

## GİRİŞ

Mikroorganizmalar grubu, büyüklüklerine bağlı olarak sınıflandırılmış olan çeşitli canlılar topluluğudur. Mikroorganizmalar tüm karasal ve sucul ortamlarda bol miktarda bulunmaktadır. İnsan vücudunda, vücudumuzda bulunan hücre sayısından on kat daha fazla mikroorganizma bulunmaktadır. Mikroorganizmalar uzun yıllardır tıp alanı, ekoloji, fermantasyon bilimi ve pek çok bilim dalı ile ilişkilendirilmelerine rağmen adli bilimciler tarafından büyük ölçüde göz ardı edilmişlerdir. Moleküler sekanslama ve hesaplama tekniklerindeki hızlı ilerlemeler sayesinde pek çok bilim dalındaki mikrobiyal yaklaşımlar değişmeye ve gelişmeye başlamıştır. Yakın geçmişte bir mikroorganizmayı tanımlamak için öncelikle onu kültüre etmek gerekmektedir ancak yeni nesil metagenomik çalışmaları sayesinde bir mikrobiyal topluluktaki yüzlerce hatta binlerce mikroorganizmanın karakterizasyonları yapılabilmektedir<sup>(1)</sup>.

Birçok durumda mikroorganizmalar fiziksel kanıt olarak ideal formdadır. Mikroorganizmalar nerdeyse her yerde yaşarlar ve insanların yaşam alanlarında bulunabilirler. Mikroorganizmalar adli araştırmaların yapıldığı her yerden toplanabilirler ancak tüm mikroorganizmalar her yerde bulunamazlar. Tıpkı çeşitli canlıların kendi yaşam alanlarını seçtikleri gibi bazı mikroorganizmalar da habitat seçimlerinden dolayı belli yerlerde

yaşarlar. Mikroorganizmaların diğer bir önemli özelliği ise kötü koşullarda hayatta kalabilmek için değişim geçirerek oldukça dayanıklı yapılar oluşturabilmeleridir. Bu özelliklerinin tümü göz önüne alındığında adli bilimlerin ilk zamanlarından beri, özellikle ölüm nedeni ve zamanının tayininde mikroorganizmaların fiziksel kanıt olarak kullanılması şaşırtıcı değildir<sup>(2)</sup>.

Biyolojik suç veya biyoterörizm, mikroorganizmaların, toksinlerin, zararlıların, prionların veya bunlarla ilişkili yan ürünlerin suç veya terör eylemleri gerçekleştirmek için kullanılmasıdır. Mikroorganizmalar kötü niyetle biyolojik savaş ajanları olarak, biyoterörist eylemlerde ve politik olmayan suçlarda kullanılabilirler. Adli mikrobiyoloji; başta biyoterörizm olmak üzere biyolojik kökenli suçlarda, mikrobiyolojik açıdan kanıtların ayrıntılı olarak çeşitli mikrobiyolojik yöntemlerle incelenmesi yoluyla, insanları korumak amacıyla çalışan multidisipliner bir bilim dalıdır<sup>(1)</sup>.

Son yıllarda, bilimsel ve teknolojik gelişmeler (moleküler biyolojik yöntemler, paralel sıralama teknikleri, biyoinformatik teknolojileri, insan kimliklendirme, vücut sıvısı karakterizasyonu, bulaşıcı ajanların izlenmesini vb.) adli bilimcilerin oldukça küçük örnekleri inceleyebilmelerine olanak sağlamıştır. Ancak, yeni ve genişletilmiş teknolojik yeteneklerle elde edilen kanıtların doğru şekilde değerlendirilip anlamlandırılması

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Uygulama ve Araştırma Merkezi, derya.berikten@ksbu.edu.tr

için kullanılmaktadır. Özellikle *B. anthracis* için birçok firmanın ticari RT-PCR kiti mevcuttur <sup>(61)</sup>.

– **Microarray:** DNA çiplerinin kullanıldığı yöntemlerdir. Çipler, son derece paralel işleme ile mikro formatta DNA hibridizasyon (eşleşme) analizine izin verirler. Belirli bir DNA bölgesine spesifik oligonükleotid dizisinin katı bir destek ortamına tutturularak hareketsiz hale getirilmesi ile probler oluşturulur. Bu probler bir örnekteki kendisine özel DNA dizisi ile karşılaştıklarında onunla eşleşerek onun ortamdaki seçilmesini sağlarlar. Floresan boya ile işaretli olan bu probler hibridizasyon sonrasında ışığa özelliklerine bağlı olarak özel cihazlar vasıtasıyla belirlenirler. Çipler klinik ve epidemiyolojik tanılamalarda kullanılabilir. *Wong ve ark. (2004)* SARS koronavirüsünün belirlenmesini sağlayan microarray geliştirmişlerdir. Çip yaklaşımı ile SARS koronavirüsünü izlemenin ve mutasyonları belirlemenin hızlı, doğru ve ucuz olduğunu ortaya koymuşlardır <sup>(67)</sup>.

## SONUÇ

Mikrobiyoloji ve mikrobiyal ekolojideki modern gelişmeler, prokaryotların ve ökaryotların oldukça net bir şekilde incelenmesine olanak tanımaktadır. Bu gelişmeler ve bilgilerde bize mikroorganizmalardan adli bilimlerde de faydalanma olanağı sunmuştur. Mikroorganizmaların bir ortamda yaşamalarını etkileyen en önemli parametreler sıcaklık, nem ve oksijendir. Bu parametreler mikrobiyal kanıtların yorumlanmasında dikkate alınmalıdır. Aynı zamanda mikroorganizmaların yaşadıkları çevrelerde enerji ve besin kaynakları için birbirleri ile yarış halinde oldukları unutulmamalıdır. Mikroorganizmaların hayatta kalmak için nasıl rekabet ettiğini anlamak, mikrobiyal delillerin doğru şekilde yorumlanması ve adli mikrobiyolojinin efektif kullanılabilmesi açısından oldukça önemlidir.

Sonuç olarak; Bireye veya kitlelere yönelik bir suç söz konusu olduğunda mikroorganizmaların veya onların ürettikleri toksinlerin bu suçun silahı olup olmadığının bulunması suçlunun bulunması yönünde atılacak önemli adımlardan bir tanesidir. Ayrıca kaza, ihmal, hata veya çevresel

koşulların olumsuzluğu gibi çeşitli sebeplerden dolayı adli vakanın çözülmesi için toplanmış veya toplanacak deliller için mikrobiyal kontaminasyon ve bozulma riski her zaman vardır. Tüm bu nedenlerle adli çalışmalarda mikrobiyoloji biliminden gün geçtikçe daha fazla faydalanılacağını söylemek mümkündür. Adli mikrobiyoloji her geçen gün biraz daha gelişen, moleküler yöntemlerdeki ilerlemeler ile yenilenen, cezai soruşturmalarda doğru kararların alınmasına katkı sağlayacak delillerin sunulmasında önemli rol oynayan bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır. Ülkemizde adli mikrobiyoloji alanında uzmanlaşmış insanların yetiştirilmesi ve bu uzmanlardan oluşan bilimsel çalışma grupları kurulması, moleküler yöntemleri de içeren yeni tekniklerin geliştirilmesi ve bu tekniklerin rutin çalışmalarda kullanılması adli mikrobiyolojik vakaların çözülmesi açısından her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Mikrobiyoloji, Bakteri, Fungus, Mikrobiyal Delil, PCR

## KAYNAKÇA

- 1: Carter, DO, Junkins, EN, Kodama, WA, (2017). A primer on microbiology, Carter, DO, Tomberlin, JK, Benbow, ME, Metcalf, JL. (Ed), *Forensic Microbiology* içinde (s. 1-24). UK.: John Wiley & Sons Ltd.
- 2: Budowle, B, Schutzer, SE, Breeze, RG. et al. (Ed) (2011). *Microbial Forensics*, (2nd edn). Burlington: Academic Press.
- 3: Malik, P, Singh, G. Health considerations for forensic professionals: a review. *Forensic Science Policy and Management: An International Journal*. 2011;2(1):1-4.
- 4: Woese, CR, Kandler, O, Wheelis, ML. Towards a natural system of organisms: proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eucarya. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1990;87:4576-4579.
- 5: Madigan, M, Martinko, J, Stahl, D. et al. (2012). *Brock Biology of Microorganisms*, (13th edn). San Francisco, CA: Pearson/Benjamin Cummings.
- 6: Slonczewski, JL, Foster, JW. (2011). *Microbiology: An Evolving Science*, (2nd edn), New York, NY: W. W. Norton and Company.
- 7: Piepenbring, M. (2015). *Introduction to Mycology in the Tropics*. American Phytopathological Society Press.
- 8: Killham, K, Prosser, JI. (2007). *Soil Microbiology, Ecology, and Biochemistry*, (3rd edn), Paul, EA. (Ed), *The prokaryotes* içinde (s. 119-144). Burlington, MA, USA: Academic Press,
- 9: Carter, DO, Yellowlees, D, Tibbett, M. Cadaver decom-

- position in terrestrial ecosystems. *Naturwissenschaften*, 2007;94:12–24.
- 10: Metcalf, JL, Xu, ZZ, Weiss, S. et al. Microbial community assembly and metabolic function during mammalian corpse decomposition. *Science*, 2016;351;158–162.
  - 11: Forbes, S.L. (2008). Decomposition chemistry in a burial environment, Tibbett, M, Carter DO. (Ed), *Soil Analysis in Forensic Taphonomy: Chemical and Biological Effects of Buried Human Remains* içinde (s. 203–223) , Boca Raton, FL: CRC Press.
  - 12: Grice, EA, Segre, JA. The skin microbiome. *Nature Reviews Microbiology*, 2011;9:244–253.
  - 13: Benbow, ME, Pechal, JL, Lang, JM. et al. The potential of high throughput metagenomic sequencing of aquatic bacterial communities to estimate the postmortem submersion interval. *Journal of Forensic Sciences*, 2015;60:1500–1510.
  - 14: Lax, S, Smith, DP, Hampton-Marcell, J. et al. Longitudinal analysis of microbial interaction between humans and the indoor environment. *Science*, 2014;345:1048–1052.
  - 15: Carter, DO, Tibbett, M. Microbial decomposition of skeletal muscle tissue (*Ovis aries*) in a sandy loam soil at different temperatures. *Soil Biology and Biochemistry*, 2006;38:1139–1145.
  - 16: Putman, RJ. Patterns of carbon dioxide evolution from decaying carrion. 1. Decomposition of small mammal carrion in temperate systems. *Oikos*, 1978;31:47–57.
  - 17: Carter, DO, Tibbett, M. Does repeated burial of skeletal muscle tissue (*Ovis aries*) in soil affect subsequent decomposition. *Applied Soil Ecology*, 2008;40:529–535.
  - 18: Pechal, JL, Crippen, TL, Tarone, AM. et al. Microbial community functional change during vertebrate carrion decomposition. *PLoS One*, 2013;8, e79035.
  - 19: Lauber, CL, Metcalf, JL, Keepers, K. et al. Vertebrate decomposition is accelerated by soil microbes. *Applied and Environmental Microbiology*, 2014;80:4920–4929.
  - 20: Degens, BP, Harris, JA. Development of a physiological approach to measuring the catabolic diversity of soil microbial communities. *Soil Biology and Biochemistry*, 1997;29(9–10):1309–1320.
  - 21: Swift, MJ, Heal, OW, Anderson, JM. (1979). *Decomposition in Terrestrial Ecosystems*, Oxford, UK: Blackwell Scientific.
  - 22: Carter, DO, Yellowlees, D, Tibbett, M. Autoclaving can kill soil microbes yet enzymes can remain active. *Pedobiologia*, 2007;51:295–299.
  - 23: Nagasawa, S, Motani-Saitoh, H, Inoue, H. et al. Geographic diversity of *Helicobacter pylori* in cadavers: forensic estimation of geographical origin. *Forensic Science International*, 2013;229:7–12.
  - 24: Song, SJ, Lauber, C, Costello, EK. et al. Cohabiting family members share microbiota with one another and with their dogs. *eLife*, 2013;2, e00458.
  - 25: Tridico, SR, Murray, DC, Addison, J. et al. Metagenomic analyses of bacteria on human hairs: a qualitative assessment for applications in forensic science. *Investigative Genetics*, 2014;5:16.
  - 26: Bouslimani, A, Porto, C, Rath, CM. ve ark. (2015). Molecular cartography of the human skin surface in 3D. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112, E2120–E2129.
  - 27: Brown, JW. (2015). *Principles of Microbial Diversity*, Washington, DC: American Society for Microbiology Press,
  - 28: Carter, DO, Knight, R, Metcalf, JL. (2014). A preliminary survey of a postmortem skin microbiome on Oahu. *Proceedings of 66th Annual Meeting of the American Academy of Forensic Sciences* içinde (s. 361–362), vol. 20, Seattle, WA, February 17–22, 2014, American Academy of Forensic Sciences, Colorado Springs, CO.
  - 29: LPSN (2020). *List of Prokaryotic names with Standing in Nomenclature* (20/08/2020 tarihinde <https://www.bacterio.net> adresinden ulaşılmıştır).
  - 30: Statheropoulos, M., Spiliopoulou, C, Agapiou, A. A study of volatile organic compounds evolved from the decaying human body. *Forensic Science International*, 2005;153:147–155.
  - 31: Vass, AA. Odor mortis. *Forensic Science International*, 2012;222:234–241.
  - 32: Government Accountability Office (GAO) (2005). Anthrax Detection: Agencies Need to Validate Sampling Activities in Order to Increase Confidence in Negative Results. GAO, Washington, DC.
  - 33: Pechal, JL, Crippen, TL, Benbow, ME. et al. The potential use of bacterial community succession in forensics as described by high throughput metagenomic sequencing. *International Journal of Legal Medicine*, 2014;128:193–205.
  - 34: Damann, FE, Williams, DE, Layton, AC. Potential use of bacterial community succession in decaying human bone for estimating postmortem interval. *Journal of Forensic Sciences*, 2015;60:844–850.
  - 35: Caplan, MJ, Koontz, FP. (2001). *Postmortem Microbiology (Cumitech 35)*, Washington, DC: American Society for Microbiology Press.
  - 36: Carter, DO, Metcalf, JL, Bibat, A. et al. Seasonal variation of postmortem microbial communities. *Forensic Science, Medicine, and Pathology*, 2015;11:202–207.
  - 37: Ma, Q, Fonseca, A, Liu, W. et al. *Proteus mirabilis* interkingdom swarming signals attract blow flies. *The ISME Journal*, 2012;6:1356–1366.
  - 38: Zheng, L, Yu, Z, Crippen, TL. et al. Bacteria mediate oviposition by the black soldier fly, *Hermetia illucens* (L.), (Diptera: Stratiomyidae). *Scientific Reports*, 2013;3:2563.
  - 39: Chun, L, Miguel, M, Junkins, EN. et al. An initial investigation in the ecology of culturable postmortem bacteria. *Science and Justice*, 2015;55:394–401.
  - 40: Olakanye, AO, Thompson, T, Komang Ralebitso-Senior, T. (). Soil fungal community shift evaluation as a potential cadaver decomposition indicator. *Forensic Science International*, 2015;257:155–159.
  - 41: Hawksworth, DL, Wiltshire, PEJ. Forensic mycology: the use of fungi in criminal investigations. *Forensic Science International*, 2011;206:1–11.
  - 42: Hitosugi, M, Ishii, K, Yaguchi, T. et al. Fungi can be a useful forensic tool. *Legal Medicine*, 2006;8:240–242.

- 43: Budowle, B, Schutzer, SE, Einseln, A. et al. Public Health. Building microbial forensics as a response to bioterrorism. *Science*, 2003;26-301(5641):1852-3.
- 44: Hancı, İH, Özdemir, Ç, Bozbiyık, A. ve ark. (2002). Kimyasal, biyolojik, nükleer silahlar ve yaralanmaları. Hancı İH (Ed), *Adli Tıp ve Adli Bilimler* içinde (s. 133-60), Ankara: Seçkin Yayınevi.
- 45: Henderson, DA. The looming threat of bioterrorism. *Science*, 1999;283:1279-82.
- 46: Schutzer, SE, Budowle, B, Atlas, RM. Biocrimes, microbial forensics and the physician. *PLoS Med.* 2005;2(12), 337.
- 47: Erkol, Z, Gökdal, İİ, Erkol, H. ve ark. Enjektörle HIV Bulaştı: Modern Çağın Suç İşleme Yöntemi. *Adli Tıp Dergisi*, 2010;24(3):48-51.
- 48: Carus, WS. (2001). *Bioterrorism and Biocrimes- The Illicit Use of Biological Agents Since 1900*. Washington, D.C: Center for Counterproliferation Research National Defense University.
- 49: Morris, JA, Harrison, LM, Partridge, SM. Practical and theoretical aspects of postmortem bacteriology. *Curr Diagn Pathol.* 2007;13:65-74.
- 50: Sağlık Bakanlığı (2020). *Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği* (18.08.2020 tarihinde <https://www.saglik.gov.tr/TR,11315/turk-gida-kodeksi-mikrobiyolojik-kriterler-tebliği20096---68.html> adresinden ulaşılmıştır).
- 51: Ziyade, N. Postmortem mikrobiyolojik analizler: güncel yaklaşım. *Adli Tıp Bülteni*, 2012;17(1):32-42.
- 52: James, SH. (2005). *Principles of Bloodstain Pattern Analysis*, New York: CRC Press.
- 53: Weedn, VW, Hicks, JW. (1998). *The Unrealized Potential of DNA Testing*, USA: National Institute of Justice, Research in Action 1-8.
- 54: Yüce, P, Demirdağ, K, Kalkan, A. ve ark. Kan Kültürlerinde İzole Edilen Mikroorganizmalar ve Antibiyotik Duyarlılıkları, *Ankem Derg.* 2005;19(1):17-21.
- 55: Gunn, A. (2006). *Essential Forensic Biology*, England: Wiley and Sons Press.
- 56: Burton, JL. Health and safety at necropsy. *J Clin Pathol.* 2003;56:254-260.
- 57: Tsokos, M, Püschel, K. Postmortem bacteriology in forensic pathology: diagnostic value and interpretation. *Legal Medicine.* 2001;3:15-22.
- 58: Wilson, SJ, Wilson, ML, Reller, LB. Diagnostic Utility of Postmortem Blood Cultures. *Arch Pathol Lab Med.* 1993;117(10):986-8.
- 59: Morris, JA, Harrison, LM, Partridge, SM. (). Postmortem bacteriology: a re-evaluation. *J Clin Pathol.* 2006;59:1-9.
- 60: Yılmaz-Cankılıç, M. (2009). Mikrobiyal Tanı Yöntemlerine Giriş. Ünite 11, Güven K. (Ed.), *Genel Mikrobiyoloji* içinde (s. 241-252), Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayını No: 1961.
- 61: Budowle, B. Genetics and attribution issues that confront the microbial forensics field. *Forensic Sci Int.* 2004;146:185-8.
- 62: Klug, WS, Cummings, MR, Palladino, MA. et al. (2018). *Genetik Kavramlar* (11. Baskı), Ankara: Palme yayınevi.
- 63: White, TJ, Bruns, TD, Lee, S. et al. (1990). Analysis of phylogenetic relationships by amplification and direct sequencing of ribosomal RNA genes. Gelfand, MA, Sninsky, JJ, White, TJ. (Ed.), *In PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications* içinde (s. 315-322), New York: Academic press.
- 64: Wilson, KH, Blitchington, R, Greene, RC. Amplification of bacterial 16S rRNA sequences with polymerase chain reaction. *J. Clin. Microbiol.* 1990;28:1942-1946.
- 65: Keim, P, Van Ert, MN, Pearson, T. et al. Anthrax molecular epidemiology and forensics: Using the appropriate marker for different evolutionary scales. *Infect. Genet. Evol.* 2004;4:205-213.
- 66: Kolbert, CP, Persing, DH. Ribosomal DNA sequencing as a tool for identification of bacterial pathogens. *Curr. Opin. Microbiol.* 1999;2:299-305.
- 67: Wong, CW, Albert, TJ, Vega, VB. et al. Tracking the evolution of the SARS coronavirus using high-throughput, high-density resequencing arrays. *Genome Res.* 2004;14:398-405.