 3 binada (%15) su deposu bulunmakta olup, depolarda düzenli dezenfeksiyon yapılmadığı bildirilmiştir.

4.2. SU ÖRNEKLERİNİN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Su örneklerinin alımı esnasında ölçülen sıcaklık, pH ve serbest klor değerleri Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2: Su örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Bina Kodu	Sıcaklık Değeri (°C)		pH Değeri		Serbest Klor Değeri (ppm)	
	Soğuk su	Sıcak su	Soğuk su	Sıcak su	Soğuk su	Sıcak su
A	20	46	7	7	0.3	0.3
B	21	55	7	7	1	1
C	20	48	7	6	0.3	0.5
D	22	47	6	6	1	1
E	20	51	7	6	0.1	0.5
F	22	46	6	6	1	1
G	20	50	7	7	0.5	0.5
H	24	50	7	7	0.5	0.5
I	25	40	6	6	1	0.5
J	20	49	7	7	0.5	0.5
K	22	40	6	6	0.5	0.5

Tablo 4.2 (devam): Su örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Bina Kodu	Sıcaklık Değeri (°C)		pH Değeri		Serbest Klor Değeri (ppm)	
	Soğuk su	Sıcak su	Soğuk su	Sıcak su	Soğuk su	Sıcak su
L	22	48	7	7	1	1
M	20	42	6	6	0.5	0.5
N	21	46	6	6	1	1
O	20	45	6	6	1	1
P	21	43	7	7	1	1
R	21	52	7	7	1	1
S	20	49	7	7	1	1
T	20	45	6	6	0.5	0.5
U	20	43	7	7	1	1

Soğuk su örneklerinin sıcaklıklarının 20 °C ile 25 °C değerleri arasında, sıcak su örneklerinin sıcaklıklarının ise 40 °C ile 55 °C değerleri arasında değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. Soğuk ve sıcak su örneklerine ait pH değerleri 6 ve 7 olarak ölçülmüştür. Soğuk su örneklerine ait serbest klor değerlerinin 0.1-1 ppm, sıcak su örneklerine ait serbest klor değerlerinin ise 0.3-1 ppm aralığında olduğu saptanmıştır.

İstatiksel analiz sonucuna göre sıcak su örneklerinin sıcaklık dereceleri ile pH değerleri arasında ve buna ek olarak bina yaşı ile soğuk ve sıcak su örneklerinin klor değerleri arasında aynı yönde anlamlı bir ilişki tespit edilmiş olup ($p<0.05$), soğuk ve sıcak su örneklerinin diğer fiziksel ve kimyasal özellikleri arasında anlamlı bir ilişki tespit edilmemiştir.

4.3. SU ÖRNEKLERİNİN AEROBİK HETEROTROFİK BAKTERİ BAKIMINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Soğuk ve sıcak su örneklerinden yapılan ekimler sonucunda petri kutularında üreyen AHB izolatları, inkübasyonun 7. gününde sayımları yapılarak saf kültüre alınmıştır. Sıcak su örneklerinden ekimleri yapılan petri kutuları 7. günün sonunda üremenin gerçekleşmemesi durumunda 14 güne kadar inkübe edilmiştir. Buna rağmen 14 günlük inkübasyon süresinin sonunda da hiçbir petri kutusunda üreme gerçekleşmemiştir.

20 farklı binadan alınan soğuk ve sıcak su örneklerinde saptanan ortalama AHB sayıları Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3: 20 Farklı binaya ait su örneklerinde saptanan ortalama aerobik heterotrofik bakteri sayıları (kob/100ml).

Bina Kodu	Soğuk Su	Sıcak Su
A	3340 ± 0.56	260 ± 1.13
B	0 ± 0	0 ± 0
C	420 ± 1.97	0 ± 0
D	0 ± 0	0 ± 0
E	106.6 ± 0.56	0 ± 0
F	0 ± 0	600 ± 0.56
G	40 ± 0	150 ± 0.42
H	330 ± 1.27	0 ± 0
I	0 ± 0	0 ± 0
J	60 ± 0.28	60 ± 0.28
K	70 ± 0.14	50 ± 0.4
L	150 ± 0.89	0 ± 0
M	7920 ± 1.13	0 ± 0
N	140 ± 0.28	0 ± 0
O	0 ± 0	0 ± 0
P	390 ± 0.98	0 ± 0
R	0 ± 0	0 ± 0
S	0 ± 0	0 ± 0
T	640 ± 11.3	240 ± 0.7
U	440 ± 0.28	230 ± 0.7

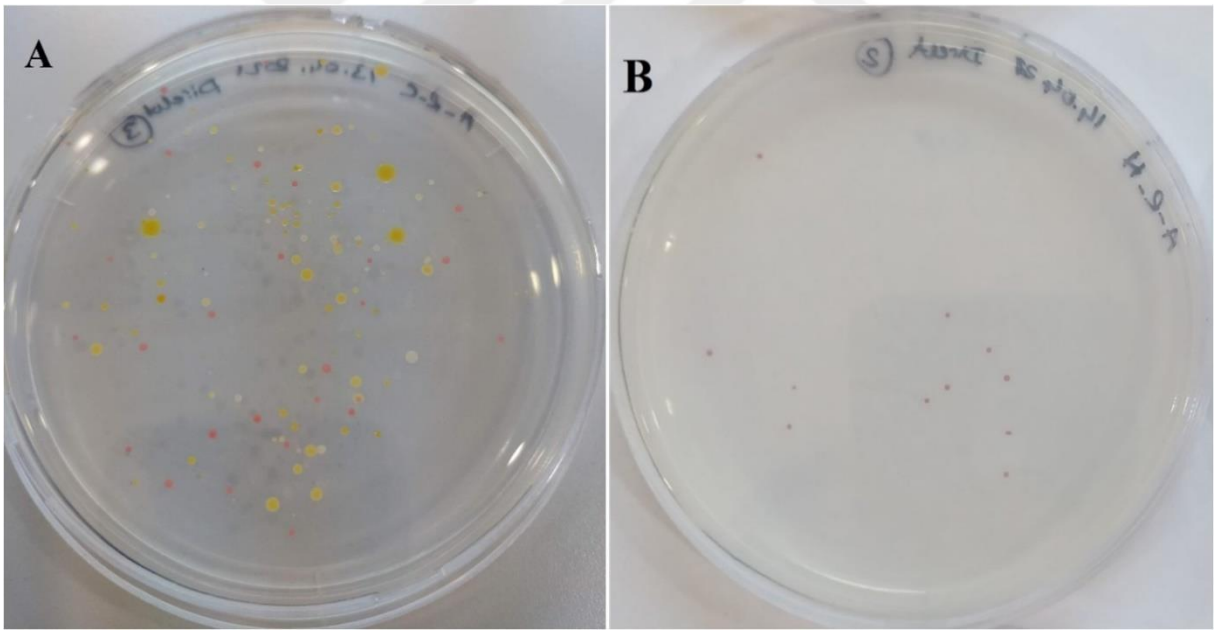
kob/100ml: 100 ml'deki koloni oluşturan birim

Soğuk su örnekleri değerlendirildiğinde en yüksek AHB sayısı 7920 kob/100 ml ile M kodlu binada, en düşük AHB sayısı ise 40 kob/10 ml ile G kodlu binada tespit edilmiştir. Sıcak su örnekleri değerlendirildiğinde en yüksek AHB sayısı 600 kob/100 ml ile F kodlu binada, en

düşük AHB sayısı ise 50 kob/100 ml ile K kodlu binada tespit edilmiştir. Örnekleme yapılan 20 binanın 7'sine ait (%35) soğuk su örneklerinde ve 13'üne ait (%65) sıcak su örneklerinde AHB üremesi gerçekleşmemiştir.

Soğuk su örneklerinde saptanan AHB koloni sayılarının, sıcak su örneklerinde saptanan AHB koloni sayılarından daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.1). Nitekim Mann-Whitney U testi sonucunda soğuk ve sıcak su örneklerindeki ortalama AHB sayıları arasında anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir ($p \leq 0.05$).

Türk Standartları Enstitüsü'ne (TSE) göre içme ve kullanma sularında aerobik bakteri bulunmamalıdır (TSE, 2005). Su örneklerinden elde edilen AHB sayıları TSE standardı ile karşılaştırılmıştır. Sıcak ve/veya soğuk su örneklerinde üreme tespit edilen tüm binalardaki (A, C, E, F, G, H, J, K, L, M, N, P, T, U) bakteri sayıları TSE'nin belirlediği standardın üzerinde bulunmuştur.



Şekil 4.1: A binasına ait soğuk ve sıcak su örneklerindeki bakteri üremeleri (A. Soğuk su örneğinden ekim yapılan petri kutusu B. Sıcak su örneğinden ekim yapılan petri kutusu).

İstatistiksel analiz sonucuna göre soğuk su örneklerinde saptanan AHB sayıları ile klor değerleri arasında ters yönde anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ($p<0.05$). Soğuk ve sıcak su örneklerinde saptanan AHB sayıları ile gerek binaların genel özellikleri gerekse su örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri arasında anlamlı bir ilişki tespit edilmemiştir.

20 farklı binaya ait su örneklerinin ekimini takiben üreme görülen petrilerin makro ve mikromorfolojik incelemeleri sonucunda 48 adeti soğuk su, 15 adeti sıcak su örneklerinden olmak üzere toplam 63 adet AHB izolatı elde edilmiştir (Tablo 4.4). 13 adet ile en yüksek sayıda AHB izolatı A kodlu binanın soğuk su örneğinde saptanmıştır. 4 adet ile en yüksek sayıda AHB izolatı G kodlu binanın sıcak su örneğinde saptanmıştır. Ayrıca soğuk ve sıcak su örnekleri olmak üzere toplam 15 adet ile en yüksek izolat sayısı yine A kodlu binada saptanmıştır.

Tablo 4.4: 20 Farklı binaya ait su örneklerinde saptanan aerobik heterotrofik bakteri izolat sayıları.

Bina Kodu	Soğuk Su	Sıcak Su
A	13	2
B	0	0
C	1	0
D	0	0
E	1	0
F	0	3
G	1	4
H	3	0
I	0	0
J	5	2
K	1	2
L	5	0
M	4	0
N	3	0
O	0	0
P	1	0
R	0	0
S	0	0
T	8	1
U	2	1
Toplam	48	15

AHB izolatlarının elde edildikleri bina, su örneği, koloni morfolojisi, mikromorfolojik özellikleri ile oksidaz ve katalaz aktivitelerine ait bilgiler Tablo 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.5: Aerobik heterotrofik bakteri izolatlarının genel özellikleri.

İzolat Kodu	Bina Kodu	Su Örneği	Koloni Tipi	Pigmentasyon	Gram Özelliği	Morfoloji	Spor oluşumu	Oksidaz	Katalaz
B1	A	Soğuk	S	Koyu sarı	Negatif	Kokobasil	Yok	Negatif	Negatif
B2	A	Soğuk	S	Koyu sarı	Pozitif	Basil	Yok	Negatif	Negatif
B3	A	Soğuk	S	Pembe	Pozitif	Basil	Yok	Negatif	Negatif
B4	A	Soğuk	S	Pembe	Pozitif	Kokobasil	Yok	Negatif	Negatif
B5	A	Soğuk	R	Pembe	Pozitif	Basil	Var	Negatif	Negatif
B6	A	Soğuk	R	Krem	Pozitif	Basil	Yok	Negatif	Negatif
B7	A	Soğuk	M	Turuncu-krem	Pozitif	Basil	Yok	Negatif	Pozitif
B8	A	Soğuk	M	Sarı	Negatif	Basil	Yok	Negatif	Negatif
B9	A	Soğuk	M	Sarı	Pozitif	Kok	Yok	Negatif	Negatif
B10	A	Soğuk	S	Sarı	Pozitif	Kokobasil	Yok	Pozitif	Pozitif
B11	A	Soğuk	R	Krem	Pozitif	Kok	Yok	Pozitif	Pozitif
B12	A	Soğuk	M	Krem	Pozitif	Basil	Var	Pozitif	Pozitif
B13	A	Soğuk	M	Turuncu	Pozitif	Basil	Yok	Pozitif	Pozitif
B14	C	Soğuk	R	Pembe	Pozitif	Basil	Var	Negatif	Negatif
B15	E	Soğuk	M	Pembe	Pozitif	Basil	Var	Pozitif	Pozitif
B16	G	Soğuk	S	Pembe	Pozitif	Basil	Yok	Negatif	Negatif
B17	H	Soğuk	S	Pembe	Pozitif	Basil	Var	Pozitif	Pozitif
B18	H	Soğuk	M	Sarı	Pozitif	Kokobasil	Yok	Negatif	Pozitif
B19	H	Soğuk	M	Pembe	Pozitif	Basil	Yok	Negatif	Pozitif
B20	J	Soğuk	M	Krem	Pozitif	Basil	Yok	Negatif	Pozitif
B21	J	Soğuk	S	Turuncu	Pozitif	Kok	Yok	Pozitif	Negatif
B22	J	Soğuk	M	Krem	Pozitif	Basil	Yok	Negatif	Pozitif
B23	J	Soğuk	M	Krem	Pozitif	Basil	Var	Negatif	Pozitif
B24	J	Soğuk	R	Beyaz	Pozitif	Kok	Yok	Negatif	Negatif
B25	K	Soğuk	S	Pembe	Pozitif	Basil	Var	Pozitif	Pozitif

Tablo 4.5 (devam): Aerobik heterotrofik bakteri izolatlarının genel özellikleri.

İzolat Kodu	Bina Kodu	Su Örneği	Koloni Tipi	Pigmentasyon	Gram Özelliği	Morfoloji	Spor oluşumu	Oksidaz	Katalaz
B26	L	Soğuk	R	Krem	Pozitif	Kok	Yok	Pozitif	Pozitif
B27	L	Soğuk	S	Turuncu	Pozitif	Kok	Yok	Negatif	Negatif
B28	L	Soğuk	S	Krem	Pozitif	Kokobasil	Yok	Pozitif	Pozitif
B29	L	Soğuk	S	Krem	Pozitif	Kokobasil	Yok	Pozitif	Pozitif
B30	L	Soğuk	R	Turuncu	Pozitif	Kok	Yok	Negatif	Pozitif
B31	M	Soğuk	M	Krem	Pozitif	Basil	Var	Negatif	Pozitif
B32	M	Soğuk	S	Sarı-turuncu	Pozitif	Kok	Yok	Negatif	Negatif
B33	M	Soğuk	M	Pembe	Pozitif	Basil	Var	Pozitif	Pozitif
B34	M	Soğuk	S	Turuncu	Pozitif	Basil	Yok	Pozitif	Pozitif
B35	N	Soğuk	M	Canlı sarı	Pozitif	Basil	Yok	Pozitif	Negatif
B36	N	Soğuk	S	Krem	Pozitif	Kokobasil	Yok	Negatif	Pozitif
B37	N	Soğuk	M	Pembe	Pozitif	Basil	Var	Pozitif	Pozitif
B38	P	Soğuk	S	Pembe	Pozitif	Basil	Var	Pozitif	Pozitif
B39	T	Soğuk	M	Krem	Pozitif	Basil	Var	Pozitif	Pozitif
B40	T	Soğuk	M	Krem	Pozitif	Basil	Var	Negatif	Pozitif
B41	T	Soğuk	R	Krem	Pozitif	Basil	Var	Negatif	Pozitif
B42	T	Soğuk	R	Krem	Pozitif	Basil	Var	Pozitif	Negatif
B43	T	Soğuk	S	Sarı	Pozitif	Kokobasil	Yok	Pozitif	Negatif
B44	T	Soğuk	S	Sarı	Pozitif	Basil	Var	Negatif	Pozitif
B45	T	Soğuk	S	Pembe	Pozitif	Basil	Var	Pozitif	Pozitif
B46	T	Soğuk	S	Sarı	Pozitif	Kok	Yok	Pozitif	Pozitif
B47	U	Soğuk	R	Krem	Pozitif	Kokobasil	Yok	Pozitif	Pozitif
B48	U	Soğuk	R	Krem	Pozitif	Basil	Var	Negatif	Pozitif
B49	A	Sıcak	S	Pembe	Pozitif	Basil	Yok	Negatif	Negatif
B50	A	Sıcak	S	Pembe	Pozitif	Basil	Yok	Negatif	Negatif
B51	F	Sıcak	M	Krem	Pozitif	Kok	Yok	Negatif	Pozitif
B52	F	Sıcak	S	Sarı-kahverengi	Pozitif	Basil	Yok	Negatif	Negatif

Tablo 4.5 (devam): Aerobik heterotrofik bakteri izolatlarının genel özellikleri.

İzolat Kodu	Bina Kodu	Su Örneği	Koloni Tipi	Pigmentasyon	Gram Özelliği	Morfoloji	Spor oluşumu	Oksidaz	Katalaz
B53	F	Sıcak	S	Beyaz	Pozitif	Kok	Yok	Negatif	Pozitif
B54	G	Sıcak	R	Krem	Pozitif	Basil	Yok	Pozitif	Pozitif
B55	G	Sıcak	S	Krem	Pozitif	Basil	Var	Pozitif	Pozitif
B56	G	Sıcak	R	Krem	Pozitif	Kok	Yok	Negatif	Negatif
B57	G	Sıcak	R	Sarı-yeşil	Pozitif	Basil	Yok	Pozitif	Pozitif
B58	J	Sıcak	R	Krem	Pozitif	Basil	Yok	Negatif	Pozitif
B59	J	Sıcak	R	Krem	Pozitif	Basil	Yok	Negatif	Pozitif
B60	K	Sıcak	S	Krem	Pozitif	Basil	Yok	Pozitif	Negatif
B61	K	Sıcak	R	Sarı-yeşil	Pozitif	Basil	Yok	Negatif	Negatif
B62	T	Sıcak	R	Krem	Negatif	Basil	Var	Pozitif	Pozitif
B63	U	Sıcak	M	Krem	Pozitif	Basil	Var	Pozitif	Pozitif

AHB izolatlarının %41.3'ünün (26 adet) S tipi, %30.1'inin (19 adet) M tipi ve %28.6'sının (18 adet) R tipi koloni morfolojisine sahip olduğu belirlenmiştir. AHB İzolatlarının %95.2'si (60 adet) Gram pozitif, %4.8'i (3 adet) ise Gram negatif olarak tespit edilmiştir. Gram pozitif bakteri izolatlarının %66.7'sinin (40 adet) basil, %13.3'ünün (8 adet) kokobasil ve %20'sinin (12 adet) kok morfolojisinde olduğu tespit edilmiştir. Gram pozitif basil özelliğindeki izolatların %71.4'ü (29 adet) soğuk su örneklerinden, %28.6'sı (11 adet) sıcak su örneklerinden elde edilmiştir. AHB İzolatlarının %33.3'ünün (21 adet) spor oluşturduğu, %44.4'ünün (28 adet) oksidaz pozitif ve %63.5'inin (40 adet) katalaz pozitif özellik gösterdiği saptanmıştır.

4.4. SU ÖRNEKLERİNİN *CANDİDA* CİNSİ MAYA BAKIMINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

20 farklı binadan alınan soğuk ve sıcak su örneklerinde *Candida* cinsi maya saptanmamıştır.

4.5. SU ÖRNEKLERİNİN AEROBİK MİKROFUNGUS BAKIMINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

20 farklı binadan alınan soğuk ve sıcak su örneklerinden yapılan ekimler sonucunda petri kutularındaki aerobik mikrofungusların hem üreme zamanı hem de üreme yoğunluklarında

farklılıklar gözlemlenmiştir. Buna göre soğuk su örneklerindeki mikrofungus izolatları inkübasyonun 7. gününde sayımları yapılarak saf kültüre alınmıştır. Sıcak su örneklerindeki mikrofungus izolatları ise üremenin gerçekleşmesi durumunda inkübasyonun 14. gününde, üremenin gerçekleşmemesi durumunda 30 güne kadar bekletildikten sonra sayımları yapılmış ve saf kültüre alınabilmiştir. 20 farklı binadan alınan soğuk ve sıcak su örneklerinde saptanan ortalama aerobik mikrofungus sayıları Tablo 4.6'da verilmiştir.

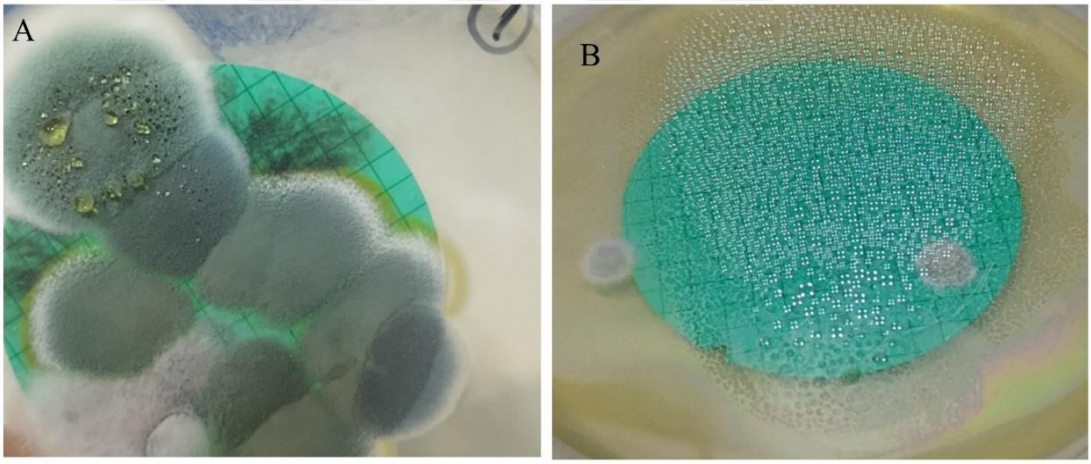
Tablo 4.6: 20 Farklı binaya ait su örneklerinde saptanan ortalama aerobik mikrofungus sayıları (kob/100 ml).

Bina kodu	Soğuk Su	Sıcak Su
A	7.5 ± 6.36	2 ± 0
B	5 ± 1.41	9 ± 2
C	2 ± 1.41	1.5 ± 0.71
D	2 ± 0	6 ± 0
E	6.5 ± 0.71	0 ± 0
F	2 ± 0	0 ± 0
G	1.5 ± 0.71	1 ± 0
H	1 ± 0	0 ± 0
I	0 ± 0	1 ± 0
J	1 ± 0	6 ± 1.41
K	2.66 ± 0.58	0 ± 0
L	6 ± 0	0 ± 0
M	3.5 ± 2.12	2 ± 0
N	0 ± 0	0 ± 0
O	1 ± 0	0 ± 0
P	3.5 ± 0.71	1 ± 0
R	1 ± 0	0 ± 0
S	0 ±0	0 ± 0
T	1 ± 0	0 ± 0
U	1 ± 0	0 ± 0

kob/100 ml: 100 ml'deki koloni oluşturan birim

Soğuk su örnekleri değerlendirildiğinde en yüksek aerobik mikrofungus sayısı 7.5 kob/100 ml ile A kodlu binada, en düşük aerobik mikrofungus sayısı ise 1 kob/100 ml ile H, J, O, R, T, U kodlu binalarda tespit edilmiştir. Sıcak su örnekleri değerlendirildiğinde en yüksek aerobik mikrofungus sayısı 9 kob/100 ml ile B kodlu binada, en düşük aerobik mikrofungus sayısı ise 1 kob/100 ml ile G, I, P kodlu binalarda tespit edilmiştir. Örnekleme yapılan 20 binanın 3'ünden (%15) alınan soğuk su örneklerinde ve 11'inden (%55) alınan ise sıcak su örneklerinde aerobik mikrofungus üremesi gerçekleşmemiştir.

Soğuk su örneklerinde saptanan aerobik mikrofungus koloni sayılarının, sıcak su örneklerinde saptanan aerobik mikrofungus koloni sayılarından daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.2). Nitekim Mann-Whitney U testi sonucunda soğuk ve sıcak su örneklerindeki ortalama aerobik mikrofungus sayıları arasında anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir ($p \leq 0.05$).



Şekil 4.2: A binasına ait soğuk ve sıcak su örneklerindeki aerobik mikrofungus üremeleri (A: Soğuk su örneğinden ekim yapılan petri kutusu B: Sıcak su örneğinden ekim yapılan petri kutusu).

Ülkemizde içme ve kullanma sularında bulunabilecek aerobik mikrofunguslar ile ilgili herhangi bir standart bulunmamaktadır. Çek Cumhuriyeti su kalite standardına göre içme ve kullanma sularında 5000 kob/100 ml mikroorganizma bulunmasına izin vermektedir (Çek Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı, 2004). İsveç, su kalite standardında özellikle mikrofunguslara yer vermiş olup içme ve kullanma sularında 100 kob/100 ml mikrofungus bulunmasına izin vermektedir (İsveç Ulusal Gıda İdaresi, 2001). Soğuk ve/veya sıcak su örneklerinde üreme tespit edilen tüm binalardaki aerobik mikrofungus sayılarının Çek Cumhuriyeti ve İsveç'in belirlediği su standartlarına uygun olduğu bulunmuştur.

İstatistiksel analiz sonucuna göre soğuk su örneklerinde saptanan aerobik mikrofungus sayıları ile depo varlığı arasında aynı yönde ve sıcak su örneklerinde saptanan aerobik mikrofungus sayıları ile bina yaşı arasında zıt yönde anlamlı bir ilişki tespit edilmiş olup ($p<0.05$), diğer bina özellikleri, su örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri ile aerobik mikrofunguslar arasında anlamlı bir ilişki tespit edilmemiştir. Ayrıca soğuk ve sıcak su örneklerinde saptanan aerobik mikrofungus sayıları ile AHB sayıları arasında anlamlı bir ilişki tespit edilmemiştir.

20 farklı binaya ait su örneklerinin ekimini takiben üreme görülen petrilerin makro ve mikromorfolojik incelemeleri sonucunda 44 adedi soğuk su, 16 adedi sıcak su örneklerinden olmak üzere toplam 60 adet aerobik mikrofungus izolatı elde edilmiştir (Tablo 4.7). En yüksek sayıdaki aerobik mikrofungus izolatı 5'er adet ile A, B ve K kodlu binaların soğuk su örneklerinde saptanmıştır. Sıcak su örneklerindeki en yüksek sayıdaki aerobik mikrofungus izolatları ise B, C ve J kodlu binalarda saptanmıştır. Ayrıca soğuk ve sıcak su örneklerindeki izolat sayıları birlikte değerlendirildiğinde en yüksek izolat sayısı toplam 8 adet ile B kodlu binada saptanmıştır.

Tablo 4.7: 20 Farklı binaya ait su örneklerinde saptanan aerobik mikrofungus izolat sayıları.

Bina Kodu	Soğuk Su	Sıcak Su
A	5	2
B	5	3
C	1	3
D	2	1
E	3	0
F	1	0
G	3	1
H	1	0
I	0	1
J	2	3
K	5	0
L	2	0
M	3	1

Tablo 4.7 (devam): 20 Farklı binaya ait su örneklerinde saptanan aerobik mikrofungus izolat sayıları.

N	0	0
O	2	0
P	4	1
R	1	0
S	0	0
T	1	0
U	3	0
Toplam	**44**	**16**

Aerobik mikrofungus izolatlarının elde edildikleri bina, su örnekleri, cins veya tür tayinlerine ait bilgiler Tablo 4.8'de verilmiştir.

Tablo 4.8: Aerobik mikrofungus izolatlarının genel özellikleri, cins veya tür düzeyinde tayinleri.

İzolat Kodu	**Bina Kodu**	**Su Özelliği**	**Cins /Tür Adı**
F1	A	Soğuk	*Penicillium chrysogenum* **Thom 1910**
F2	A	Soğuk	*Acremonium kiliense* Güncel: *Sarocladium kiliense* **(Grütz) Summerb, 2011**
F3	A	Soğuk	*Scopulariopsis asperula* (**Sacc.) S. Hughes 1958**
F4	A	Soğuk	*Penicillium aurantiogriseum* **Dierckx 1901**
F5	A	Soğuk	Spor oluşturmayan fungus
F6	A	Sıcak	Spor oluşturmayan fungus
F7	A	Sıcak	Spor oluşturmayan fungus
F8	B	Soğuk	*Penicillium chrysogenum* **Thom 1910**
F9	B	Soğuk	*Chaetomium globosum* **Kunze 1817**
F10	B	Soğuk	Maya
F11	B	Soğuk	*Penicillium citrinum* **Thom 1910**
F12	B	Soğuk	*Eurotium amstelodami* Güncel: *Aspergillus amstelodami* **(L. Mangin) Thom&Church 1926**
F13	B	Sıcak	*Penicillium citrinum* **Thom 1910**
F14	B	Sıcak	*Penicillium raistrickii* **G. Sm. 1933**

Tablo 4.8 (devam): Aerobik mikrofungus izolatlarının genel özellikleri, cins veya tür düzeyinde tayinleri.

F15	B	Sıcak	*Aspergillus versicolor* **(Vuill.) Tirab. 1908**
F16	C	Soğuk	*Eurotium amstelodami* Güncel: *Aspergillus amstelodami* **(L. Mangin) Thom&Church 1926**
F17	C	Sıcak	*Aspergillus versicolor* **(Vuill.) Tirab. 1908**
F18	C	Sıcak	Spor oluşturmayan fungus
F19	C	Sıcak	Spor oluşturmayan fungus
F20	D	Soğuk	*Penicillium expansum* **Link 1809**
F21	D	Soğuk	Maya
F22	D	Sıcak	*Eurotium amstelodami* Güncel: *Aspergillus amstelodami* **(L. Mangin) Thom&Church 1926**
F23	E	Soğuk	*Penicillium brevicompactum* **Dierckx 1901**
F24	E	Soğuk	*Aspergillus versicolor* **(Vuill.) Tirab. 1908**
F25	E	Soğuk	*Arthroderma sp.* **Curr. 1860**
F26	F	Soğuk	*Penicillium brevicompactum* **Dierckx 1901**
F27	G	Soğuk	*Aspergillus flavus* **Link 1809**
F28	G	Soğuk	*Chaetomium globosporum* **Rikhy & Mukerji 1974**
F29	G	Soğuk	*Chrysosporium inops* **J.W. Carmich. 1962**
F30	G	Sıcak	*Phialophora sp.* **Medlar 1915**
F31	H	Soğuk	*Penicillium olsonii* **Bainier & Sartory 1912**
F32	I	Sıcak	*Aspergillus niveus* Güncel: *Aspergillus neoniveus* **Samson, S.W. Peterson, Frisvad & Varga 2011**
F33	J	Soğuk	*Penicillium chrysogenum* **Thom 1910**
F34	J	Soğuk	*Penicillium aurantiogriseum* **Dierckx 1901**
F35	J	Sıcak	*Aspergillus versicolor* **(Vuill.) Tirab. 1908**
F36	J	Sıcak	Spor oluşturmayan fungus
F37	J	Sıcak	Spor oluşturmayan fungus
F38	K	Soğuk	*Penicillium expansum* **Link 1809**
F39	K	Soğuk	*Chaetomium globosum* **Kunze 1817**

Tablo 4.8 (devam): Aerobik mikrofungus izolatlarının genel özellikleri, cins veya tür düzeyinde tayinleri.

F40	K	Soğuk	Spor oluşturmayan fungus
F41	K	Soğuk	*Aspergillus versicolor* **(Vuill.) Tirab. 1908**
F42	K	Soğuk	Spor oluşturmayan fungus
F43	L	Soğuk	*Aspergillus versicolor* **(Vuill.) Tirab. 1908**
F44	L	Soğuk	*Penicillium expansum* **Link 1809**
F45	M	Soğuk	*Aspergillus versicolor* **(Vuill.) Tirab. 1908**
F46	M	Soğuk	Spor oluşturmayan fungus
F47	M	Soğuk	*Penicillium chrysogenum* **Thom 1910**
F48	M	Sıcak	*Aspergillus versicolor* **(Vuill.) Tirab. 1908**
F49	O	Soğuk	*Botrytis sp.* **Botrytis P. Micheli ex Pers. 1794**
F50	O	Soğuk	*Penicillium brevicompactum* **Dierckx 1901**
F51	P	Soğuk	Spor oluşturmayan fungus
F52	P	Soğuk	*Arthroderma flavescens* **R. G. Rees 1967**
F53	P	Soğuk	*Penicillium sp.* **Link 1809**
F54	P	Soğuk	Spor oluşturmayan fungus
F55	P	Sıcak	*Aspergillus versicolor* **(Vuill.) Tirab. 1908**
F56	R	Soğuk	*Monocillium humicola* Güncel: *Penicillium lagena* **(Delitsch) Stolk & Samson 1983**
F57	T	Soğuk	*Penicillium restrictum* **J.C. Gilman & E.V. Abbott 1927**
F58	U	Soğuk	*Penicillium brevicompactum* **Dierckx 1901**
F59	U	Soğuk	*Penicillium griseofulvum* **Dierckx 1901**
F60	U	Soğuk	Spor oluşturmayan fungus

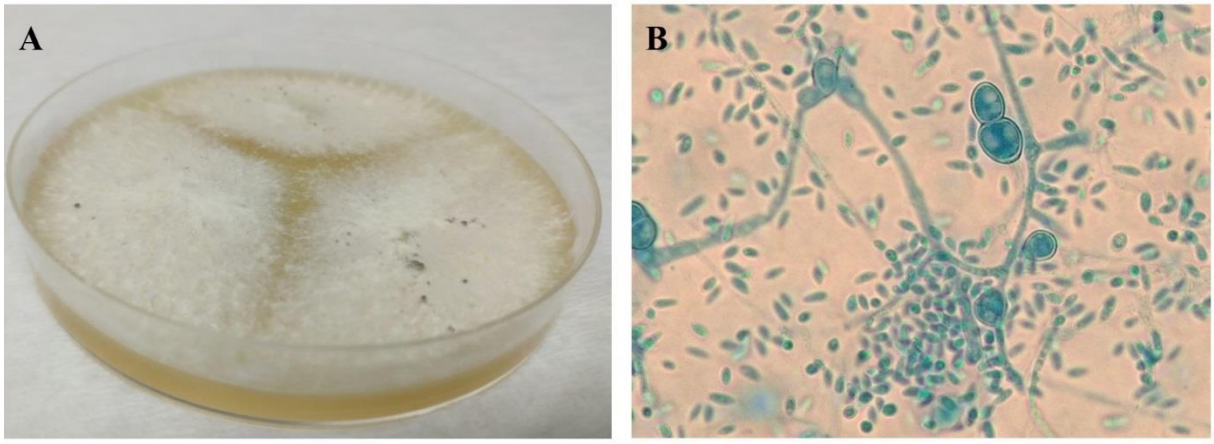
Su örneklerinden izole edilen toplam 60 mikrofungus izolatının 1 adedi (%1.7) *Acremonium kiliense* (Güncel: *Sarocladium kiliense*), 3 adedi (%5) *Eurotium amstelodami* (Güncel: *Aspergillus amstelodami*), 1 adedi (%1.7) *Aspergillus flavus*, 1 adedi (%1.7) *Aspergillus niveus* (Güncel: *Aspergillus neoniveus*, 9 adedi (%15) *Aspergillus versicolor* olmak üzere toplam 14 adedi (%23.3) *Aspergillus* cinsi mikrofungus olarak; 1 adedi (%1.7) *Arthroderma sp.*, 1 adedi

(%1.7) *Arthroderma flavescens,*1 adedi (%1.7) *Botrytis sp.,* 1 adedi (%1.7) *Chaetomium globosporum,* 2 adedi (%3.3) *Chaetomium globosum,* 1 adedi (%1.7) *Chrysosporium inops,* 1 adedi (%1.7) *Monocillium humicola* (Güncel: *Penicillium lagena),* 1 adedi (%1.7) *Penicillium sp.,* 2 adedi (%3.3) *Penicillium aurantiogriseum,* 4 adedi (%6.6) *Penicillium brevicompactum,* 4 adedi (%6.6) *Penicillium chrysogenum,* 2 adedi (%3.3) *Penicillium citrinum,* 3 adedi (%5) *Penicillium expansum,* 1 adedi (%1.7) *Penicillium griseofulvum,* 1 adedi (%1.7) *Penicillium olsonii,* 1 adedi (%1.7) *Penicillium raistrickii,* 1 adedi (%1.7) *Penicillium restrictum* olmak üzere toplam 20 adedi (%33.3) *Penicillium* cinsi mikrofungus olarak; 1 adedi (%1.7) *Phialophora sp.,* 1 adedi (%1.7) *Scopulariopsis asperula,* 13 adedi (%21.6) spor oluşturmayan fungus ve 2 adedi (%3.3) maya olarak teşhis edilmiştir (Tablo 4.8).

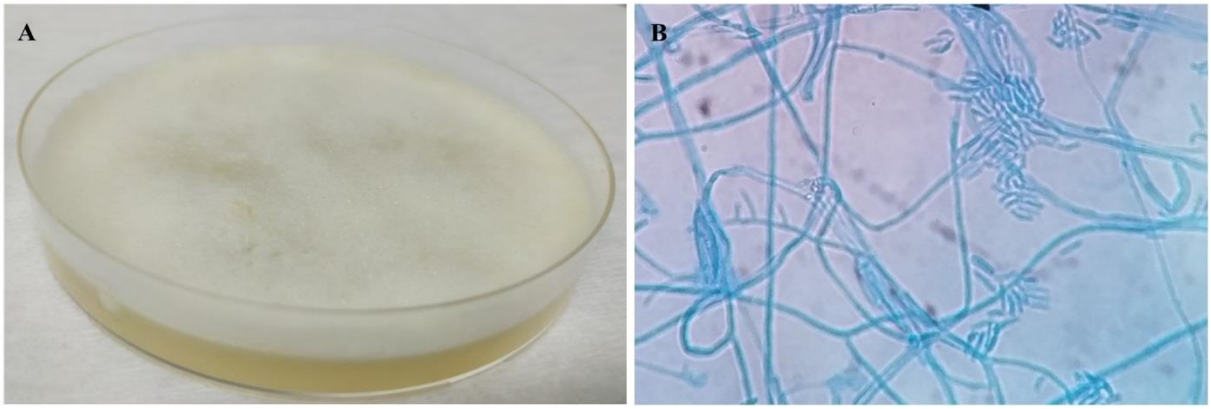
Soğuk su örneklerinde 18 adet (% 33.3) ile en çok *Penicillium* cinsi, sıcak su örneklerinde ise 7 adet (%43.7) ile en çok *Aspergillus* cinsi mikrofunguslar saptanmıştır.

En çok tür çeşitliliği B binasında saptanmıştır. Maya ve spor oluşturmayan funguslar haricinde cins veya tür tayinleri yapılan tüm mikrofungus izolatlarının Ascomycota filumuna mensup olduğu saptanmıştır.

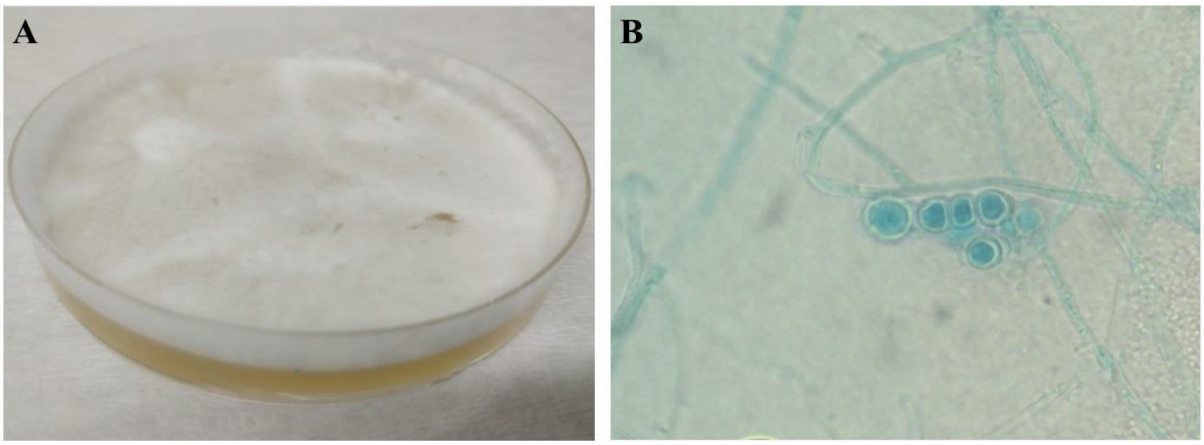
Cins veya tür tayini yapılan mikrofunguslara ait makroskobik ve mikroskobik görüntüler Şekil 4.3 ile 4.26 arasında verilmiştir.



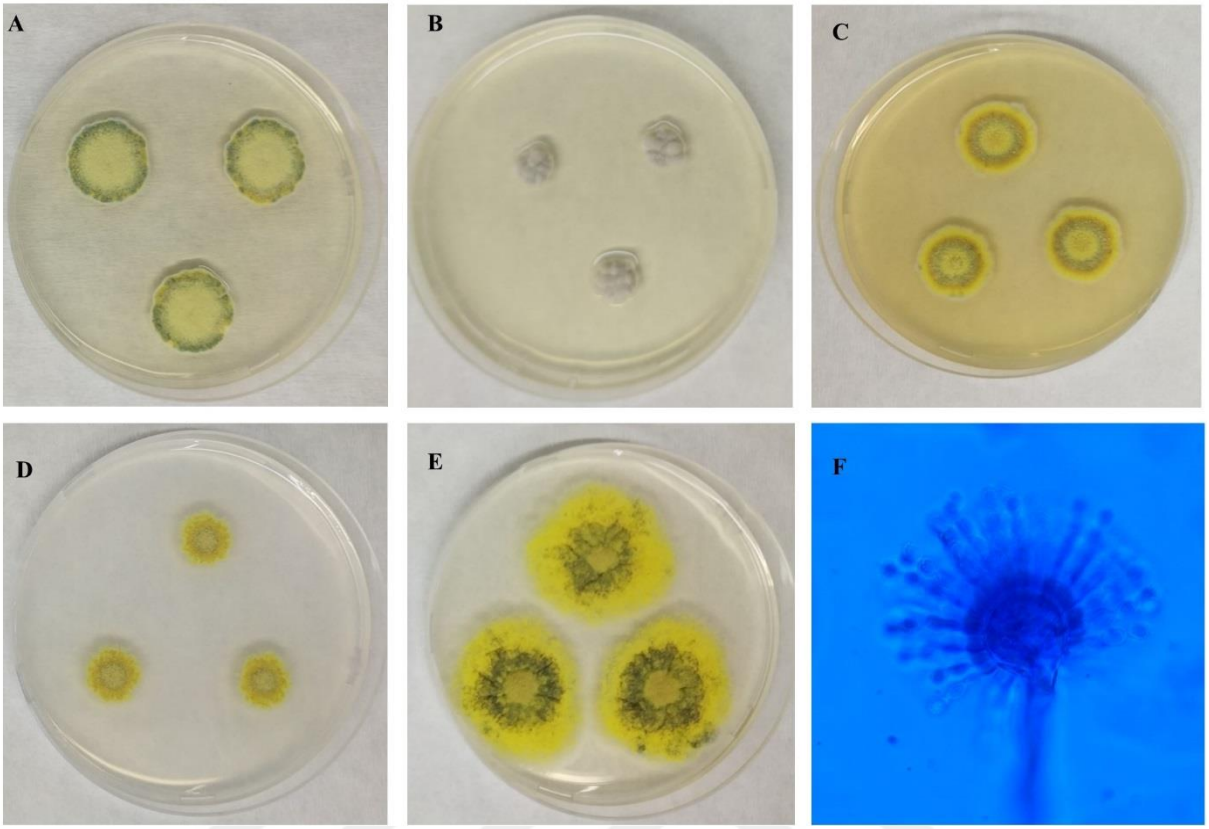
Şekil 4.3: *Acremonium kliense* (Güncel: *Sarocladium kiliense*) A. PDA ortamında 14 günlük koloni morfolojisi, B. Mikroskobik görünümü x500.



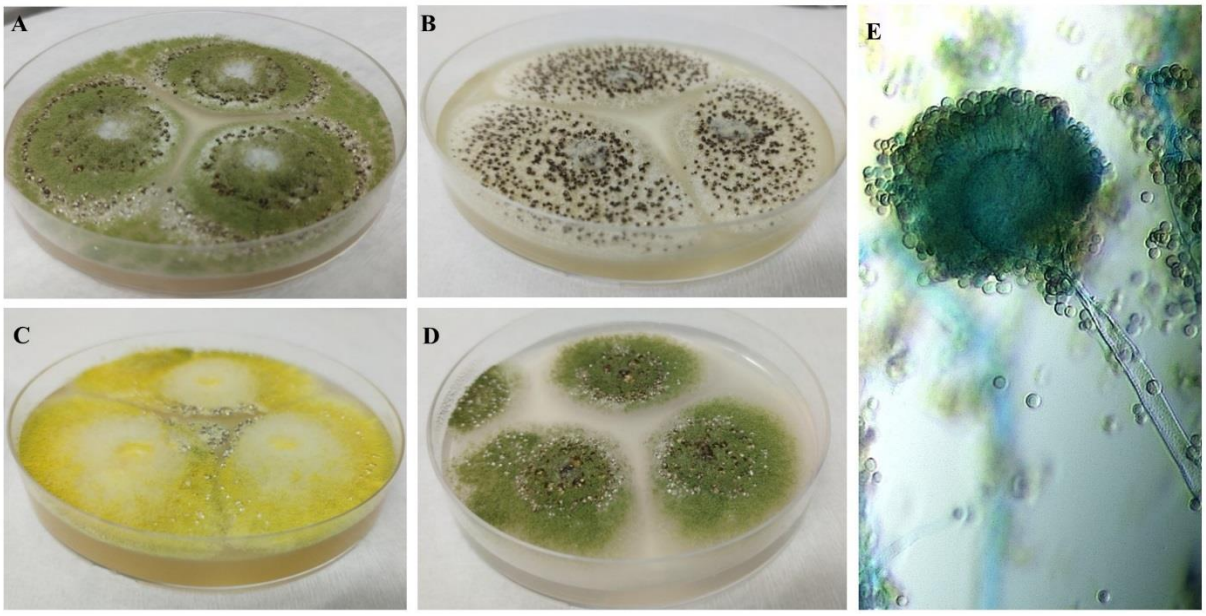
Şekil 4.4: *Arthroderma sp.* A. PDA ortamında 14 günlük koloni morfolojisi, B. Mikroskobik görünümü x500.



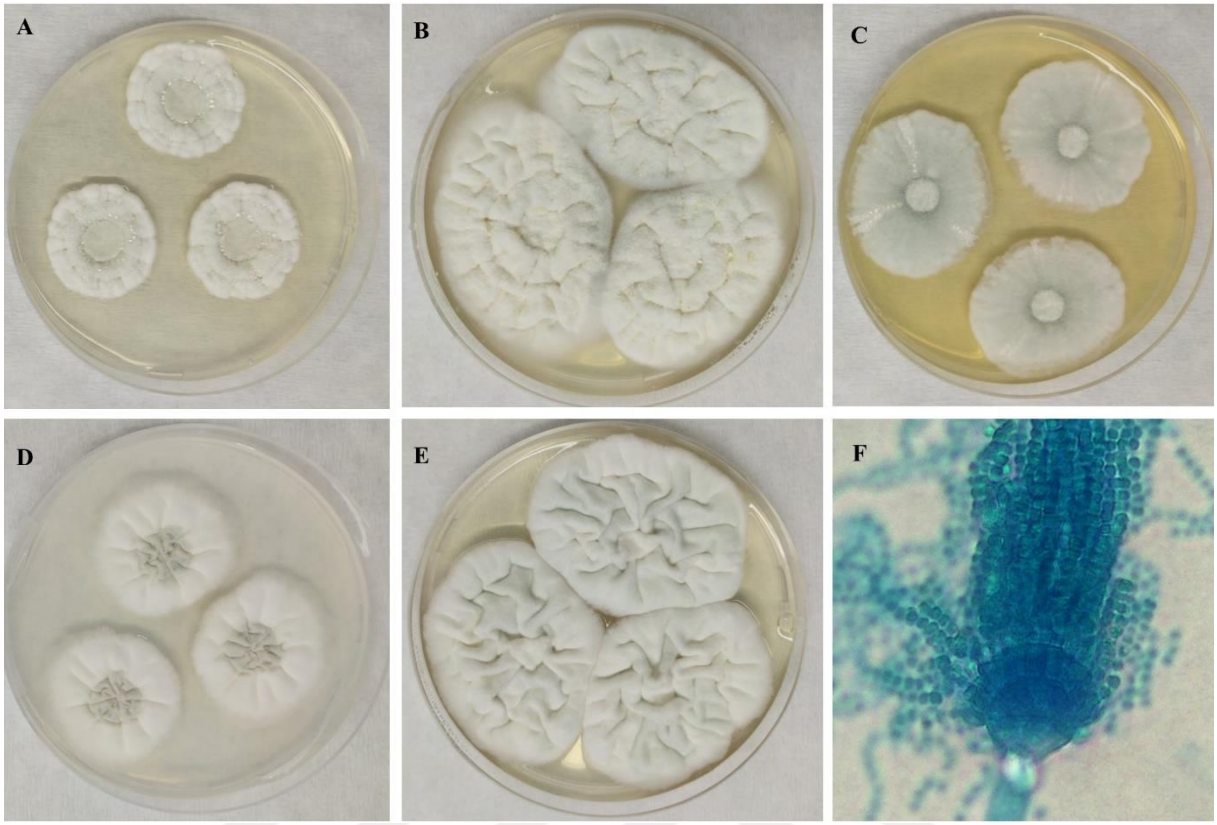
Şekil 4.5: *Arthroderma flavescens* A. PDA ortamında 14 günlük koloni morfolojisi, B. Mikroskobik görünümü x500.



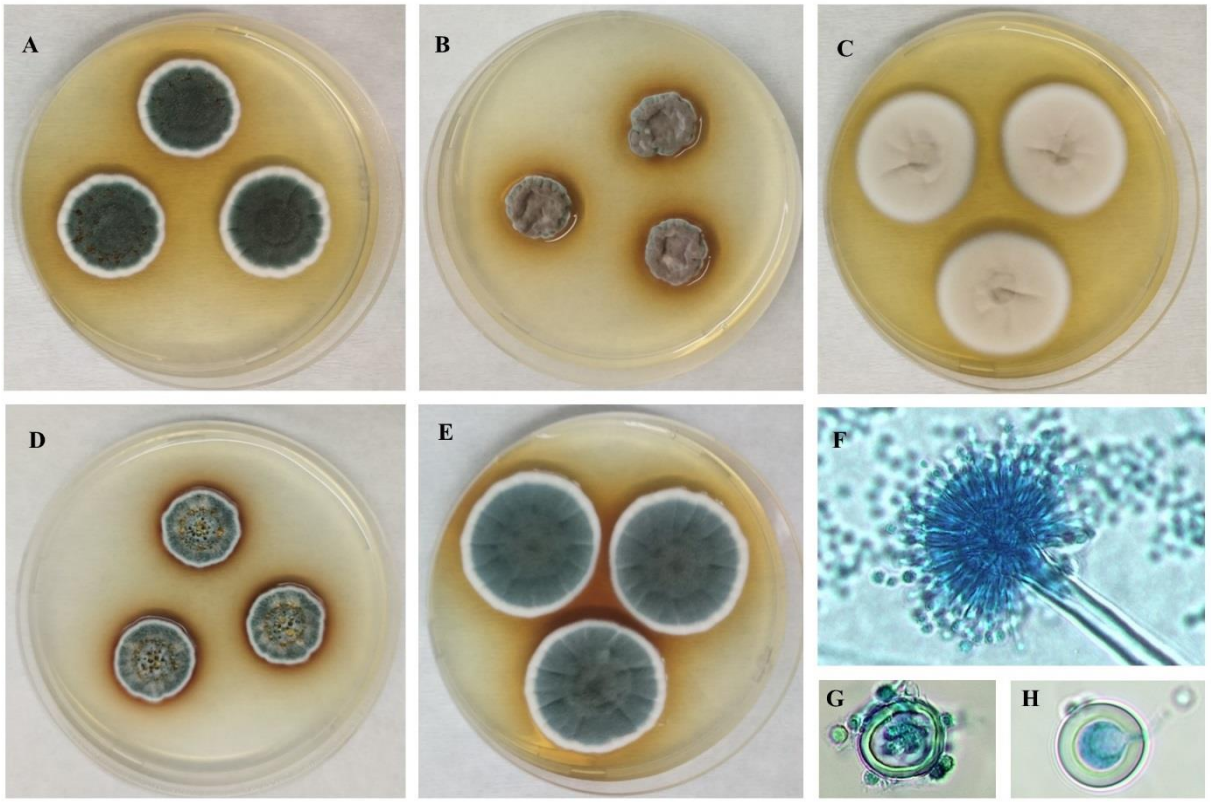
Şekil 4.6: *Eurotium amstelodami* (Güncel: *Aspergillus amstelodami*) A-E. Sırası ile CYA (25 °C), CYA (37 °C), MEA, CDA ve CY20S ortamlarında 7 günlük koloni morfolojisi, F. Mikroskobik görünümü x500.



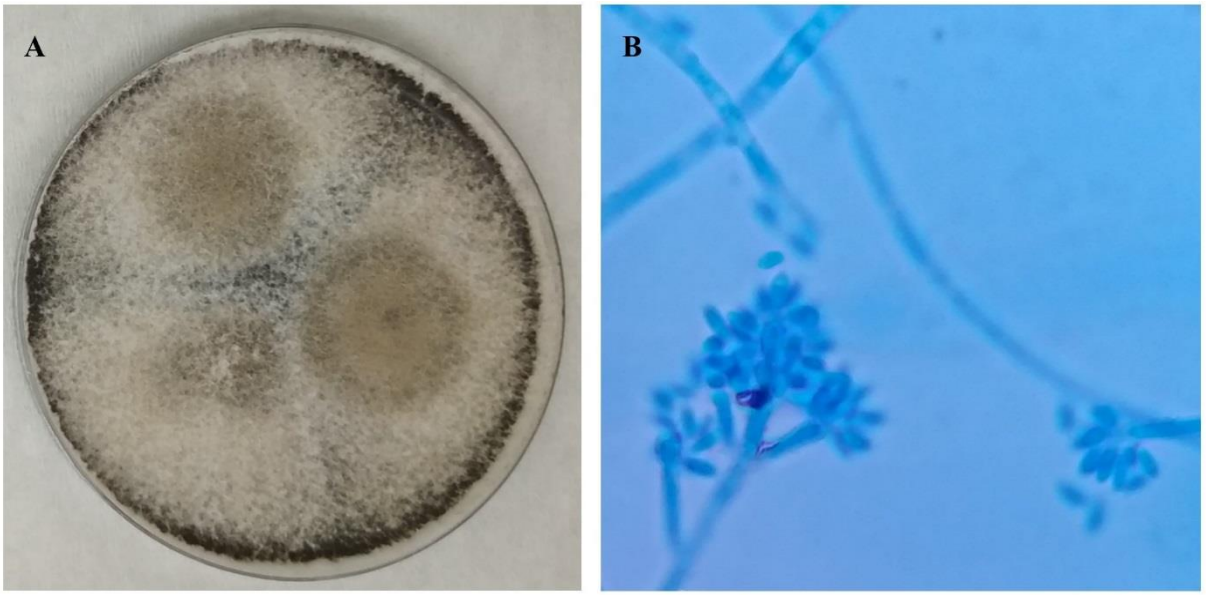
Şekil 4.7: *Aspergillus flavus* A-D. Sırası ile CYA (25 °C), CYA (37 °C), MEA ve CDA ortamlarında 7 günlük koloni morfolojisi, E. Mikroskobik görünümü x500.



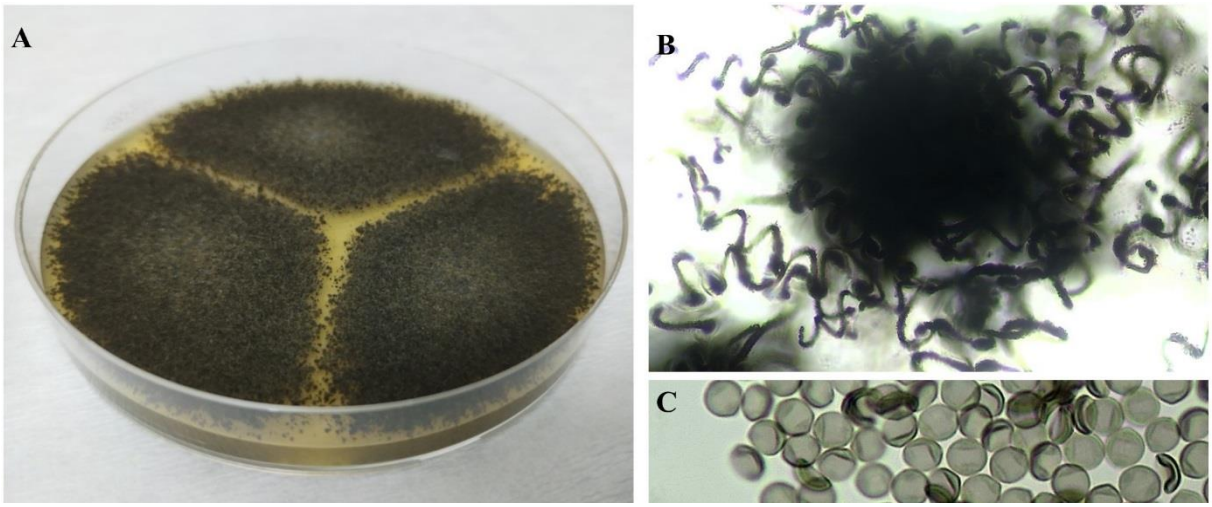
Şekil 4.8: *Aspergillus niveus* (Güncel: *Aspergillus neoniveus*) A-E. Sırası ile CYA (25 °C), CYA (37 °C), MEA, CDA ve CY20S ortamlarında 7 günlük koloni morfolojisi, F. Mikroskobik görünümü x500.



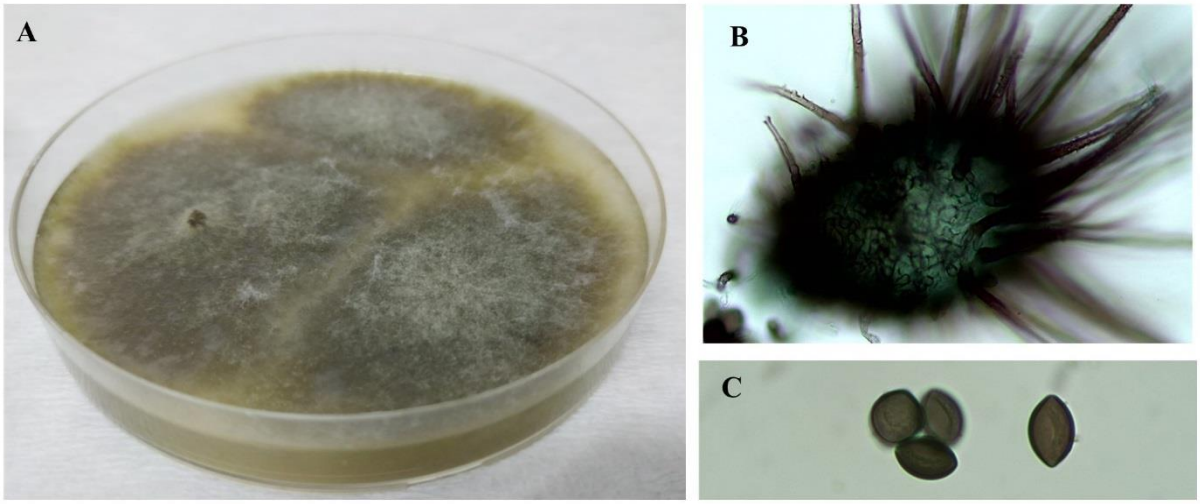
Şekil 4.9: *Aspergillus versicolor* A-E. Sırası ile CYA (25 °C), CYA (37 °C), MEA, CDA ve CY20S ortamlarında 7 günlük koloni morfolojisi, F. Mikroskobik görünüm x500, G, H. Mikroskobik Hülle hücresi görünümü x1000.



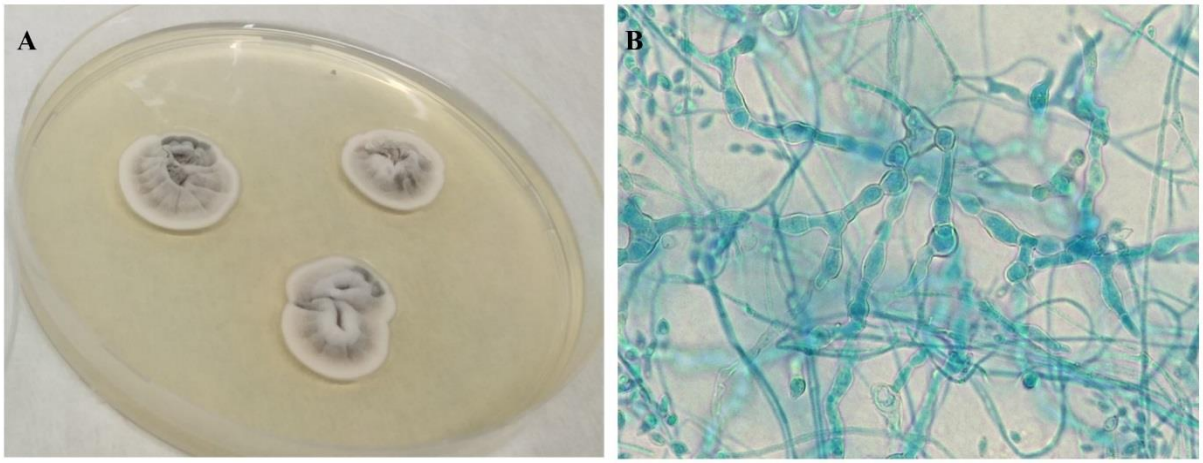
Şekil 4.10: *Botrytis* sp. A. PDA ortamında 14 günlük koloni morfolojisi, B. Mikroskobik görünümü x500.



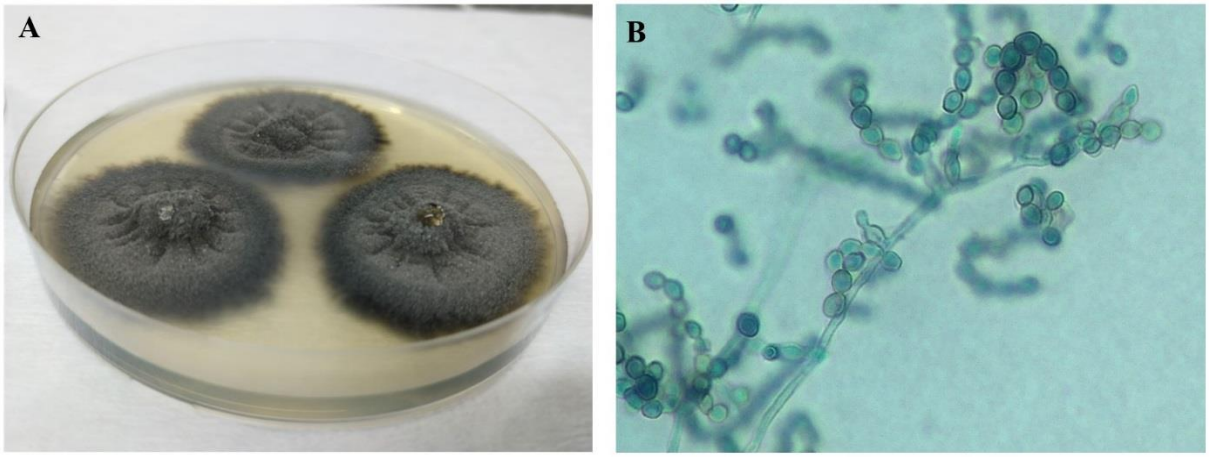
Şekil 4.11: *Chaetomium globosporum* A. PDA ortamında 14 günlük koloni morfolojisi, B, C. Mikroskobik görünümü x500, x1000.



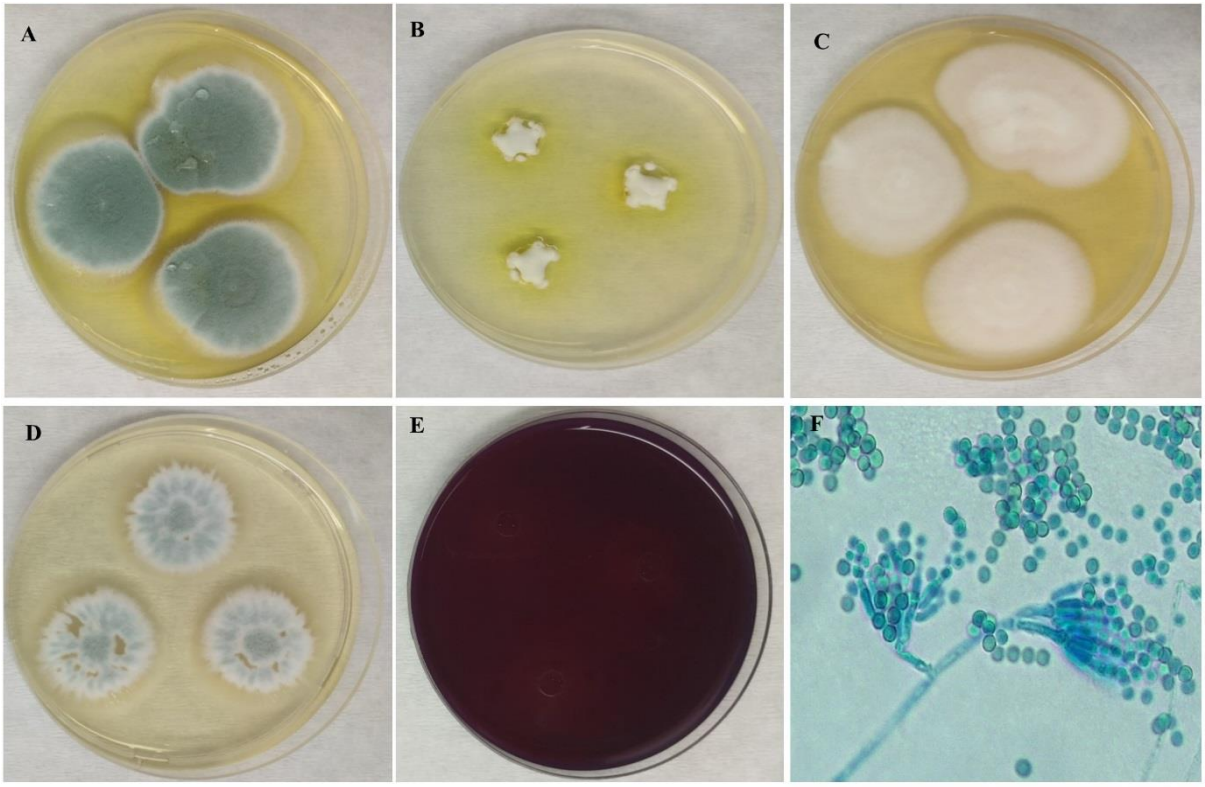
Şekil 4.12: *Chaetomium globosum* A. PDA ortamında 14 günlük koloni morfolojisi, B, C. Mikroskobik görünümü x1000.



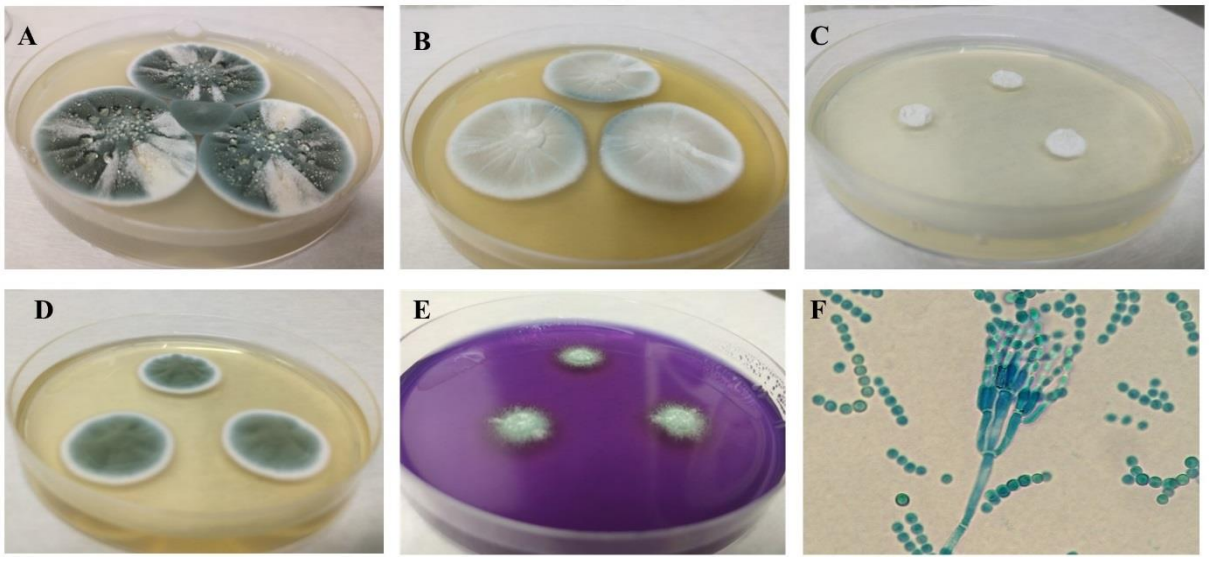
Şekil 4.13: *Chrysogenum inops* A. PDA ortamında 14 günlük koloni morfolojisi, B. Mikroskobik görünümü x500.



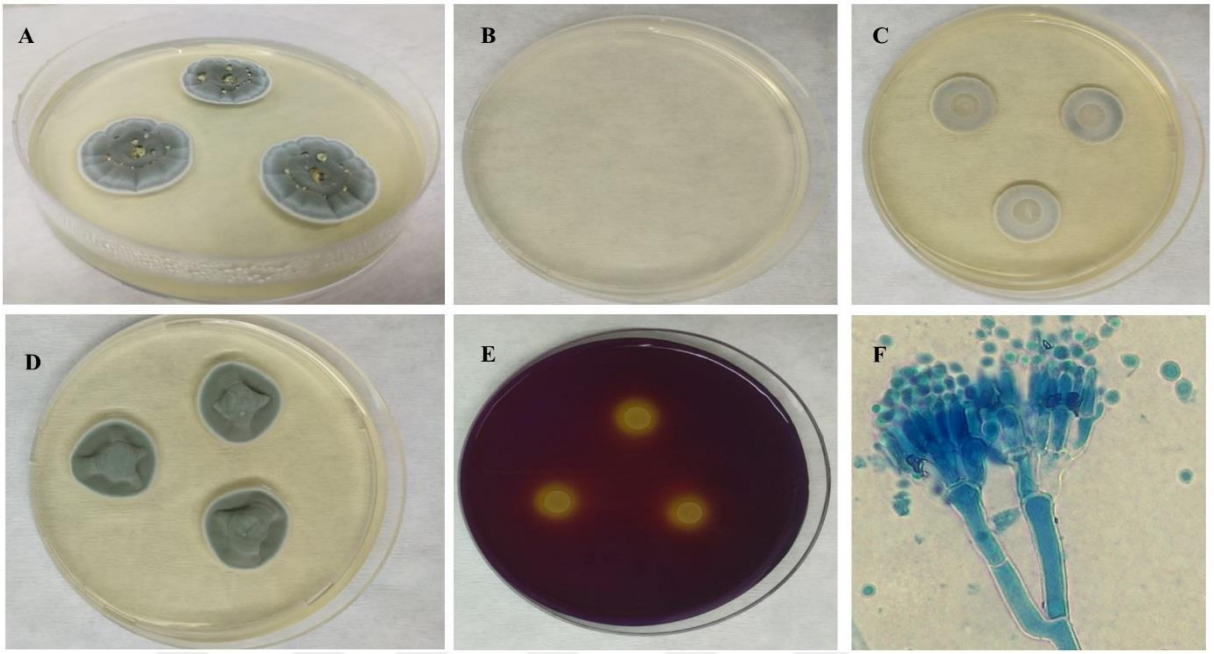
Şekil 4.14: *Monocillium humicola* (Güncel: *Penicillium lagena*) A. PDA ortamında 14 günlük koloni morfolojisi, B. Mikroskobik görünümü x500.



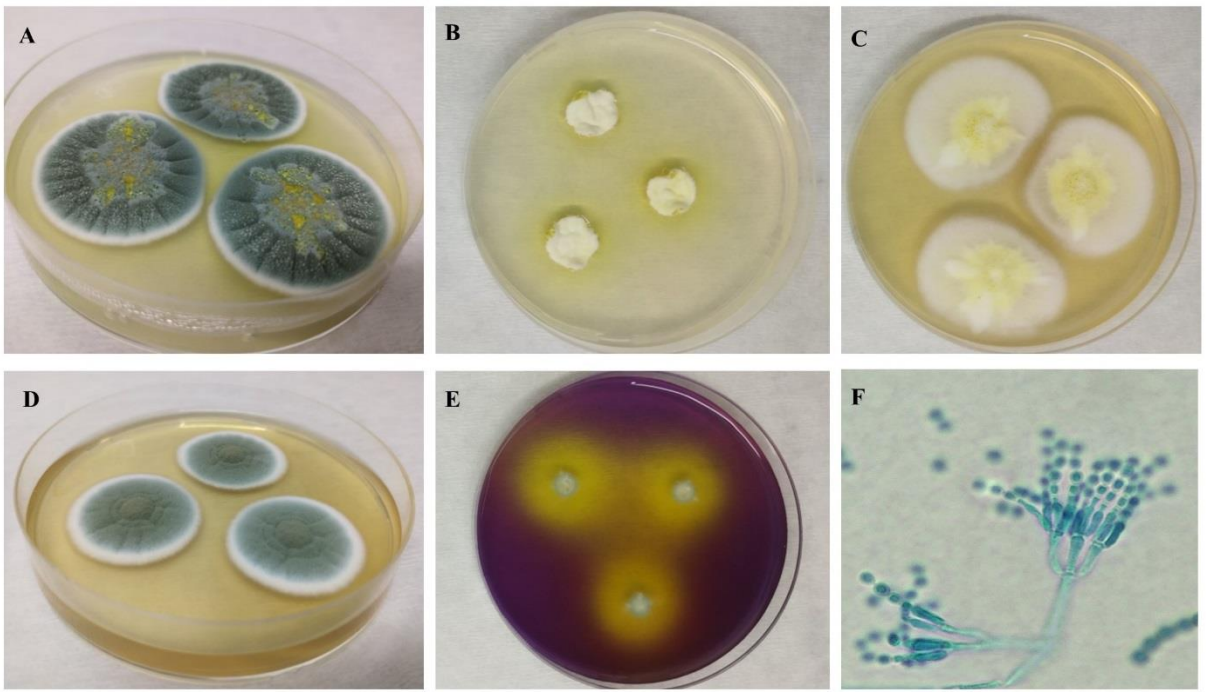
Şekil 4.15: *Penicillium sp.* A-E. Sırası ile CYA (25 °C), CYA (37 °C), MEA, G25N ve KSA ortamlarında 7 günlük koloni morfolojisi, F. Mikroskobik görünümü x500.



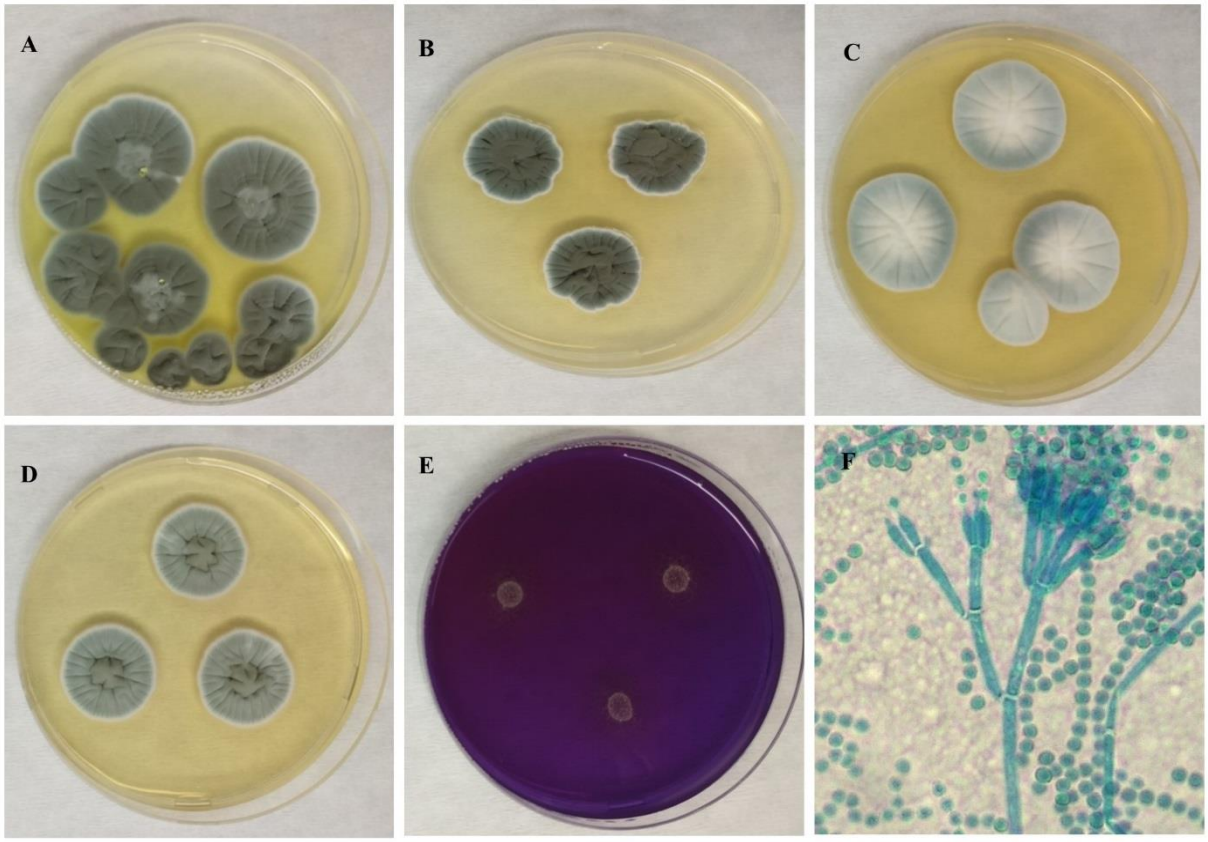
Şekil 4.16: *Penicillium aurantiogriseum* A-E. Sırası ile CYA (25 °C), CYA (37 °C), MEA, G25N ve KSA ortamlarında 7 günlük koloni morfolojisi, F. Mikroskobik görünümü x500.



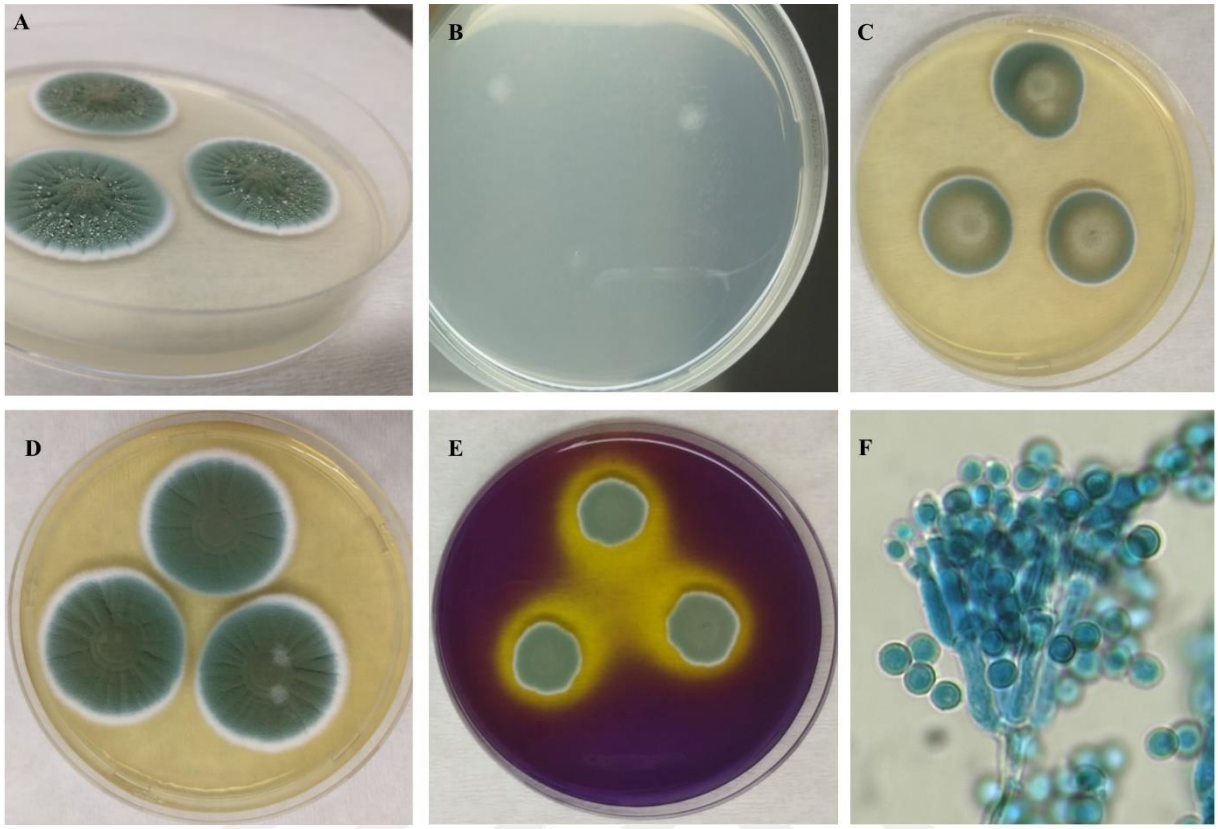
Şekil 4.17: *Penicillium brevicompactum* A-E. Sırası ile CYA (25 °C), CYA (37 °C), MEA, G25N ve KSA ortamlarında 7 günlük koloni morfolojisi, F. Mikroskobik görünümü x500.



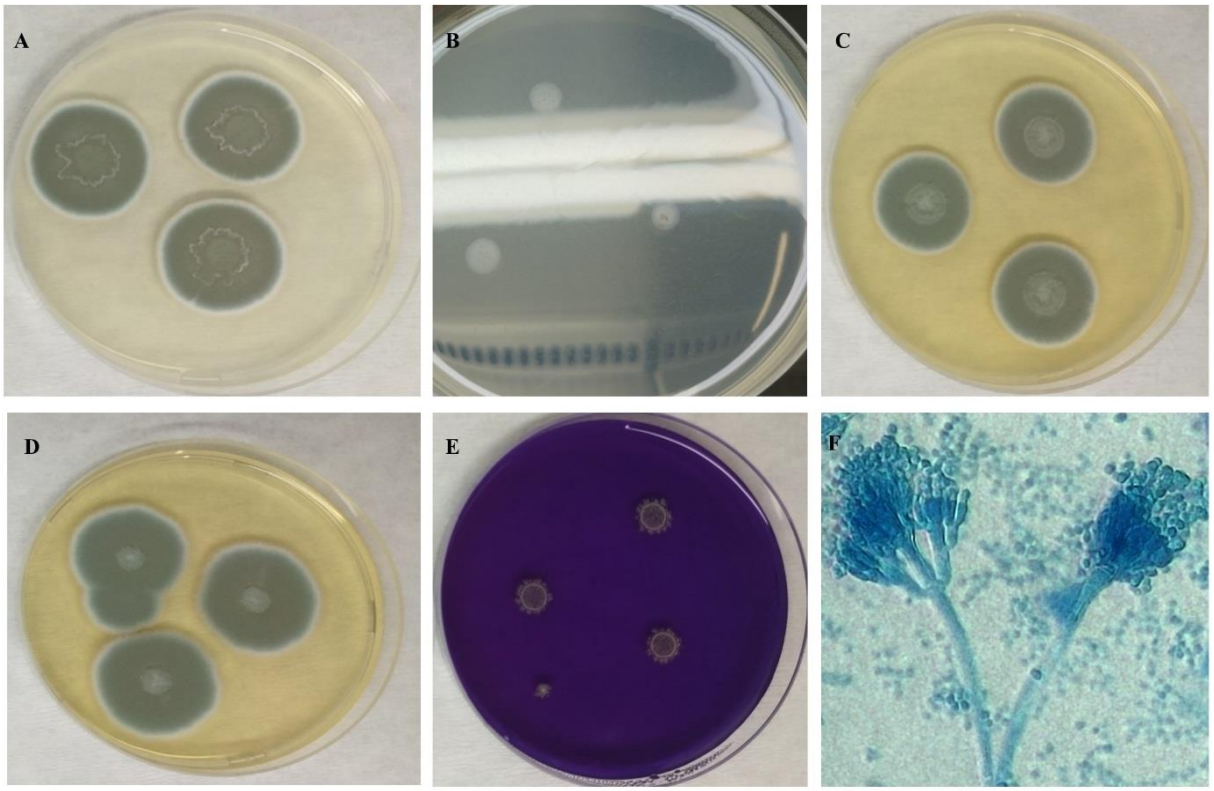
Şekil 4.18: *Penicillium chrysogenum* A-E. Sırası ile CYA (25 °C), CYA (37 °C), MEA, G25N ve KSA ortamlarında 7 günlük koloni morfolojisi, F. Mikroskobik görünümü x500.



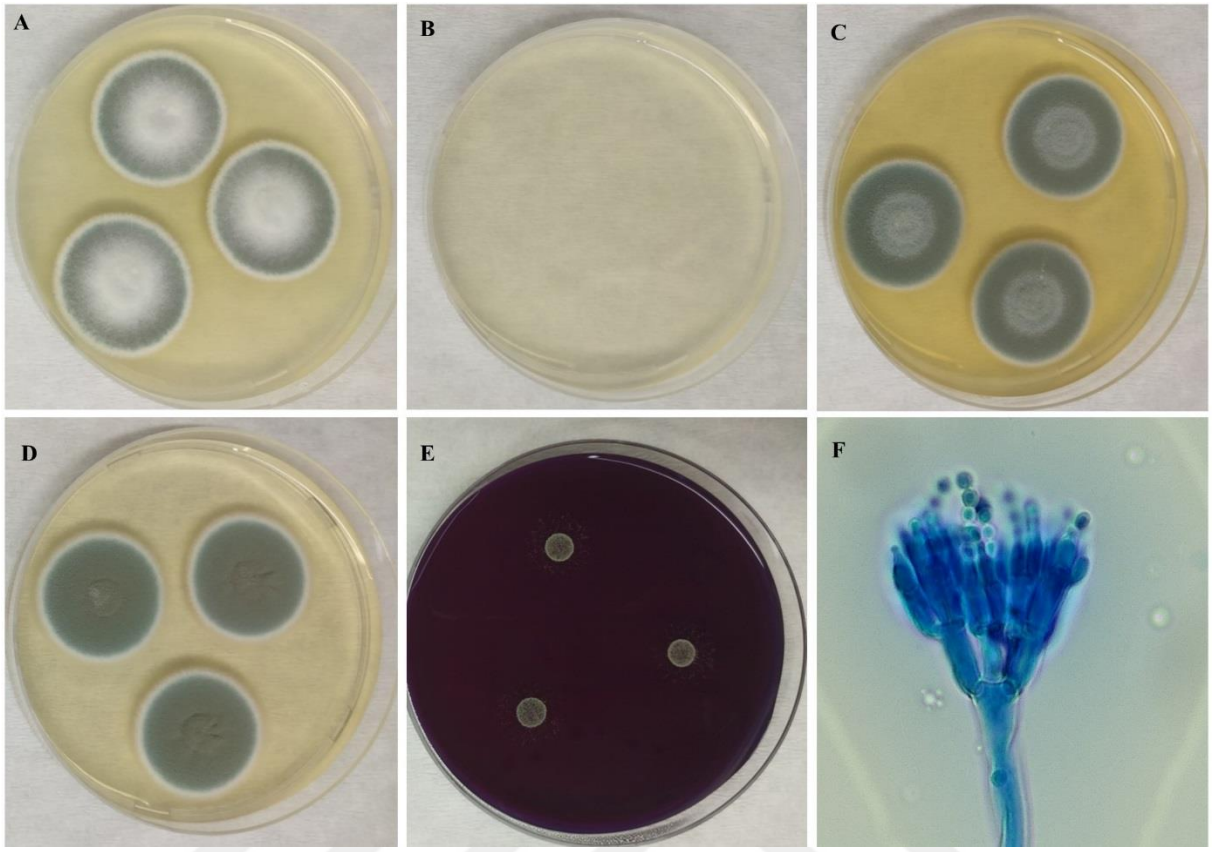
Şekil 4.19: *Penicillium citrinum* A-E. Sırası ile CYA (25 °C), CYA (37 °C), MEA, G25N ve KSA ortamlarında 7 günlük koloni morfolojisi, F. Mikroskobik görünümü x500.



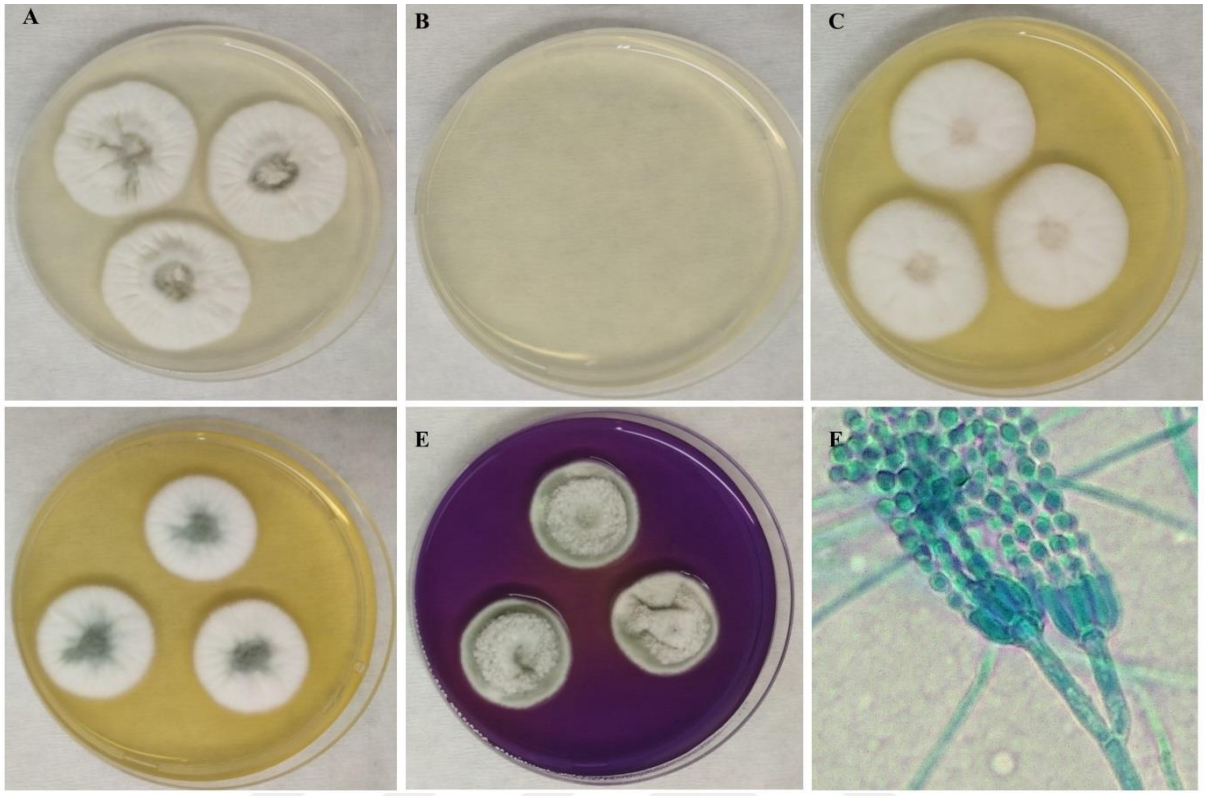
Şekil 4.20: *Penicillium expansum* A-E. Sırası ile CYA (25 °C), CYA (37 °C), MEA, G25N ve KSA ortamlarında 7 günlük koloni morfolojisi, F. Mikroskobik görünümü x500.



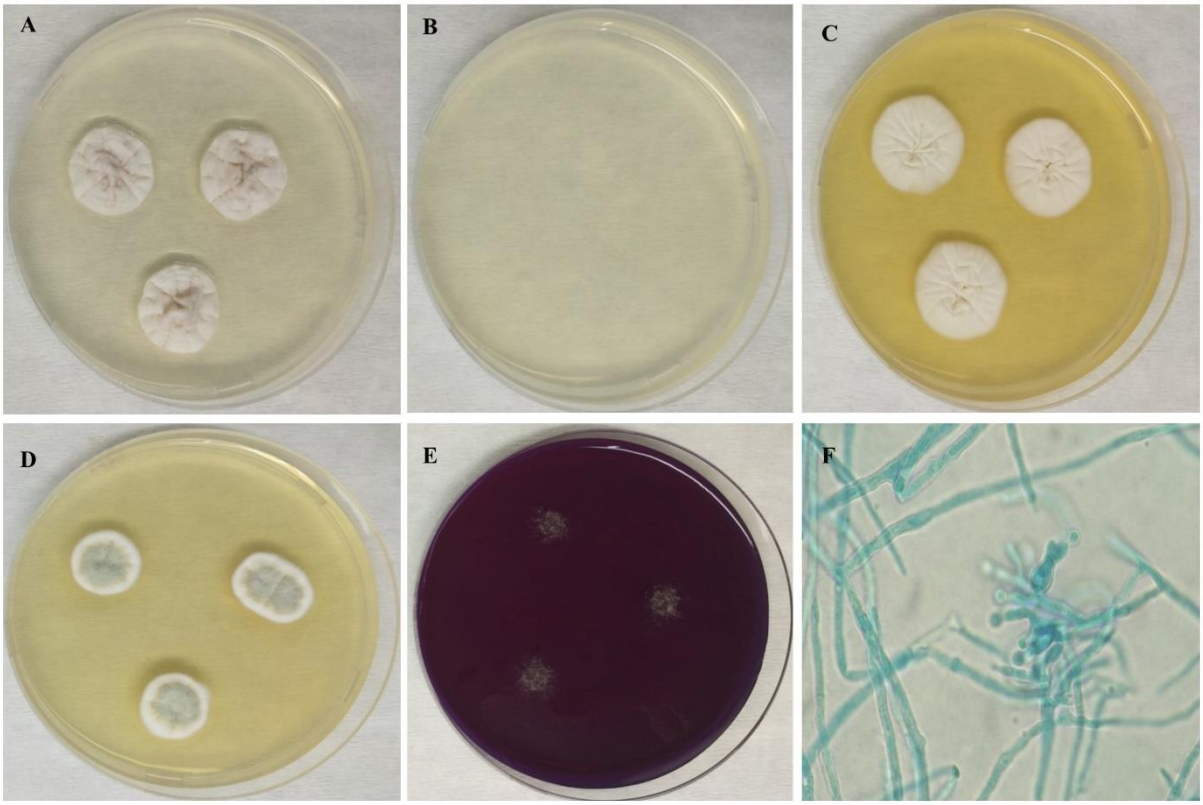
Şekil 4.21: *Penicillium griseofulvum* A-E. Sırası ile CYA (25 °C), CYA (37 °C), MEA, G25N ve KSA ortamlarında 7 günlük koloni morfolojisi, F. Mikroskobik görünümü x500.



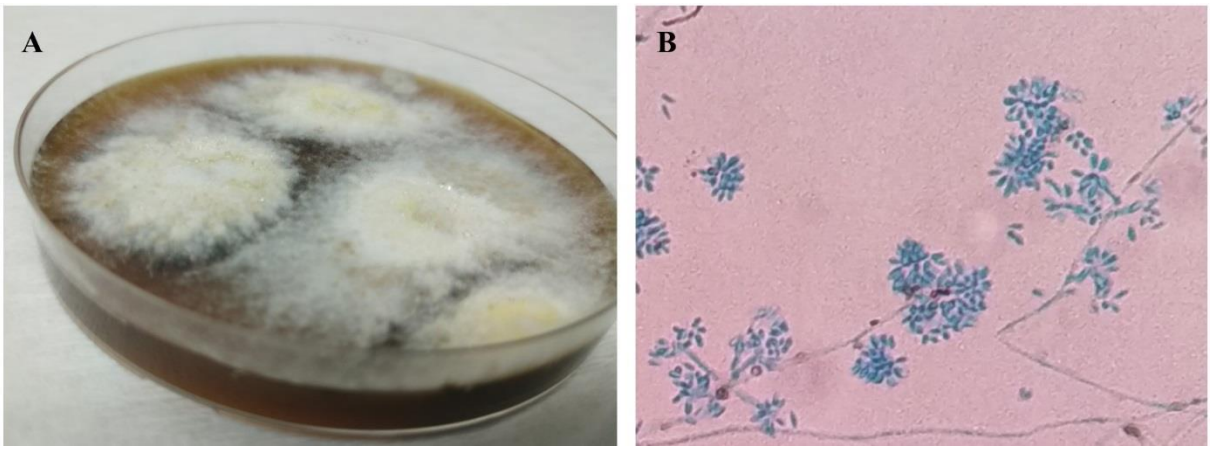
Şekil 4.22: *Penicillium olsonii* A-E. Sırası ile CYA (25 °C), CYA (37 °C), MEA, G25N ve KSA ortamlarında 7 günlük koloni morfolojisi, F. Mikroskobik görünümü x500.



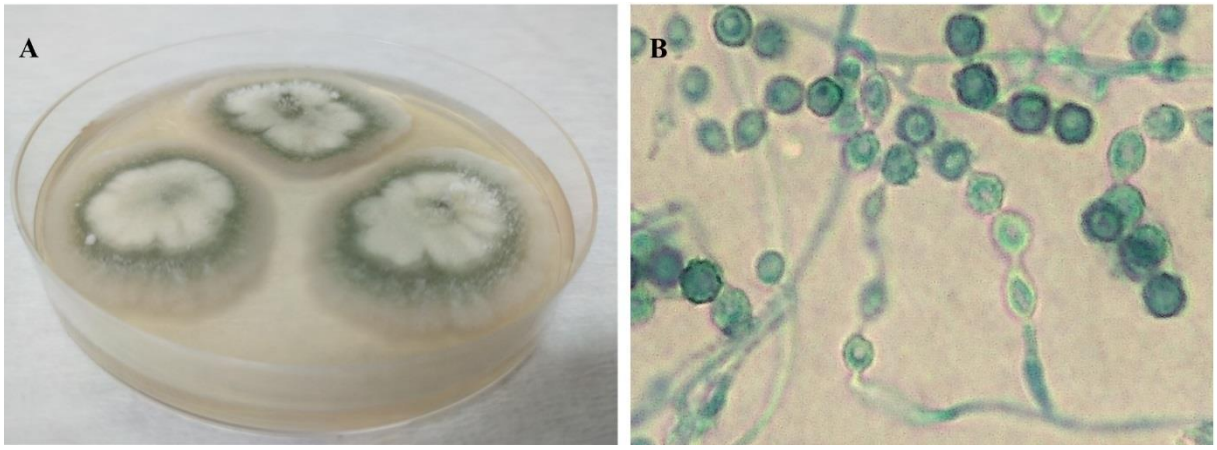
Şekil 4.23: *Penicillium raistrickii* A-E. Sırası ile CYA (25 °C), CYA (37 °C), MEA, G25N ve KSA ortamlarında 7 günlük koloni morfolojisi, F. Mikroskobik görünümü x500.



Şekil 4.24: *Penicillium restrictum* A-E. Sırası ile CYA (25 °C), CYA (37 °C), MEA, G25N ve KSA ortamlarında 7 günlük koloni morfolojisi, F. Mikroskobik görünümü x500.



Şekil 4.25: *Phialophora* sp. A. PDA ortamında 14 günlük koloni morfolojisi, B. Mikroskobik görünümü x500.



Şekil 4.26: *Scopulariopsis asparula* A. PDA ortamında 14 günlük koloni morfolojisi, B. Mikroskobik görünümü x500.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Su sistemlerindeki mikrobiyal kontaminasyon ciddi sağlık sorunlarına hatta ölümlere sebep olabilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü, tüm dünyada her yıl su ile ilişkili 4 milyar hastalık vakası görüldüğünü ve bu vakalardan 1.8 milyonunun ölümle sonuçlandığı rapor etmiştir. Bu hastalıklardan %88'inin uygun olmayan su kaynaklarının kullanımı, yetersiz sanitasyon ve hijyen koşulları nedeniyle ortaya çıktığı bildirilmiştir (Uwimpuhwe, 2012; Forstinus ve diğ., 2016). Su sistemlerinde ölümle sonuçlanabilen bu kontaminasyonlara sebep olan başlıca mikroorganizmalar bakteri ve mikrofunguslardır.

İçme ve kullanma sularına bağlı hastalık ve ölüm vakaları ile karşılaşmamak için Dünya Sağlık Örgütü ve birçok farklı ülkenin yayınladığı su kalitesi standartlarına göre şebeke suları patojen mikroorganizmaları içermemelidir. TSE'ye göre ise insani tüketim amaçlı sular kapsamında içme ve kullanma suları sınıfına giren şebeke sularında bakteriyolojik kontaminasyon olmamalıdır. İSKİ'nin çalışma süremizce yayınladığı aylık su kalitesi raporlarına göre su kalitesinin belirlenmesinde şebeke sularında kirlilik göstergesi olan enterokok, *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens* ve koliform bakterilerin varlığı araştırılmış olup su örneklerinde bu bakterilerin sebep olduğu bakteriyel bir kontaminasyon saptanmamıştır (https://www.iski.istanbul/web/tr-TR/su-kalite-raporlari, Ziyaret Tarihi: 22.12.2022). Çalışmamızda aerobik bakteri sayıları ve bu bakterilerin genel morfolojik özellikleri göz önüne alındığında, yukarıda belirtilen indikatör bakteriler dışında, klor dezenfeksiyonu yapıldığı bilinen şebeke su sistemlerinde çeşitli yollarla mikroorganizma bulaşları olabileceği gibi boru yüzeylerinden, su depolarından ve ayrıca duş başlıklarındaki muhtemel biyofilm tabakalarından kopmaların olabileceği de düşünülmektedir. Bu kopmalar ile suya geçiş yapan AHB ve mikrofunguslar, su örneklerinin alımı esnasında sudaki mikroorganizma sayı ve çeşitliliğinin olduğundan daha yüksek tespit edilmesine yol açmış olabilir. Ayrıca İSKİ'nin aylık su kalite raporlarına göre tesislerden verilen şebeke sularında oldukça yüksek oranlarda (28.76-170.18 mg/l) klorür bulunmaktadır (1 mg/l, 1 ppm'e eşit olup çalışmamızda klor ppm cinsinden ölçülmüştür). Çalışma kapsamında toplanan su örneklerindeki serbest klor değerleri ise 0.3 ile 1 ppm arasında değişkenlik göstermektedir. Klor yapısı itibari ile uçucu bir gaz olduğundan şebeke suyundaki serbest klor tesislerden duş başlıklarına ulaşana kadar su sistemi boyunca kayba uğrayarak azalabilir. Ayrıca sudaki serbest klor su sistemi boru hattı boyunca oluşmuş muhtemel biyofilm tabakalarında etki göstermesi sebebi ile azalmış olabilir. Klorun bu

sebeplerden kayıplara uğrayarak sudaki miktarının azalması, su örneklerinde mikrobiyal üremenin önüne geçmekte yetersiz kalmasına sebep olmuş olabilir. Üreme gerçekleşmeyen binalarda ise su sistemlerindeki muhtemel mikroorganizmaların klora duyarlı olması ile bu durum açıklanabilir. Nitekim istatiksel analiz sonuçları sudaki serbest klor değerleri ile AHB üremesi arasında ters yönde anlamlı bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca AHB'leri ele aldığımızda 7 günlük bekleme süresi *Burkholderia* gibi suda bulunabilen ve yavaş üreyen bakterilerin üremesi için (Tavares ve diğ., 2020) yeterli gelişim koşullarını sağlayamamış olabilir. İnsan yapımı su sistemlerinde bakteri sayımı ve izolasyonunun gerçekleştirileceği çalışmalarda inkübasyonun 14. güne kadar uzatılması hatta sıcak su örneklerindeki bakterilerin üremesi için bu sürenin en az 21 gün olması önerilmektedir.

Çalışmamızda soğuk su örneklerindeki en yüksek AHB sayısının M kodlu binada tespit edilmesi, bu binanın muhtemel biyofilm tabakası içeren depoya sahip olmasından kaynaklanmış olabilir. Zamanla depo yüzeyinde bulunan biyofilmden su fazına geçiş yapan bakteriler su örneklerindeki AHB sayısının yüksek saptanmasına yol açmış olabilir. En düşük AHB sayısı saptanan G kodlu binanın dikkat çeken özelliği en genç bina olmasıdır. Her ne kadar bina yaşı ile AHB sayısı arasında istatistiksel bir ilişki saptanamasa da yeni yapıların eski yapılara göre daha az sayıda biyofilm ve buna bağlı olarak bakteri sayısı içereceği düşünülmektedir. Ayrıca soğuk su örneklerinde en yüksek sayıda AHB izolatı, depo bulunduran ve boru materyal çeşidi GÇ olan A kodlu binada saptanmıştır. Depo yüzeyindeki muhtemel biyofilmden kopmalar ile sudaki izolat sayısında artış beklenmekle birlikte, su sistemindeki klorun boru materyali GÇ ile reaksiyona girerek etkinliğinin azalmasıyla da (Babic ve diğ., 2016) su ve biyofilmdeki bakteri sayısı ile çeşitliliği etkilenmiş olabilir.

Sıcak su örneklerindeki en yüksek AHB sayısı F kodlu binada tespit edilirken, bu binanın soğuk su örneğinde ise hiç üreme tespit edilmemiştir. En düşük AHB sayısı K kodlu binada tespit edilmiştir. F ve K kodlu binalardaki sayısal farklılıklar binaya ya da suya ait herhangi bir özellikle bağlantı kurularak açıklanamamaktadır. Sıcak su örneklerindeki en yüksek sayıdaki AHB izolatı G kodlu binada tespit edilmiştir. Buna ek olarak F ve G kodlu binaların sıcak su örneklerinde tespit edilen AHB sayısı, soğuk su örneklerinde tespit edilenden daha yüksektir. Yukarıdaki bulgulara göre sıcak su örneklerindeki bakterilerin muhtemel biyofilm tabakasına yerleşerek burada sıcağa toleransı olmayıp sadece soğuk suda gelişim gösterebilen bakterilerin yerleşmesinin önüne geçmiş olabileceği düşündürmektedir.

Çalışmamız sonucunda su örneklerinde tespit edilen aerobik mikrofungus sayılarını karşılaştırabileceğimiz bir TSE standardı bulunmamakla birlikte, birçok çalışma (Hapçıoğlu ve diğ., 2005; Hayette ve diğ., 2010; Kadaifçiler ve Demirel, 2018) sonucu ile karşılaştırdığımızda fungus sayılarımızın yüksek olmadığı görülmektedir. Bu durum şehir şebeke su sistemlerindeki ozonlama, kum havuzunda filtreleme gibi klor uygulamasından önce İSKİ tarafından yapılan rutin işlemlerin dezenfeksiyonla birlikte mikrofungal gelişimi engellediğini düşündürmektedir.

Soğuk su örneklerindeki en yüksek aerobik mikrofungus sayısı deposu olan A kodlu binada saptanmıştır. Nitekim istatiksel analiz sonucunda da depo varlığı ile mikrofungal üreme arasında ilişki olduğu tespit edilmiştir. En düşük mikrofungus sayıları ise H, J, O, R, T, U kodlu binalarda tespit edilmiştir. H, J, T ve U kodlu binalardan alınan soğuk su örneklerinde bakteriyel üreme tespit edilmiş olup muhtemel biyofilm tabakalarında bakterilerin baskın olması sebebiyle mikrofungusların biyofilm tabakasına yerleşmedikleri, sudaki serbest klorun mikrofunguslar üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. O ve R kodlu binaların soğuk su örneklerinde ise bakteriyel üremenin olmadığı görülmektedir, sudaki serbest klorun etkili olması sebebiyle kontaminasyon tespit edilmediği düşünülmektedir. Soğuk su örneklerindeki en yüksek sayıda mikrofungus izolatları A, B ve K kodlu binalarda saptanmıştır. Depo bulunduran ve GÇ boru materyal çeşidine sahip A kodlu binanın yüksek sayıda mikrofungal izolata sahip olması, üst paragraftaki A kodlu binanın yüksek AHB izolat sayısı bulunma gerekçeleri ile aynıdır. Bunun yanı sıra A ve K kodlu binalara ait su örneklerindeki serbest klor değerlerinin düşük olması fungusların sayısı ve/veya çeşitliliğindeki artışlarda etkili olmuş olabilir.

Sıcak su örneklerindeki en yüksek aerobik mikrofungus sayısı 55 °C ile su örneği en yüksek derecede tespit edilmiş olan B kodlu binadır. Her ne kadar istatistiksel olarak sıcaklık ve fungus sayısı arasında anlamlı bir ilişki bulunamasa da bu durum sıcaklığın artmasının, sıcak su sistemlerinde bulunabilen fungusların üremesini desteklediğini düşündürmektedir. Ayrıca B kodlu binanın soğuk su örneklerindeki fungus sayısının da diğer binalara kıyasla düşük olmaması, bina su sisteminin muhtemel biyofilm tabakası ile kaplı olduğunu düşündürmektedir. Sıcak su örneklerindeki en düşük aerobik mikrofungus sayısı G, I, P kodlu binalarda tespit edilmiştir. G kodlu binanın sıcak su örneklerinde bakteriyel üremenin yüksek olması, muhtemel biyofilm tabakasında da bakterilerin baskın olabileceğini ve bundan dolayı mikrofungusların biyofilme yerleşemediklerini ve klorlamanın sudaki mikrofunguslar üzerinde etkili olmasından dolayı sıcak su örneklerinde düşük sayıda mikrofungus tespit edildiği düşünülmektedir. I ve P

kodlu binaların sıcak su örneklerinde bakteriyel üremenin olmadığı görülmektedir. I kodlu binanın soğuk su örneklerinde de bakteriyel ve mikrofungal üreme tespit edilmediğinden klorlamanın etkili olduğu düşünülmektedir. P kodlu binanın soğuk su örneklerinde bakteriyel üreme tespit edilmiş olup muhtemel biyofilm tabakasında bakterilerin baskın olması nedeniyle mikrofungusların biyofilm tabakasına yerleşmedikleri ve sudaki serbest klorun mikrofunguslar üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. Sıcak su örneklerinde tespit edilen aerobik mikrofungus sayıları ile bina yaşı arasında zıt yönde anlamlı bir ilişki tespit edilmiş olup sonuçlar bu korelasyon ile kısmen açıklanabilmektedir. Sıcak su örneklerindeki en yüksek sayıdaki aerobik mikrofungus izolatı B, C ve J kodlu binalarda saptanmıştır. Buna ek olarak soğuk ve sıcak su örneklerindeki toplam izolat sayısı birlikte değerlendirildiğinde en yüksek mikrofungal izolat sayısı B kodlu binada tespit edilmiştir. B ve C kodlu binalarda bakteriyel üreme saptanmamış olup J kodlu binada ise düşük sayıda bakteriyel üreme saptanmıştır. Bu binaların sıcak su sistemlerinde mikrofungusların muhtemel biyofilm tabakasındaki baskın mikroorganizmalar olabilecekleri ve besin için rekabete girdikleri bakterilerin gelişimini engelleyebilecekleri düşünülmektedir.

Çalışmamız genelinde soğuk su örneklerinde sıcak su örneklerine kıyasla daha yüksek sayıda mikrofungus üremesi tespit edilmişken B, D, I ve J kodlu binaların sıcak su örneklerinde soğuk su örneklerine kıyasla daha yüksek sayıda üreme tespit edilmiştir. Sıcak su örneklerinde en yüksek mikrofungal üremenin görüldüğü binalardaki bakteriyel üremeleri değerlendirdiğimizde az sayıda üreme gerçekleşmiş ya da hiç üreme gerçekleşmemiştir. Nitekim literatürde de bakteri sayıları ile fungus sayıları arasında zıt yönde bir ilişkinin olduğunu bildiren çalışmalar bulunmaktadır (Gonçalves ve diğ., 2006)

Tez kapsamındaki soğuk ve sıcak şebeke suyu örneklerinin büyük bir kısmında bakteriyel ve mikrofungal kontaminasyon tespit edilmiştir. Sonuçlar bakteriyel kontaminasyon açısından değerlendirildiğinde, soğuk su örneklerinde tespit edilen AHB'lerin ağırlıklı olarak Gram pozitif basil oldukları göze çarpmaktadır.

Yurt dışında şebeke su sistemleri ile ilgili mikrobiyolojik çalışmalar, ağırlıklı olarak soğuk su sistemleri üzerine yapılmış olup soğuk ve sıcak su sistemlerine ait su örneklerinde bakteriyolojik kontaminasyonun birlikte araştırıldığı daha az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda öncelik su sistemlerinde kirlilik indikatörü Gram negatif özellikteki bakterilerin varlığını araştırmaya yönelik olsa da genel tür çeşitliliğinin araştırıldığı çalışmalarda Gram

pozitif özellikteki bakteriler de tespit edilmiştir. Leginowicz ve diğ. (2018) Polonya'da yaptıkları çalışmada şebeke suyu boru hatlarına ait 10 noktadan aldıkları su örneklerini membran filtrasyon yöntemi ile bakteriyolojik kontaminasyon açısından incelemişlerdir. Bu çalışma sonucunda Actinobacteria, Proteobacteria ve Firmicutes filumlarına ve *Pseudomonas, Flavobacterium, Acinetobacter, Aeromonas, Bacillus* cinslerine ait Gram pozitif ve Gram negatif bakteriler izole edilmiştir. Heidarieh ve diğ. (2016) İran'da iki hastanede şebeke suyuna bağlı hemodiyaliz sistemlerindeki bakteriyel kontaminasyonu araştırmışlardır. Baskın olarak Gram pozitif özellikteki *Kocuria, Arthrobacter, Staphylococcus* ve *Mycobacterium* cinsi bakteriler ile Gram negatif özellikteki *Acinetobacter, Burkholderia, Halomonas, Herbaspirillum, Pseudomonas* ve *Sphingomonas* cinsi bakterileri saptamışlardır.

Ülkemizde su sistemleri ile ilgili yürütülmüş bakteriyolojik çalışmalar soğuk şebeke su sistemleri üzerine yapılmış olup bu çalışmalarda Gram negatif özellikteki koliform bakterilerin yanı sıra Gram pozitif özellikteki bakteriler de tespit edilmiştir. Hapçıoğlu ve diğ. (2005) İstanbul'da bir hastaneye ait su sistemlerinde membran filtrasyon yöntemi ile bakteri ve mikrofungusların varlığını araştırmışlardır. 100 su örneğinin 84'ünden heterotrof bakteriler izole edilmiştir. Çalışmanın sonucunda %77'si *Bacillus* spp., %11'i *Bacillus cereus* olmak üzere bakteri üremelerinin %81'i *Bacillus* spp. olarak, %5'i *Pseudomonas* spp. ve %4'ü *Staphylococcus* spp. olarak tespit edilmiştir. Kireçci ve diğ. (2017) Kahramanmaraş ve çevresindeki içme ve kullanma suları ile çevresel suların mikrobiyolojik kalitesini değerlendirdikleri çalışmalarında 67 farklı su örneğini membran filtrasyon yöntemini kullanarak araştırmışlardır. Örneklerin 53'ünden (%79) bakteri izole edilmiştir. Çalışma sonucunda *E. coli* baskın olmak üzere, Koagülaz negatif stafilokoklar, *Bacillus* spp. ve enterokoklar tespit edilmiştir. Coşkun ve diğ. (2012) Çanakkale ilinde yaptıkları çalışmada şebeke suyu örneklerini bakteriyolojik kontaminasyon açısından membran filtrasyon yöntemini kullanarak incelemiş olup, 40 su örneğinin 28'inde aerobik mezofilik bakteri, 18'inde koliform ve 1'inde *E. coli* saptamışlardır. Avcı ve diğ. (2014) Malatya ilinde içme ve kullanma sularındaki bakteriyolojik kontaminasyonun belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada 1592 adet su örneğini membran filtrasyon yöntemi ile incelemişlerdir. Çalışmanın sonunda 454 su örneği mikrobiyolojik su kalitesi açısından içilemez bulunmuştur.

Çalışmamızda örnekleme yapılan binaların sıcak su örneklerinde tespit edilen AHB'lerin soğuk su örneklerinde olduğu gibi ağırlıklı olarak Gram pozitif basil özellik gösterdikleri

belirlenmiştir. Ülkemizde şebeke sistemine bağlı sıcak su sistemleri (banyo, duş, mutfak) üzerine yürütülmüş çalışma bulunmamaktadır. Sıcak sular ile ilgili kaplıcalarda yapılan çalışmalarda saptanan bakteriler ağırlıklı olarak Gram pozitif basildir. Beldüz ve diğ. (2003) Balıkesir ve Ağrı illerindeki kaplıcalarda yürüttükleri çalışmada alınan su örneklerinden Gram pozitif özellikte, 7 adet basil formda bakteri izole etmişlerdir. Aslan ve diğ. (2021) Bingöl ili Binkap sıcak su kaynaklarından izole edilen bakterilerin tanımlanması ile ilgili yaptıkları çalışmanın sonucunda *Bacillus subtilis* ve *Bacillus paralicheniformis* türlerine filogenetik olarak yakın olduğu tespit edilen basil formda iki farklı Gram pozitif bakteri izole etmişlerdir.

Soğuk ve sıcak su sistemlerinde bakteriyel kontaminasyonun birlikte araştırıldığı çalışmalar kapsamında Zacheus ve Martikainen (1995) Finlandiya'da yürüttükleri çalışmalarında 67 soğuk ve sıcak su örneğinde bakteri ve mikrofungusların varlığını yüzeye yayma ekim ve membran filtrasyon yöntemleri ile araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda soğuk su örneklerinde sıcak su örneklerine kıyasla daha yüksek sayıda mezofilik heterotrofik bakteri ile mezofilik mikrofungus tespit edilmiş olup sıcak su örneklerinde ise yüksek sayıda termofilik bakteri tespit edilmiştir. Ayrıca toplam mikrobiyal üremenin de soğuk su örneklerinde daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Henne ve diğ. (2013) Almanya'da yürüttükleri çalışmalarında soğuk ve sıcak su örneklerinde bakteriyel kontaminasyonu araştırmışlardır. Çalışmada bakterileri membran filtrasyon yöntemi ile izole etmiş ve moleküler yöntemler ile filum düzeyinde tanımlamalarını gerçekleştirmişlerdir. Soğuk ve sıcak su örneklerinde Alphaproteobacteria, Betaproteobacteria, Betaproteobacteria, Acidobacteria, Actinobacteria, Bacteroidetes, Cyanobacteria, Firmicutes, Planctomycetes filumlarına ait bakterilerin varlığı tespit edilmiş olup soğuk su örneklerinde sıcak su örneklerinde göre daha çok bakteri tespit edilmiştir.

Aerobik Gram pozitif basil morfolojisindeki bakterilerden *Bacillus* cinsinin su sistemlerinde saptandığı bilinmektedir. (Hapçıoğlu ve diğ., 2005; Leginowicz ve diğ., 2018). Bu cinsin üyeleri endospor oluşturabilme özellikleri ile besin azlığı, ani sıcaklık değişimleri, klor gibi kimyasal madde varlığını örnek gösterebileceğimiz zorlu ve olumsuz şartlara sahip şebeke su sitemlerinde de varlıklarını sürdürebilmektedir ancak bu cinsin teşhisini yapmak zordur. *Bacillus* cinsi bakterilerin biyokimyasal aktiviteleri ile birlikte farklı gen bölgelerinin de moleküler düzeyde detaylı çalışılması sonucunda teşhisleri gerçekleştirilebilmektedir. Çalışmamız kapsamında bakterilerin tanımlanmasına bütçe ayrılamadığı için AHB izolatlarının tanımı gerçekleştirilememiştir. Bu izolatlar arasında özellikle spor oluşturduğu saptanan Gram

pozitif basil özellikteki bakterilerin *Bacillus* cinsi üyeleri olabileceğinden şüphelenilmiş olup, ilgili izolatlar ileriki çalışmalarda teşhis edilmek üzere saklanmaktadır.

Literatürde şebeke su sistemleri ile ilgili çalışmalara bakıldığında bakteri türlerinin yanı sıra birçok mikrofungus türü de tespit edilmiştir. Şebeke suyunda mikrofungusların neden olduğu ilk kontaminasyon sorunları 1960'lar ile 1970'lerde ortaya konmuş ve mikrofunguslar ile kontamine olmuş suların çeşitli sağlık problemlerine sebep olduğu bildirilmiştir (Burman ve diğ., 1965; Bays ve diğ., 1970). Şebeke su sistemleri üzerine yapılmış çalışmalar ağırlıklı olarak soğuk su sistemleri üzerine yürütülmüş olsa da soğuk ve sıcak su örneklerinin birlikte çalışıldığı çalışmalar da bulunmaktadır (Anaissie ve diğ., 2002; Figueiredo Fonseca ve diğ., 2010; Hayette ve diğ., 2010). Yalnızca sıcak su sistemleri üzerine yürütülmüş çalışmalar ise oldukça sınırlıdır. Şebeke su sistemlerindeki mikrofungal kontaminasyon özellikle hastane ortamlarında ciddi bir sorun teşkil etmektedir. Başlıca bağışıklık sistemi baskılanmış kişilerde mikrofunguslar ile kontamine olmuş suyun kullanılması özellikle cerrahi yaralarla teması, yutulması ya da aerosol şeklinde solunması yüzeysel mikoz, aspergilloz hatta invaziv enfeksiyon hastalıkları gibi ölümle sonuçlanabilen ciddi sağlık sorunlarına sebep olmaktadır (Oliveira ve diğ., 2016). Ev ortamlarında kullanımında ise özellikle duş esnasında aerosol şeklinde solunması ya da yutulması, bunun yanı sıra suyun kesik ya da yaralar ile teması çeşitli sağlık sorunlarına neden olabilir (Meheust ve diğ., 2014).

Çalışmamızda soğuk su örneklerinde baskın olarak sırasıyla *Penicillium* ve *Aspergillus* cinsi mikrofunguslar tespit edilmiştir. Nitekim su sistemlerinin mikrofungal çeşitliliğinin araştırıldığı çalışmalarda da *Penicillium* başta olmak üzere birçok mikrofungus cinsi saptanmıştır. Hageskal ve diğ. (2006) yürüttükleri çalışmada membran filtrasyon yöntemi ile soğuk şebeke su örneklerinde baskın olarak *Penicillium* ve *Aspergillus* cinsi mikrofungusları saptamışlardır. Hapçıoğlu ve diğ. (2005) membran filtrasyon yöntemi ile yürüttükleri çalışma sonucunda şebeke su sistemine bağlı hastaneden aldıkları soğuk su örneklerinde baskın olarak *Penicillium* ve *Aspergillus* cinsi mikrofungusları tespit etmişlerdir. Kadaifçiler ve Demirel (2018) membran filtrasyon yöntemi ile şebeke su örneklerin en çok tespit edilen cinsler arasında *Penicillium* spp. ve *Aspergillus* spp. olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışmamızda soğuk su örneklerinde baskın olarak *Penicillium* cinsi mikrofunguslar tespit edilmiştir. Mikrofungus sporlarının klorlamaya bakteri ve mayalardan daha dirençli olduğu bildirilmiştir (Rosenzweig ve diğ., 1983). *Penicillium* cinsi mikrofunguslar klorla

dezenfeksiyona karşı diğer mikrofungal cinslerden daha dirençli olup *Penicillium* sporları su ve hava ortamlarında yaygın olarak bulunmaktadır (Pereira ve diğ., 2013).

Çalışmamızda sıcak su örneklerinde baskın olarak *Aspergillus* cinsi mikrofunguslar tespit edilmiştir. *Aspergillus* cinsi yüksek sıcaklık, düşük nem ve oksijen içeriği gibi çeşitli zorlu ortam koşulları altında da varlıklarını sürdürebilmektedirler (Babic ve diğ., 2017). Ayrıca *Aspergillus* sporları su ortamlarında yaygın olarak bulunmaktadırlar (Richardson ve Rautemaa Richardson, 2019).

Yurt dışında sıcak su sistemlerinde yapılmış çalışma sayısı oldukça azdır. Hayette ve diğ. (2010) Belçika'daki bir hastaneden aldıkları 96'sı sıcak su olmak üzere toplam 197 sıcak ve soğuk su örneklerinde filamentöz fungusların varlığını araştırmışlardır. Sıcak su örneklerinde *Aspergillus* sp. ve *Penicillium* sp. baskın olmak üzere *Acremonium* sp.'nin de dahil olduğu 9 farklı cinse ait mikrofungus teşhis etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda sıcak su örneklerinin %38'inde filamentöz mikrofungus varlığı tespit edilmiştir. Ma ve diğ. (2015) Amerika Birleşik Devletleri'ndeki bir hastane sıcak su sisteminde monokloramin ile dezenfeksiyon öncesi ve sonrası mikrofungal çeşitliliği araştırmışlardır. Monokloramin ile dezenfeksiyonun etkili bir sonuç vermediğini bildirmekle birlikte dezenfeksiyon öncesi ve sonrasında *Penicillium* baskın olmak üzere, *Aspergillus, Candida, Cladosporium, Fusarium, Peniophora, Rhodosporidium* cinsi mikrofungusları tespit etmişlerdir.

Ülkemizde insan yapımı sıcak su sistemlerinde mikrofungusların varlığının araştırılmasına yönelik çalışma bulunmamakla birlikle sıcak su kaynaklarında fungusların tanımlamasına yönelik sadece bir çalışma yapılmıştır. Berikten (2013), sıcaklıkları 30 ile 90 °C arasında değişen sıcak su kaynaklarında termofilik filamentli fungus izolasyonu ve tanımlanması üzerine yürüttüğü doktora tezi kapsamında Kütahya ve Afyon illerinde bulunan kaplıcalardan aldığı su örneklerini membran filtrasyon yöntemini kullanarak incelemiştir. Çalışmanın sonucunda *Myceliophthora thermophila, Myceliophthora hinnulea, Melanocarpus albomyces, Rhizomucor pusillus, Thermomyces lanuginosus, Humicola grisea, Humicola insolens, Scytalidium thermophilum, Talaromyces thermophilus, Thielavia terrestris* ve *Malbranchea cinnamomea* türü fungusların tespit edildiği bildirilmiştir.

Soğuk ve sıcak su sistemlerinde mikrofungusların birlikte araştırıldığı çalışmalar kapsamında Anaissie ve diğ. (2002) Amerika Birleşik Devletleri'nde bir hastanenin soğuk ve sıcak su

sistemi ve depo suyunda bağışıklık sistemi baskılanmış hastalarda aspergilloza neden olan *Aspergillus* türlerinin varlığını araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda şebeke su örneklerinin %33'ünde, depodan alınan su örneklerinin %21'inde *Aspergillus* sp. saptanmıştır. Hayette ve diğ. (2010) Belçika'daki bir hastaneden aldıkları 197 soğuk ve sıcak su örneğinde membran filtrasyon yöntemi ile filamentöz fungusların varlığını araştırmışlardır. Soğuk su örneklerinde *Penicillium* sp. ve *Fusarium* sp., sıcak su örneklerinde ise *Penicillium* sp. ve *Aspergillus* sp. baskın olmak üzere *Acremonium* sp.'nin de dahil olduğu 9 farklı cinse ait mikrofungus teşhis etmişlerdir. İzole edilen filamentöz mikrofungusların %5'ini ise teşhis edememişlerdir. Ayrıca çalışmanın sonucunda soğuk su örneklerinin %65'inde, sıcak su örneklerinin ise %38'inde filamentöz mikrofungus varlığı saptanmıştır. Bu sonuç soğuk su örneklerinin %85'inde ve sıcak su örneklerinin %45'inde mikrofungus tespit ettiğimiz çalışmamızın sonucu ile benzerlik göstermektedir. Su sistemlerinde küf morfolojisindeki mikrofunguslara mayalardan daha sık rastlanmaktadır. Nitekim aynı sonuç çalışmamızda da saptanmıştır. Mayaların üremelerini destekleyen optimum pH değerleri 4.5-5'tir ve yüksek besin içeriğine gereksinim duyarlar. Su örneklerinin az besin içeriyor olması ve pH değerlerinin 6-7 arasında değişiklik gösteriyor olması mayaların gelişimleri için uygun ortam koşullarını sağlamamaktadır. Küflerin üremeleri için gerekli olan optimum pH değerleri ise mayalara göre daha geniş bir aralıktadır. Ayrıca küfler daha az besin içeriğinin bulunduğu ortamlarda da canlılıklarını koruyabilirler ve klora mayalardan daha dirençlilerdir. Bu sebeplerden ötürü su sistemlerinde küflerin daha yüksek oranlarda tespiti beklenen bir sonuçtur.

Araştırmalarda su sistemlerinde tespit edilen mikrofunguslar içerisinde fırsatçı patojen, alerjen ve toksijenik türlerin bulunduğu rapor edilmiştir (Warris ve diğ., 2001). Çalışmamızda tür veya cins tayini yapılan *Acremonium kliense, Arthroderma* sp, *Aspergillus amstelodami, Aspergillus flavus, Aspergillus versicolor, Aspergillus niveus, Botrytis* sp., *Chaetomium globosum, Scopulariopsis asperula, Penicillium chrysogenum, Penicillium citrinum, Phialophora* sp. alerjen, fırsatçı patojen özellikleri ile bilinen mikrofunguslardır. *Acremonium kliense* son yıllarda klinik önemi artan mikrofunguslardan olup özellikle bağışıklık sistemi baskılanmış kişilerde sistemik fungal hastalıklara sebep olabilmektedir. *Arthroderma* sp. deride fungal enfeksiyonlara neden olabilmektedir. *Aspergillus amstelodami, Aspergillus flavus, Aspergillus versicolor, Aspergillus niveus* invaziv aspergilloza neden olabilmektedir. *Botrytis* sp. bitki patojeni olarak da bilinen bir alerjendir. *Chaetomium globosum* solunum yolu enfeksiyonlarına, rinoserebral enfeksiyonlara ve deri ile tırnaklarda enfeksiyonlara sebep olabilmektedir.

Scopulariopsis sp. tırnaklarda fungal enfeksiyonlara ve keratite neden olabilmektedir. *Penicillium chrysogenum* ve *Penicillium citrinum* invaziv enfeksiyonlara sebep olabilmektedir (Babic ve diğ., 2017). *Phialophora s*p. ise başta immün sistemi baskılanmış hastalarda olmak üzere endokardit gibi sistemik enfeksiyonlara ve keratite neden olabilmektedir (Migrino ve diğ., 1995).

Literatürdeki mikrofungal çeşitlilik ile bulgularımızı karşılaştırdığımızda benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Hageskal ve diğ. (2006) Norveç'te yaptıkları çalışmada membran filtrasyon yöntemini kullanarak 273 içme ve kullanma suyunda mikrofungusların varlığını araştırmışladır. Baskın olarak *Penicillium* ve *Aspergillus* cinslerine ait türler olmak üzere 94 farklı tür ve 30 farklı cins mikrofungus saptamışlardır. Bu mikrofunguslar arasında yer alan *Acremonium* sp., *Botrytis* sp., *Chaetomium* sp., *Chaetomium globosum, Penicillium brevicompactum, Penicillium chrysogenum, Penicillium citrinum, Penicillium expansum, Penicillium olsonii, Penicillium raistrickii, Penicillium restrictum, Phialophora* sp., *Scopulariopsis* sp. çalışmamızda da saptanan mikrofunguslardır. Kanzler ve diğ. (2007) Avusturya'da yaptıkları çalışmada toplam 38 içme ve kullanma suyu ile yeraltı suyunda membran filtrasyon ve yüzeye yayma ekim yöntemleri ile filamentöz mikrofungus ve mayaların varlığını araştırmışlardır. 32 farklı taksona ait fungus saptanmış olup, ağırlıklı olarak *Cladosporium* spp. ve çalışmamızda da baskın olarak bulunan *Penicillium* spp.'ne ait mikrofunguslar tespit edilmiştir. Ayrıca teşhisi yapılan türler arasında, çalışmamız sonucunda da saptanmış olan *Aspergillus* sp., *Acremonium* sp. ve az sayıda maya da bulunmaktadır. Kadaifçiler ve Demirel (2018) İstanbul'da şebeke su sistemine bağlı 49 ev, 24 hastane ve 13 alışveriş merkezinden aldıkları su örneklerinde membran filtrasyon yöntemi ile mikrofungal çeşitliliği araştırdıkları çalışmalarında *Penicillium* spp. ve *Aspergillus* spp. başta olmak üzere 32 farklı tür tespit edilmiştir. Ayrıca mikotoksijenik özelliğe sahip olduğu tespit edilen *Aspergillus* türleri bildirilmiştir.

Ülkemizde şebeke su sistemine bağlı içme ve kullanma suları ile yapılan çalışmalarda odak noktası sağlık açısından önemi bilinen total ve fekal koliform bakteriler ile patojen bakterilerdir. Buna karşın genel bakteriyolojik çeşitlilik hatta fungusları da içeren mikrobiyal çeşitliliğin ve kontaminasyonun araştırıldığı sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Membran filtrasyon yönteminin kullanıldığı bu çalışmalar kapsamında Hapçıoğlu ve diğ. (2005) İstanbul'da bir hastaneye ait su sistemlerinde *Bacillus* spp. (%77), *Bacillus cereus* (%11), *Pseudomonas* spp. (%5) ve *Staphylococcus* spp. (%4) ait bakteriler ile *Penicillium* spp. (%24), *Aspergillus* spp.

(%8) ve *Acremonium* spp.'ne (%5) ait mikrofungusları saptamışlardır. Kadaifçiler ve Çotuk (2013) İstanbul'da şebeke su sistemine bağlı diş ünite su sistemlerinde baskın olarak *Penicillium, Aspergillus, Cladosporium* ve *Paecilomyces* cinslerine ait mikrofunguslar ile birçok Gram negatif bakteri türünün yer aldığını bildirmiştir. Nitekim çalışmamızda su örneklerinde sıklıkla saptanan *Aspergillus* ve *Penicillium* cinsi mikrofungusların önceki çalışmalarda da baskın olduğu dikkat çekmektedir. Ayrıca çalışmamızda en çok saptanan bakteri özelliğinin Hapçıoğlu ve diğ. (2005) sonucu ile benzerlik gösterdiği söylenebilir.

Ek olarak, Zacheus ve Martikainen (1995) ile Hayette ve diğ. (2010) soğuk ve sıcak su sistemlerine ait su örneklerini birlikte değerlendirdikleri çalışmaları araştırmamızda saptandığı gibi soğuk su sistemlerinde sıcak su sistemlerine göre daha yüksek oranda bakteri ve fungus tespit edildiğini ortaya koymaktadır. Bu durum suyun sıcaklığının arttıkça sudaki çözünmüş oksijen miktarının azalması (Xing ve diğ., 2014) ve bu ortamın aerobik mikroorganizmaların varlığını desteklememesi ile açıklanabilir.

Tez çalışması kapsamında bulgulara dayalı sonuçlar ve öneriler aşağıda özetlenmiştir:

- Su örneklerinin alımı için rastgele seçilmiş binaların ana boru materyalinin ağırlıklı olarak PVC olduğu göze çarpmaktadır.
- Hem soğuk hem de sıcak su örneklerinde saptanan klor miktarları oldukça düşüktür.
- Üreme tespit edilen binaların tamamının AHB sayısı bakımından TSE'nin belirlediği limit değerlerin üzerinde bulunduğu ve bu sebeple etkin dezenfeksiyon işlemlerinin yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır.
- Örnekleme yapılan binalardaki aerobik mikrofungus sayıları yüksek olmamakla birlikte, tür veya cins tayini yapılan bu mikrofungusların insan sağlığını olumsuz etkileyebileceği düşünülmektedir.
- Soğuk su örneklerinde saptanan hem mikroorganizma sayısının hem de izolat sayının sıcak su örneklerinkinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.
- Sıcak su örneklerinde mikroorganizma sayısının ve biyoçeşitliliğin tespit edileceği çalışmalarda inkübasyon süresinin en az 21 gün olması önerilmektedir.
- Su örneklerinde Gram pozitif basil morfolojisindeki bakteriler ile *Penicillium* ve *Aspergillus* cinslerine ait mikrofunguslar en sık bulunan mikroorganizmalardır.

- Fırsatçı patojen olarak tanınan *Candida* cinsi mayalar su örneklerinde saptanmamıştır ancak su örneklerinde saptanan *Aspergillus versicolor, A. flavus* gibi tür veya cins tayini yapılan birçok mikrofungusun muhtemel alerjik ve/veya fırsatçı enfeksiyonlara yol açabilme riski bulunabilmektedir.
- Şebeke su sistemine doğrudan ya da depo vasıtası ile dolaylı yoldan bağlı olan insan yapımı su sistemlerinde mikrobiyal kontaminasyonun daha iyi anlaşılması için su örneklerinin yanında mutlaka biyofilm örneklerinin de alınması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Acar, N., Berkem, R., Kurt, Ö., Akan, Ö., 1996, Klinik mikrobiyoloji laboratuvarlarında enterokok identifikasyon modelleri, *Flora, 1,* 36-39.

Alangaden, G. J., 2011, Nosocomial fungal infections: Epidemiology, infection control, and prevention, *Infectious disease clinics, 25* (1), 201-225.

Alemdar, S., Kahraman, T., Ağaoğlu, S., Alişarlı, M., 2009, Bitlis ili içme sularının bazı mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özellikleri, *Ekoloji*, 19 (73), 29-38.

Al-Gabr, H.M., Zheng, T. And Yu, X., 2014, Occurrence and quantification of fungi and detection of mycotoxigenic fungi in drinking water in Xiamen City, China, *Science of the total environment*, 466-467, 1103-1111.

Anaissie, E.J., Kuchar, R.T., Rex, J.H., Francesconi, A., Kasai, M., Muller, F.C., Lozano-Chiu, M., Summerbell, R.C., Dignani, M.C., Chanock, S.J., Walsh, T.J., 2001, Fusariosis associated with pathogenic *Fusarium* species colonization of a hospital water system: a new paradigm for the epidemiology of opportunistic mold infections, *Clinical infectious diseases*, 33 (11), 1871-1878.

Anaissie, E.J., Stratton, S.L., Dignani, M.C., Summerbell, R.C., Rex, J.H., Monson, T.P., Spencer, T., Kasai, M., Francesconi, A. and Walsh, T.J., 2002, Pathogenic *Aspergillus* species recovered from a hospital water system: a 3-year prospective study, *Clinical infectious diseases*, 34 (6), 780-789.

Aslan, Z., Bekler, F.M., Güven, K., 2021, Bingöl sıcak su kaplıcalarından izole edilen bakterilerin tanımlanması, Proteaz ve Amilaz Enzimlerinin Karakterizasyonu, *International journal of pure and applied sciences, 7* (3), 346-355.

Avcı, H.H., Pehlivan, E., Avcı, S., Selçuk, E.B., 2014, Malatya ili içme suyu kontrol izlemesi sonuçlarının halk sağlığı açısından değerlendirilmesi, *Journal of turgut ozal medical center*, 21 (1), 21-6.

Babic, M.N., Zupancıc, J., Zalar, P., and Gunde-Cimerman, N., 2016, Tap water transmitted establishment of pathogenic microorganisms in household appliances, *European committee for the study of corrosion and protection of pipe and pipeline systems (CEOCOR)*, May 2016, Ljubljana, Slovenia.

Babic, M., Gunde-Cimerman, N., Vargha, M., Tischner, Z., Magyar, D., Veríssimo, C., Sabino, R., Viegas, C., Meyer, W. and Brandao, J., 2017, Fungal contaminants in drinking water regulation? a tale of ecology, exposure, purification and clinical relevance, *International journal of environmental research and public health*, 14 (6), 636.

Barnett, H. L., Hunter, B. B., 1999, *Illustrated genera of imperfect fungi*, 4th ed., APS Press, St. Paul, Minnesota, USA, 0-89054-192-2.

Bays, L.R., Burman N.P., and Lewis W.M., 1970, Taste and odor in water supplies in Great Britain: a survey of the present position and problems for the future, *Water treat. exam.*, 19, 13-160.

Belduz, A.O., Dulger, S., Demirbag, Z., 2003, *Anoxybacillus gonensis* sp. nov., a moderately thermophilic, xylose-utilizing, endospore-forming bacterium. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, *53* (5), 1315-1320.

Berikten, D., 2013, *Sıcak su kaynaklarından termofilik filamentli fungusların izolasyonu, tanılanması ve fitaz enzimi üretimlerinin araştırılması*, Doktora tezi, Anadolu Üniversitesi.

Biçmen, C., Şenol, G., Eriş, F.N. and Florat, N., 2004, Antibiotic susceptibility and carbapenem resistance of Gram negative bacilli recovered from various specimens of hospitalized patients in a training hospital for chest diseases, *Türk mikrobiyoloji cemiyeti dergisi*, *34*, 37-45.

Biedunkiewicz, A. 2015, Ecophysiology of selected *Candida* species isolated from different types of utility water under laboratory conditions, *Applied ecology and environmental research*, 13 (4), 967-979.

Biedunkiewicz, A. and Schulz, L., 2012, Fungi of the genus *Exophiala* in tap water potential etiological factors of phaeohyphomycoses, *Medicalmycology*, 19 (1), 23.

Boutati, E.I. and Anaissie, E. J., 1997, *Fusarium*, a significant emerging pathogen in patients with hematologic malignancy: ten years' experience at a cancer center and implications for management, *Blood, the journal of the american society of hematology*, *90* (3), 999-1008.

Burman, N.P., 1965, Taste and odor due to stagnation and local warming in long lengths of piping, *Proc. soc. Water treat. exam.*, 14, 125-131.

Can, K.N., 2011, *Çeşitli su örneklerinde membran filtrasyon ve konvansiyonel yöntemlerle mikrobiyolojik kalite analizi ve antibiyotik dirençliliğinin saptanması*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Claus, D., Berkeley, R.C.W.,1986, *The genus Bacillus*, In: Sneath P.H.A., Mair N.S., Sharpe M.E., Holt J. G. (eds.), Bergey's manual of systematic bacteriology, The Williams & Wilkins Co., Baltimore, 2, 1105-1139.

Coskun, M., Cayir, A., Coskun, M., Kovanci A., 2012, Quality of drinking water of Canakkale province, Turkey, *IUFS journal of biology*, 71(1), 7-15.

Çelikel Güngör, A., ve Gürbüz, S., 2018, Mardin'de kullanılan şebeke ve kuyu sularının mikrobiyolojik kalitesi, *Zeugma I. uluslararası multidisipliner çalışmalar kongres*i, 13-16 Eylül 2018, Gaziantep, 1104-1109.

Çotuk, A. ve İlhan Sungur, E., 2015, *Genel mikrobiyoloji laboratuvar yöntemleri*, Nobel, İstanbul, ISBN:978-605-335-082-8, 49, 54, 115-117.

Doggett, M.S., 2000, Characterization of fungal biofilms within a municipal water distribution system, *Applied and environmental microbiology*, *66* (3), 1249-1251.

Dufour, A., Snozzi, M., Koster, W., Bartram, J., Ronchi, E., Fewtrell, L., 2003, *Assessing microbial safety of drinking water: Improving approaches and methods*, Iwa Publishing, 1st ed., London, ISBN: 1-84339-036-1, 11-15.

Duport, C., Jobin, M. and Schmitt, P., 2016, Adaptation in *Bacillus cereus*: From stress to disease, *Frontiers in microbiology*, *7*, 1550.

Ekici, K., Körkoca, H., Sancak, Y.C. ve Atalan, E., 2010, Van ve yöresi içme sularında koliform ve *E. coli* araştırılması, *Uludag univ. j. fac. vet. med*, 29 (2), 21-25.

Elal Muş, T., Çetinkaya, F., 2017, Bursa'da içme ve kullanma sularında indikatör ve bazı patojen bakterilerin varlığının araştırılması, *Toprak su dergisi*, 6 (1), 1.

Ellis, M.B., 1971, Dematiaceous Hyphomycetes, The Eastern Press, London, 85198027-9.

Erdoğan, H., 2018, Legionnaires' disease, *Mediterranean journal of infection microbes and antimicrobials*, *7*.

Farenhorst, A., Li, R., Jahan, M., Tun, H.M., Mi, R., Amarakoon, I., Kumar, A. and Khafipour, E., 2017, Bacteria in drinking water sources of a first nation reserve in Canada, *Science of the total environment*, 575, 813-819.

Fields, B. S., 1997, *Legionella and Legionnaires' Disease*, Manual of Environmental Microbiology, In: Hurst, C.J., Knudsen, G.R., Mclnerney, M.J., Stetzenbach, L.D. and Walter, M.V., ASM, Washington, D.C., 666-675.

Figueiredo Fonseca, J. de C., Bouakline, A., Claisse, J. P., Feuilhade, M., Baruchel, A., Dombret, H., Pavie, J., Andrade Moreira, E. S., Derouin, F. and Lacroix, C., 2010, Fungal contamination of water and water-related surfaces in three hospital wards with immunocompromised patients at risk for invasive fungal infections, *Journal of infection prevention*, 11 (2), 36-41.

Forstinus, N., Ikechukwu, N., Emenike, M. and Christiana, A., 2016, Water and water borne diseases: a review, *International journal of tropical disease & health*, 12 (4), 1-14.

Gonçalves, A.B., Paterson, R.R. M. and Lima, N., 2006, Survey and significance of filamentous fungi from tap water, *International journal of hygiene and environmental health*, 209 (3), 257–264.

Göksay, D., 2005, *Diş ünite su sistemlerinde mikrobiyal kontaminasyonun araştırılması*, Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi.

Guzman Fernandez, K., Moreno-Calles, A.I., Casas, A., and Blancas, J., 2020, Contributions of urban collective gardens to local sustainability in Mexico City, *Sustainability*, *12* (18), 7562.

Hageskal, G., Knutsen, A.K., Gaustad, P., de Hoog, G.S. and Skaar, I., 2006, Diversity and significance of mold species in Norwegian drinking water, *Applied and environmental microbiology*, *72* (12), 7586-7593.

Hapcioglu, B., Yegenoglu, Y., Erturan, Z., Nakipoglu, Y. and Issever, H., 2005, Heterotrophic bacteria and filamentous fungi isolated from a hospital water distribution system, *Indoor and built environment*, 14 (6), 487-493.

Harrison, T.G., Saunders, N.A., 1994, Taxonomy and typing of *Legionellae*, *Reviews in medical microbiology*, *5* (2), 79-90.

Harwood, C.R., 1989, *Introduction to the biotechnology of Bacillus*, Biotechnology hand books *Bacillus*, In: Atkinson T., Sherwood R. F. (ed.), New York and London, 2, 1-2.

Hawksworth, D.L., Crous, P.W., Redhead, S.A., 2011, The Amsterdam declaration on fungal nomenclature, *IMA Fungus*, 2, 105-112.

Hayette, M.P., Christiaens, G., Mutsers, J., Barbier, C., Huynen, P., Melin, P. and de Mol, P., 2010, Filamentous fungi recovered from the water distribution system of a Belgian university hospital, *Medical mycology*, 48 (7), 969-974.

Heidarieh, P., Hashemi Shahraki, A., Yaghoubfar, R., Hajehasani, A., Mirsaeidi, M., 2016, Microbiological analysis of hemodialysis water in a developing country, *Asaio Journal*, *62* (3), 332-339.

Henne, K., Kahlisch, L., Höfle, M.G., Brettar, I., 2013, Seasonal dynamics of bacterial community structure and composition in cold and hot drinking water derived from surface water reservoirs, *Water research*, *47* (15), 5614-5630.

Hi-Media, 2003, The Hi-Media manual for microbiology and cell culture laboratory practice, Hi-Media Laboratories Pvt. Limited, India, 19.

Hunter, P. R., 2003, Drinking water and diarrhoeal disease due to *Escherichia coli*, *Journal of water and health*, 1 (2), 65-72.

Index Fungorum Partnership, 2008, ISF search index fungorum, http://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp, [Ziyaret tarihi: 20.11.2022].

Irmak H., 2008, Sularla ilişkili hastalıklar, Sağlık Bakanlığı, 727, Ankara, Klasmat matbaacılık, 978-975-590-243-2.

Kadaifciler, D., Cotuk, A. 2014, Microbial contamination of dental unit water lines and effect on quality of indoor air, *Environmental monitoring and assessment*, 186, 3431-3444.

Kadaifciler, D.G. and Demirel, R., 2018, Fungal contaminants in man-made water systems connected to municipal water, *Journal of water and health*, 16 (2), 244-252.

Kanzler, D., Buzina, W., Paulitsch, A., Haas, D., Platzer, S., Marth, E., Mascher, F., 2007, Occurrence and hygienic relevance of fungi in drinking water, *Mycoses*, 51 (2), 165-169.

Kauffmann-Lacroix, C., Costa, D., Imbert, C., 2016, Fungi, water supply and biofilms, *Fungal biofilms and related infections*, 49-61.

Kikuchi T., Kadota S., Suehara H., Nishi A., Tsubaki K., 1981, Odorous metabolites of a fungus, *Chaetomium globosum* KINZE ex FR, Identification of geosmin, a musty smelling compound, *Chemical and pharmaceutical bulletin* 29, 1782-1784.

Kireçci, E., Uğuz, M.T., Aral, M., 2017, Kahramanmaraş ilindeki içme, kullanma ve çevresel suların mikrobiyolojik niteliğinin membran filtrasyon sistemi ile belirlenmesi, *KSÜ doğa bilimleri dergisi, 20* (1), 20-24.

Kirk P.M., Cannon P.F., David J.C., Stalpers J.A., 2001, *Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi*, 9th ed., CAB International, Wallingford.

Klich, M.A., 2002, Identification of common *Aspergillus* species, *Centraal bureau voor Schimmel cultures*, Utrecht, The Netherlands, 90-70351-46-3.

Koçak, Ö., 2007, *Erzurum il merkezindeki içme ve kullanma sularının kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik kalitesi*, Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi.

Köksal, F., Oğuzkurt, N., Samast, M., 2007, İstanbul içme sularının bakteriyolojik yönden incelenmesi: *Aeromonas* sorunu, *Türk mikrobiyol cem derg*., 37 (3), 164-168.

Lee, S.H., Levy, D.A., Craun, G.F., Beach, M.J. and Calderon, R.L., 2002, Surveillance for water borne disease outbreaks United States, 1999-2000, *Morb. mort. weekly Report*, 51 (8), 1-48.

Leginowicz, M., Siedlecka, A. and Piekarska, K., 2018, Biodiversity and antibiotic resistance of bacteria isolated from tap water in Wroclaw, Poland, *Environment protection engineering*, 44 (4).

Logan, N.A., Berge, O., Bishop, A.H., Busse, H.J., De Vos, P., Fritze, D., Ventosa, A. 2009, Proposed minimal standards for describing new taxa of aerobic, endospore-forming bacteria, *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, *59* (8), 2114-2121.

Luby, S. P., Halder, A. K., Huda, T. M., Unicomb, L., Islam, M. S., Arnold, B. F., Johnston, R. B., 2015, Microbiological contamination of drinking water associated with ubsequent child diearrhea, *The american journal of tropical medicine and hygiene*, 93 (5), 904-911.

Lyratzopoulos, G., Ellis, M., Nerringer, R., Denning, D.W., 2002, Invasive infection due to *Penicillium* species other than *P. Marneffei*, *Journal of infection*, *45* (3), 184-195.

Ma, X., Baron, J.L., Vikram, A., Stout, J.E., Bibby, K., 2015, Fungal diversity and presence of potentially pathogenic fungi in a hospital hot water system treated with on-site monochloramine, *Water research*, *71*, 197-206.

Malani, A.N., Kauffman, C.A., 2007, Changing epidemiology of rare mould infections, *Drugs*, *67* (13), 1803-1812.

Meheust, D., Le Cann, P., Reboux, G., Millon, L., Gangneux, J.P., 2014, Indoor fungal contamination: health risks and measurement methods in hospitals, homes and workplaces, *Critical* reviews *in microbiology*, *40* (3), 248-260.

Migrino, R.Q., Hall, G.S., Longworth, D.L., 1995, Deep tissue infections caused by *Scopulariopsis brevicaulis*: report of a case of prosthetic valve endocarditis and review, *Clinical infectious diseases*, *21* (3), 672-674.

Ministry of Health, Vyhlaska Kterouse Stanovi Hygienicke Pozadavkyna Pitnou a Teplou Vodu a Cetnost a Rozsah Kontroly Pitne Vody, Decree 252, 1st ed., Ministry of Health, Prague, Czech Republic, 2004.

MycoBank, 2008, International Mycological Association, http://www.mycobank.org/quicksearch.aspx, [Ziyaret tarihi: 21.11.2022].

NFA, Livsmedelsverkets Föreskrifter om Dricksvatten, SLVFS 2001:30, 1st ed., National Food Administration: Uppsala, Sweden, 2001, 33.

Norton, C.D. and Le Chevallier, M.W., 2000, A pilot study of bacteriological population changes through potable water treatment and distribution, *Appl environ microbiol,* 66, 268-276.

Oliveira, H., Santos, C., Paterson, R., Gusmao, N. and Lima, N., 2016, Fungi from a ground water-fed drinking water supply system in Brazil, *International journal of environmental research and public health*, 13 (3), 304.

Pappas, P.G., Rex, J.H., Lee, J., Hamill, R.J., Larsen, R.A., Powderly, W., NIAID Mycoses Study Group, 2003, A prospective observational study of candidemia: epidemiology, therapy, and influences on mortality in hospitalized adult and pediatric patients, *Clinical infectious diseases*, *37* (5), 634-643.

Park, S. C., Shimamura, I., Fukunaga, M., Mori, K. I., Nakai, T., 2000, Isolation of bacteriophages specific to a fish pathogen, *Pseudomonas plecoglossicida*, as a candidate for disease control, *Applied and environmental microbiology*, *66* (4), 1416-1422.

Patterson, T.F., Thompson III, G.R., Denning, D.W., Fishman, J.A., Hadley, S., Herbrecht, R., Bennett, J.E., 2016, Practice guidelines for the diagnosis and management of aspergillosis: 2016 update by the Infectious Diseases Society of America, *Clinical infectious diseases*, *63* (4), 1-60.

Pavlov, D., De Wet, C.M.E., Grabow, W.O.K., Ehlers, M.M., 2004, Potentially pathogenic features of heterotrophic plate count bacteria isolated from treated and untreated drinking water, *International journal of food microbiology*, *92* (3), 275-287.

Pennington, H., 2010, *Escherichia coli* O157, *The lancet*, *376* (9750), 1428-1435.

Pereira, V.J., Marques, R., Marques, M., Benoliel, M.J., Crespo, M.B., 2013, Free chlorine inactivation of fungi in drinking water sources, *Water research*, *47* (2), 517-523.

Perira, V.J., Basilio, M.C., Fernandes, D., Domingues, M., Paiva, J.M., Benoliel, M.J., Crespo, M.T., San Romao, M.V., 2009, Occurrence of filamentous fungi and yeasts in three different drinking water sources, *Water research*, 43 (15), 3813-3819.

Pitt, J.I., 1979, The genus *Penicillium* and its telemorphic states *Eupenicillium* and *Talaromyces*, 3th ed., Academic Press Inc., London, 0-12-557750-7.

Pitt, J.I., 2000, A laboratory guide to common *Penicillium* species, 3th ed., Food science Australia, North Ryde NSW, Australia, 0-643-04837-5.

Priest, F.G., *Systematics and ecology of Bacillus*, 1993, *Bacillus subtilis* and other Gram-positive bacteria Biochemistry, physiology, and molecular genetics, In: Sonenshein, A.L., Hoch, J.A., Losick, R. (ed.), chapter 1, American society for microbiology, ISBN: 978-1555810535, 3-16.

Reasoner, D.J., 2004, Heterotrophic plate count methodology in the United States, *International journal of food microbiology*, 92, 307-315.

Remold, S.K., Brown, C.K., Farris, J.E., Hundley, T.C., Perpich, J.A., Purdy, M.E., 2011, Differential habitat use and niche partitioning by *Pseudomonas* species in human homes, *Microbial ecology*, *62* (3), 505-517.

Rice, E.W., Adcock, N.J., Sivaganesan, M., Rose, L.J., 2005, Inactivation of spores of *Bacillus anthracis* Sterne, *Bacillus cereus*, and *Bacillus thuringiensis* sub sp. *israelensis* by chlorination, *Applied and environmental microbiology*, 71 (9), 5587-5589.

Richards, C.L., Broadaway, S.C., Eggers, M.J., Doyle, J., Pyle, B.H., Camper, A.K. and Ford, T.E., 2015, Detection of pathogenic and non-pathogenic bacteria in drinking water and associated biofilms on the crow reservation, Montana, USA, *Microbial ecology*, 76 (1), 52-63.

Richardson, M. and Rautemaa-Richardson, R., 2019, Exposure to *Aspergillus* in home and healthcare facilities' water environments: Focus on biofilms, *Microorganisms*, *7* (1), 7.

Rosenzweig, W.D., Minnigh, H.A., Pipes, W.O., 1983, Chlorine demand and inactivation of fungal propagules, *Applied environmental microbiology*, 45 (1), 182-186.

Sammon, N.B., Harrower, K.M., Fabbro, L.D., Reed, R.H., 2010, Incidence and distribution of microfungi in a treated municipal water supply system in sub-tropical Australia, *International journal of environmental research and public health*, *7* (4), 1597-1611.

Sammon, N.B., Harrower, K.M., Fabbro, L.D., Reed, R.H., 2011, Three potential sources of microfungi in a treated municipal water supply system in Sub-Tropical Australia, *International journal of environmental research and public health*, 8 (3), 713-732.

Samson, R.A., Visagie, C.M., Houbraken, J., Hong, S.B., Hubka, V., Klaassen, C.H.W., Perrone, G., Seifert, K.A., Susca, A., Tanney, J.B., Varga, J., Kocsube, S., Szigeti, G., Yaguchi, T. and Frisvad, J.C., 2014, Phylogeny, identification and nomenclature of the genus *Aspergillus*, *Studies in mycology*, 78, 141-173.

Sautour, M., Edel-Hermann, V., Steinberg, C., Sixt, N., Laurent, J., Dalle, F., Aho, S., Hartemann, P., L'Ollivier, C., Goyer, M., Bonnin, A., 2012, *Fusarium* species recovered from the water distribution system of a french university hospital, *International journal of hygiene and environmental health*, 215 (3), 286-292.

Speert D., Campbell M., Henry D., Milner R., Taha F., Gravelle A., Davidson A., Wong L., Mahenthiralingam E., 2002, Epidemiology of *Pseudomonas aeruginosa* in cystic fibrosis in British Columbia, Canada, *Am j respir crit care med*, 166-988-993.

Sungur, E., Minnos, B., Dogruoz, N., 2008, Isolation of aerobic heterotrophic and anaerobic sulphate reducing bacteria from model water system by filtration method, *IUFS journal of biology*, 67 (1), 33-38.

Tavares, M., Kozak, M., Balola, A., Sa-Correia, I., 2020, *Burkholderia cepacia* complex bacteria: A feared contamination risk in water-based pharmaceutical products, *Clinical microbiology reviews*, *33* (3), 19-139.

Tran-Dinh, C. Neulier, M. Amara, N. Nebot, G. Troche, N. Breton, B. Zuber, S. Cavelot, B. Pangon, J.P. Bedos, J. Merrer, D. Grimaldi, 2018, Impact of intensive care unit relocation and role of tap water on an outbreak of *Pseudomonas aeruginosa* expressing OprD-mediated resistance to imipenem, *The healthcare infection society,*100, 105-114.

Tuluk, B., Orhan, F. and Kasalı, K., 2017, An investigation on physical, chemical and microbiological quality of drinking water in Erzurum city Erzurum ili sebeke sularinin fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kaliteleri uzerine bir arastirma, *Journal of turgut ozal medical center*, 24 (1), 25-30.

Tuncer, S., Akova, M., 1997, *Pseudomonas aeruginosa* infeksiyonları, *Flora*, 1, 61-65.

Turnbull, P.C., Kramer, J. M., Melling, J., 1996, *Bacillus*, *Medical microbiology*.

Uwimpuhwe M., 2012, Microbiological drinking water quality and prevalence of water borne diseases in Masaka, Rwanda, Thesis (M.Sc.), Durban University of Technology, environmental health in the faculty of health sciences.

Vaz-Moreira, I., Nunes, O.C., Manaia, C.M., 2012, Diversity and antibiotic resistance in *Pseudomonas* spp. from drinking water, *Science of the total environment*, 426, 366-374.

Vaz-Moreira, I., Nunes, O.C., Manaia, C.M., 2017, Ubiquitous and persistent Proteobacteria and other Gram-negative bacteria in drinking water, *Science of the total environment*, 586, 1141-1149.

Vesper, S.J., Rogers, M.E., Neely, A.N. and Haugland, R.A., 2007, Opportunistic *Aspergillus* pathogens measured in home and hospital tap water by quantitative PCR (QPCR), *Journal of water and health*, 5 (3), 427-431.

Vural, T., 2014, Legionella infeksiyonlari, *ANKEM Derg*, *28*, 167-76.

Warris, A., Gaustad, P., Meis, J.F., Voss, A., Verweij, P.E. and Abrahamsen, T.G., 2001, Recovery of filamentous fungi from water in a paediatric bone marrow transplantation unit, *Journal of hospital infection*, 47 (2), 143-148.

Winn, W.C., 1995, *Legionella*, Manual of cilinical microbiology in murray, In: Murray, P.R., Baron, E.J., Pfaller, M.A., Tenover, F.C. and Yolken R.H. (ed.), 6th ed., ASM press, Washington, D.C, 533-544.

Xing, W., Yin, M., Lv, Q., Hu, Y., Liu, C., Zhang, J., 2014, *Oxygen solubility, diffusion coefficient, and solution viscosity*, Rotating electrode methods and oxygen reduction electrocatalysts, Elsevier, 1-31.

Yadav, A.N., Verma, P., Kumar, V., Sangwan, P., Mishra, S., Panjiar, N., Gupta, V.K., Saxena, A. K., 2018, Biodiversity of the genus *Penicillium* in different habitats, *New and future developments in microbial biotechnology and bioengineering*, 3-18.

Yavuz, C.I., 2018, Su kaynaklı bir hastalık olarak Lejyoner hastalığı ve çevresel sürveyans, *Türk mikrobiyoloji cemiyeti dergisi*, *48*, 211-227.

Zacheus, O.M. and Martikainen, P.J., 1995, Occurrence of heterotrophic bacteria and fungi in cold and hot water distribution systems using water of different quality, *Canadian journal of microbiology*, 41 (12), 1088-1094.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Esra Merve DİZGE
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	Tarih girmek için tıklayın veya dokunun.
Uyruğu	☑ T.C. ❒ Diğer:
E-Posta Adresi	
Web Adresi	

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Fen Fakültesi
Bölümü	Biyoloji Bölümü
Mezuniyet Yılı	2018

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Biyoloji Anabilim Dalı
Programı	Temel ve Endüstriyel Mikrobiyoloji Programı