

البصمة الميكروبية في الاثبات الجنائي والطب الشرعي

أ.م. د. عزيز سامي حسين

Microbial Fingerprint in Criminal Evidence and Forensic Medicine

Assistant Professor Dr. Aziz Sami Hussein

Abstract: This study examines the forensic microbiome (microbial fingerprinting) as an innovative biological evidence type in criminal investigations and forensic medicine, aiming to establish its scientific foundation, determine its legal characterization, and demonstrate its primary practical applications.

The evidentiary value of the microbial fingerprint stems from its unique biological characteristics; the human microbiome represents a distinct biological signature characterized by exceptional individual uniqueness. Furthermore, it exhibits relative environmental persistence on various surfaces and a high resistance to chemical wiping or disinfectants that typically degrade traditional human DNA. Procedurally and legally, the microbial trace is characterized as an invisible "vital physical trace" that, like all physical evidence, is governed by the general rules of free criminal proof and the judge's discretionary power in forming a judicial conviction.

The study highlights the primary biomedical applications of this technology, showcasing its role as a crucial complementary piece of evidence in complex scenarios, such as differentiating between identical twins and resolving mixed DNA profiles in multi-suspect crime scenes. Additionally, it serves as a vital backup forensic tool for estimating the post-mortem interval (PMI) by monitoring the succession of the thanatomicrobiome, particularly in extreme environmental conditions where traditional forensic methods fall short.



Article history

Received: 14 / 7 / 2026

Accepted: 30 / 8 / 2026

Published : 30 / 9 / 2026

تواريخ البحث

تاريخ الاستلام: 14 / 7 / 2026

تاريخ القبول: 30 / 8 / 2026

تاريخ النشر: 30 / 9 / 2026

الكلمات المفتاحية العربية :

الميكروبيوم، الميكروبية، الجنائية، الأدلة، الوفاة، الطب الشرعي

Keywords :

Microbiome, Microbial, Forensic, Evidence, Death, Forensic Medicine

© 2023 THIS IS AN OPEN ACCESS ARTICLE UNDER THE CC BY LICENSE



<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Corresponding author:

Assistant Professor Dr. Aziz

Sami Hussein

azizsami@alkadhum-col.edu.iq

DOI : [10.61710/v10/i3/s19](https://doi.org/10.61710/v10/i3/s19)

المستخلص :

تناولت هذه الدراسة البصمة الميكروبية (الميكروبيوم البشري) بوصفها إحدى الأدلة البيولوجية المستحدثة في مجالي الإثبات الجنائي والطب الشرعي، بهدف تأصيل أساسها العلمي، وتحديد تكييفها القانوني، وبيان أبرز تطبيقاتها العملية .

وتكتسب البصمة الميكروبية قيمتها الإثباتية من خصائصها الحيوية الفريدة؛ إذ يشكل الميكروبيوم توقيعاً بيولوجياً متميزاً يتسم بالثبات وعدم التكرار بين الأفراد، إلى جانب ثباته البيئي النسبي على الأسطح لفترات طويلة، وقدرته العالية على مقاومة الطمس الكيميائي والمطهرات التي قد تلف الحمض النووي البشري التقليدي. ومن الناحية القانونية الإجرائية، تُكيف البصمة الميكروبية باعتبارها "أثراً مادياً حيوياً" غير مرئي يخضع كغيره من الأدلة المادية للقواعد العامة المحكومة بمبدأ حرية الإثبات الجنائي وسلطة القاضي التقديرية في تكوين قناعته الوجدانية .

وخلصت الدراسة إلى بيان أهم التطبيقات الحيوية لهذه التقنية، إذ تُستعمل بوصفها دليلاً مكملًا وحاسماً في الفرضيات المعقدة؛ مثل حالة التمييز بين التوائم المتطابقة، وفك غموض الآثار المختلطة الناتجة عن تعدد الجناة في مسرح الجريمة. بالإضافة إلى دورها بوصفها دليلاً احتياطياً فعالاً في الطب الشرعي لتقدير المدة الزمنية المنقضية منذ الوفاة (PMI) من خلال تحليل التغيرات المتعاقبة للميكروبيوم الجنائزي، لاسيما في الظروف البيئية الشديدة التي تعجز فيها وسائل التقدير التقليدية.

المقدمة:

أولاً: موضوع البحث

شهدت وسائل الإثبات الجنائي خلال العقود الأخيرة تطوراً متسارعاً بفعل التقدم العلمي والتقني، إذ انتقلت من الاعتماد على الأدلة التقليدية إلى توظيف التقنيات البيولوجية والجزيئية الحديثة في كشف الجرائم وإثباتها. وكان إدخال تقنية البصمة الوراثية إلى علم الأدلة الجنائية نقطة تحول جوهرية أسهمت في توسيع نطاق الأدلة العلمية وتعزيز دقتها، ولا سيما مع التطور الكبير الذي حققته تقنيات التسلسل الجيني من الجيل التالي، التي أوجدت مصادر جديدة للمعلومات البيولوجية ذات القيمة الإثباتية.

ومن أبرز هذه المصادر الميكروبيوم البشري، وهو مجتمع الكائنات الدقيقة التي تعيش داخل جسم الإنسان وعلى سطحه، إذ أظهرت الدراسات الحديثة أنّ لكل إنسان بصمة ميكروبية تتميز بدرجة عالية الخصوصية، يمكن الاستفادة منها في تحديد هوية الأشخاص، وربطهم بمسرح الجريمة، وتحديد موضع العينات البيولوجية في الجسم، وتقدير المدة الزمنية بعد الوفاة، فضلاً عن الاستدلال على بعض

أنماط السلوك والتفاعل مع البيئة المحيطة. كما يمكن الاستفادة من الميكروبات الموجودة في التربة والأدوات والأماكن المختلفة لتقديم معلومات تدعم إعادة بناء الوقائع الجنائية.

وقد أسهم التطور في تقنيات التسلسل الجيني منخفضة التكلفة وعالية الإنتاجية، إلى جانب تطبيقات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي، في تطوير نماذج تنبؤية تعتمد تحليل الميكروبيوم، الأمر الذي عزز من إمكانات توظيف البصمة الميكروبية في مجالات الطب الشرعي، ولا سيما في تقدير زمن الوفاة، والكشف عن أماكن الدفن السرية، وتحليل الآثار البيولوجية الدقيقة التي قد تعجز وسائل الإثبات التقليدية عن كشفها.

ورغم ما تتمتع به البصمة الميكروبية من إمكانات علمية واعدة، فإن اعتمادها دليلاً في الإثبات الجنائي لا يزال يثير العديد من الإشكاليات القانونية والعلمية، من أبرزها مدى موثوقية نتائجها، وإجراءات جمع العينات وحفظها وتحليلها، والقوة الإحصائية للدراسات المنشورة، ومدى توافر معايير علمية موحدة تضمن سلامة النتائج وقابليتها للتكرار، فضلاً عن مدى قبولها أمام القضاء بوصفها دليلاً علمياً يمكن الاستناد إليه في تكوين القناعة القضائية.

وتزداد أهمية هذه الإشكاليات في ظل الاتجاه المتنامي نحو تعزيز موثوقية الأدلة العلمية في منظومة العدالة الجنائية، بعد أن كشفت العديد من التقارير الدولية عن الحاجة إلى تطوير مناهج علوم الأدلة الجنائية وإخضاعها لمعايير أكثر صرامة من حيث التحقق العلمي وضمان الجودة، بما يكفل تحقيق التوازن بين الاستفادة من التقنيات الحديثة وبين حماية حقوق الأفراد وضمان سلامة الإجراءات القضائية.

ومن ثم، يهدف هذا البحث إلى دراسة البصمة الميكروبية في مجال الإثبات الجنائي والطب الشرعي، من خلال بيان الأساس العلمي لهذه التقنية، وتفردها الجنائي ومن ثم دراسة تكييفها القانوني وأهم خصائص التي يتميز بها، ثم نتناول أهم التطبيقات الحيوية للميكروب في المسرح الجنائي والطب الشرعي.

ثانياً: أهمية البحث

تنبع أهمية هذا البحث من كونه يتناول أحد الموضوعات المستحدثة التي تجمع بين العلوم البيولوجية والطب الشرعي والقانون الجنائي، في إطار التطور المتسارع لتقنيات التحليل الجزيئي وتطبيقاتها في مجال الإثبات الجنائي. وتتجلى هذه الأهمية في جوانب عدة، من أهمها:

- مواكبة التطور العلمي والتقني: إذ يسلط البحث الضوء على توظيف تقنيات التكنولوجيا الحيوية الحديثة، ولا سيما تقنيات التسلسل الجيني من الجيل التالي (Next-Generation Sequencing)،

في تطوير وسائل الإثبات الجنائي والانتقال بها من الاعتماد على الأدلة التقليدية إلى وسائل أكثر دقة وموضوعية.

- معالجة أوجه القصور في وسائل الإثبات التقليدية: إذ تبرز البصمة الميكروبية كوسيلة واعدة لمعالجة عدد من الإشكالات التي تعجز الأدلة التقليدية عن حلها، مثل التفريق بين التوائم المتطابقة، وتحليل آثار الملامسة الدقيقة، وفك التداخل في العينات البيولوجية المختلطة.
- تعزيز تطبيقات الطب الشرعي: من خلال إظهار الدور الذي يمكن أن تؤديه البصمة الميكروبية في تحسين دقة تقدير المدة الزمنية المنقضية منذ الوفاة (PMI)، ولا سيما في الظروف البيئية التي تتراجع فيها كفاءة المؤشرات التقليدية المعتمدة في الطب الشرعي.
- تأصيل الإطار القانوني للدليل المستحدث: وذلك ببيان الطبيعة القانونية للبصمة الميكروبية ومدى حجيتها في الإثبات الجنائي، بما يساهم في تحقيق التوازن بين الاستفادة من التطور العلمي وضمان احترام الضمانات القانونية وحقوق الأفراد.

ثالثاً: إشكالية البحث:

تتطلب الدراسة من إشكالية رئيسة تتمثل في التساؤل الآتي:

إلى أي مدى يمكن الاعتماد بالبصمة الميكروبية بوصفها دليلاً علمياً موثقاً في مجال الإثبات الجنائي والطب الشرعي، وما المعوقات العلمية والقانونية التي تحد من إمكانية اعتمادها دليلاً مستقلاً أمام القضاء؟

ويترفع عن هذه الإشكالية عدد من التساؤلات الفرعية، من أبرزها:

1. ما مدى دقة نتائج تحاليل الميكروبيوم وموثوقيتها، وإمكانية تكرارها والوصول إلى النتائج نفسها في ظل اختلاف الظروف البحثية؟
2. هل تتوفر معايير وبروتوكولات علمية موحدة تنظم إجراءات جمع العينات الميكروبية وحفظها ونقلها وتحليلها بما يضمن سلامة النتائج؟
3. إلى أي مدى تسمح النماذج الإحصائية وقواعد البيانات الحالية بالاعتماد على البصمة الميكروبية في تحديد الهوية الفردية بصورة مستقلة؟
4. ما مدى قابلية القضاء الجنائي للاعتماد بالبصمة الميكروبية بوصفها وسيلة للإثبات في ظل حداثة تطبيقاتها وما يحيط بها من تحديات علمية وإجرائية؟

رابعاً: منهج البحث:

اعتمدت الدراسة المنهج التحليلي التأصيلي، من خلال الجمع بين التحليل العلمي والتحليل القانوني، وفق مسارين متكاملين:

المسار العلمي: تناول المفهوم البيولوجي للميكروبيوم البشري، وخصائصه المميزة، ومدى تفرد واستقراره البيئي، فضلاً عن بيان دور الأغشية الحيوية والأبواغ الداخلية في المحافظة على البصمة الميكروبية ومقاومتها للعوامل المؤثرة.

المسار القانوني: انصرف إلى دراسة مدى توافق البصمة الميكروبية مع القواعد العامة للإثبات الجنائي، وتحليل موقف التشريعات المقارنة، ولا سيما قانون أصول المحاكمات الجزائية العراقي وقانون الإجراءات الجنائية المصري، مع الاستئناس بالسوابق القضائية المقارنة ذات الصلة.

خامساً: نطاق البحث

يتحدد نطاق الدراسة في جانبين رئيسيين:

النطاق الموضوعي:

يقتصر البحث على دراسة الميكروبيوم البشري، ولا سيما الميكروبيوم الجلدي، فضلاً عن الميكروبيوم البيئي والحيواني المرتبط بمسرح الجريمة، وبيان تطبيقاته في تحديد الهوية الجنائية وتقدير المدة الزمنية المنقضية منذ الوفاة.

النطاق القانوني:

تتخصر الدراسة في تحليل الأحكام المنظمة للإثبات الجنائي الواردة في المادة (213) من قانون أصول المحاكمات الجزائية العراقي رقم (23) لسنة 1971 المعدل، والمادة (302) من قانون الإجراءات الجنائية المصري رقم (150) لسنة 1950 المعدل، إلى جانب الاستفادة من بعض التطبيقات القضائية المقارنة.

هيكلية البحث:

تبدأ الدراسة بالمقدمة، التي تتناول أهمية البحث، وإشكاليته، وأهدافه، ومنهجيته، وحدوده، بما يمهّد للإطار العام للدراسة.

ثم يأتي المبحث الأول الموسوم بـ (الماهية العلمية والجنائية للبصمة الميكروبية)، والذي ينقسم إلى مطلبين؛ يتناول أولهما المفهوم البيولوجي للميكروبيوم البشري وخصائصه التي تمنحه صفة التفرد الجنائي، في حين يخصص ثانيهما لبحث التكيف القانوني للأثر الميكروبي، وطبيعته القانونية، ومدى حجته في الإثبات الجنائي.

ويليه المبحث الثاني المعنون بالتطبيقات الحيوية للميكروبيوم في الإثبات الجنائي والطب الشرعي، والذي يضم مطلبين؛ يبحث الأول في استخدام البصمة الميكروبية كونها دليلاً مكملًا في حالات التوائم المتطابقة وتداخل الأدلة البيولوجية، بينما يتناول الثاني توظيف الميكروبيوم في تقدير وقت الوفاة وتطبيقاته في مجال الطب الشرعي، مع الإشارة إلى آفاقه المستقبلية.

وتختتم الدراسة بالخاتمة، التي تتضمن أهم النتائج التي توصل إليها البحث، وما أسفر عنه من توصيات تسهم في تعزيز الاستفادة من البصمة الميكروبية في مجال الإثبات الجنائي والطب الشرعي.

المبحث الأول

الماهية العلمية والجنائية للبصمة الميكروبية

عند وقوع جريمة ما يبرز عمل الفرق الجنائية ويبدأ حينها التحقيق الجنائي الذي يكون عادة على مراحل وتعد أولى هذه المراحل مرحلة المحقق الجنائي، الذي يشرع في جمع الأدلة وتحليلها وتدقيقها وفحص مسرح الجريمة بشكل مفصل، بغية الحصول على الأدلة مهما كان نوعها، كأن تكون أسلحة أو آثار أقدام أو طبعات أصابع أو آثار بقع دموية أو عرق أو وغير ذلك، وهي مرحلة غاية في الأهمية إذ ترسم بداية كتابة أحداث الجريمة وترابط أحداثها.

ومع تطور الجريمة وتعدد انماطها واساليبها، أصبح لزاماً للبحث عن وسائل إثبات جديدة، مما استدعى الاعتماد على أدوات وسبل بحث علمية موثوقة، وتزامناً مع التقدم الهائل في المجالات العلمية كافة ولم يكن مجال الطب الشرعي بعيداً عن هذا التقدم، إذ أتاح هذا التقدم التوسع في البحث في مجال علم البيولوجيا، وتحديد البصمة الميكروبية للكشف عن المجرمين وإدانتهم.

ويشير عالم الجريمة الفرنسي (إدموند لوكاردي)⁽¹⁾ إلى "أنّ هناك عملية تُدعى "مبدأ التبادل"، وينصّ على أنّ "كلّ اتصالٍ يترك أثراً"، وهذا يعني أنه ما من جريمة كاملة، بل إنّ المجرم يترك أثراً بشكل أو بآخر سواء أكان ذلك مرتبطاً بالضحية مباشرة أم بالبيئة أو بالسجل التاريخي وغيره".

(1) عالماً في الطب الشرعي، وُلد لوكاردي في سان شاموند في 13 نوفمبر 1877، ودرس الطب في ليون. توسعت اهتماماته لاحقاً لتشمل العلوم والطب في المسائل القانونية. بدأ مسيرته المهنية بالعمل مساعداً لألكسندر لأكاسان، عالم الجريمة والأستاذ الجامعي. ثم تعاون لوكاردي مع عالم الأنثروبولوجيا ألفونس بيرتيلون، المعروف بنظامه في تحديد هوية المجرمين بناءً على قياسات أجسامهم. خلال الحرب العالمية الأولى، عمل لوكاردي مع جهاز المخابرات الفرنسي كطبيب شرعي، حيث حدد سبب ومكان وفاة الجنود من خلال تحليل بزاتهم العسكرية. في عام 1910، منحت شرطة ليون لوكاردي فرصة إنشاء أول مختبر للتحقيقات الجنائية، حيث تمكن من تحليل الأدلة من مسرح الجريمة في عليّة مهجورة. على مدار حياته، ألّف لوكاردي العديد من المنشورات، أشهرها سلسلة مؤلفاته المكونة من سبعة مجلدات، بعنوان "معاهدة في علم الأدلة الجنائية". يُعتبر لوكاردي رائداً في علم الأدلة الجنائية وعلم الجريمة. وقد طوّر العديد من أساليب التحليل الجنائي التي لا تزال تُستخدم حتى اليوم. كما أسهم إسهاماً كبيراً في أبحاث علم البصمات، أو دراسة بصمات الأصابع. كان لوكاردي يعتقد أنه إذا أمكن إيجاد اثنتي عشرة نقطة مقارنة بين بصمتين، فسيكون ذلك كافياً لتحديد الهوية بشكل قاطع. وقد اعتمدت هذه الطريقة كوسيلة مفضلة لتحديد الهوية بدلاً من طريقة بيرتيلون في القياسات البشرية. تُعرف أشهر إسهامات لوكاردي في علم الأدلة الجنائية اليوم باسم "مبدأ لوكاردي للتبادل". ووفقاً للوكاردي، "يستحيل على المجرم أن يرتكب جريمة، لا سيما إذا كانت بالغة الخطورة، دون أن يترك أثراً لوجوده". وهذا يعني أنه عندما يرتكب

إن إدراك القاضي الجنائي ومحقق العدالة لحيية أي دليل مستحدث يتطلب ابتداءً فهم طبيعته العلمية وكيفية تشكله، ومن ثم إسقاط هذا الفهم على القواعد العامة للإثبات. لذا، يتعين تكييف هذا الدليل بيولوجياً وفنياً لبيان مدى موثوقيته وعمليته قبل الخوض في نظامه القانوني، وهو ما سنتناوله عبر مطلبين:

المطلب الأول

المفهوم البيولوجي للميكروبيوم البشري وتفرد الجنائي

على غرار العلوم الجنائية الأخرى، شهد علم الأحياء الدقيقة تطورات وابتكارات على مرّ السنين. ومع ذلك، لا يزال هذا التخصص موضوعاً مثيراً للجدل، وغالباً ما تُعدّ التحليلات الميكروبيولوجية الجنائية مجرد إضافة إلى تلك التي تُجرى بشكل روتيني في التخصصات الجنائية الأخرى. ومع ذلك، يمكن أن تُشكل الكائنات الدقيقة نوعاً من الأدلة المادية في العديد من الظروف المختلفة. إذ يمكن العثور عليها في كل مكان تقريباً، وهي موجودة بالتأكيد في أي بيئة مرتبطة بالإنسان. لذلك، يمكن جمعها وتحليلها في سيناريوهات مختلفة ذات أهمية جنائية، مما يوفر معلومات قيمة لأغراض التحقيق. على الرغم من أنّ الكائنات الدقيقة منتشرة على نطاق واسع، إلا أنها لا توجد في كل مكان، ومثل العديد من أنواع الأدلة الأخرى، تقتصر بعض الكائنات الدقيقة على بيئات محددة. ومن العناصر الأخرى التي تجعل الكائنات الدقيقة مفيدة لأغراض الجنائية استطاعت العديد منها التكيف مع البيئة عن طريق تغيير بنيتها للبقاء على قيد الحياة لفترات طويلة جداً، لذا، يمكن أن تكتسب الملامح الميكروبية المعزولة من ركائز مختلفة صفة المؤشرات الجنائية المحتملة، ويمكن استعمالها بوصفها دليلاً في العديد من الحالات، كما يمكنها في جميع الأحوال أن تُكمل أساليب التحقيق التقليدية.

(Journal of Forensic and Legal Medicine, 2025)

يعد الميكروبيوم الجنائي (Forensic Microbiome) واحداً من أحدث التطورات العلمية التي دخلت ميدان البيولوجيا الجنائية. ولكي يستوعب الفقه الجنائي والقضاء مدى مشروعية هذا الدليل واعتماده في الإثبات الجنائي، لا بد أولاً من التأصيل العلمي، والوقوف على الخصائص الحيوية التي تجعل منه أداة قادرة على المساهمة في تحديد الهوية الجنائية بدقة.

شخص ما جريمة، فإنه يترك أثراً لنفسه في مسرح الجريمة، وفي الوقت نفسه يأخذ شيئاً ما من مسرح الجريمة عند مغادرته. ويصنف علم الأدلة الجنائية الحديث هذه الظاهرة على أنها دليل أثري. واصل لوكراد أبحاثه في تقنيات الطب الشرعي حتى وفاته في 4 مايو 1966.

(الموقع الإلكتروني، 2026)

ومن أجل فهم البصمة الميكروبية لا بدّ من التعرض لتعريفها من الناحية العلمية والاصطلاحي وكذلك بيان مفهوم الأدلة الجنائية وفق مفهوم الأدلة البيولوجية:

التعريف العلمي والاصطلاحي:

الميكروبيوم هو تجمعات متعددة الأنواع، تتفاعل فيه الكائنات الحية (الميكروبية) مع بعضها البعض في بيئة مترابطة "الميكروبيوم" هو دمج من كلمتي "ميكرو" و"يوم"، مشيرين إلى "مجتمع ميكروبي مميز" في "موطن محدد بشكل معقول وله خصائص فيزيائية وكيميائية مميزة" كونه "مسرح نشاطهم" ويُمثل هذا التعريف تقدماً كبيراً في تعريف المجتمع الميكروبي، إذ يُعرّف المجتمع الميكروبي من خلال خصائص ووظائفه المميزة وتفاعلاته مع بيئته، مما يؤدي إلى تكوين بيئات إيكولوجية محددة. (Lederberg & McCray, 2001, p. 15)

وكذلك عُرّف الميكروبيوم ضمن سياق بيئي، بأنّه مجتمع من الكائنات الحية الدقيقة المتعايشة والمتكافلة والمرضة داخل حيز الجسم أو أي بيئة أخرى (Marchesi & Ravel, 2015, p. 30). تشير جميع هذه التعريفات إلى إمكانية تطبيق المفاهيم العامة لعلم البيئة الكلية بسهولة على تفاعلات الميكروبات مع بعضها البعض، وكذلك على تفاعلات الميكروبات مع العائل.

ويُطلق لفظ (الميكروبيوم) على مجموع الميكروبات التي تعيش مع الكائن الحي سواء أكانت على سطح جسمه مباشرة أم بداخله. ويعتقد العلماء أنّهم ما زالوا بصدد تعلّم المزيد عن مدى انتقال الميكروبيوم الخاص بالفرد إلى المحيط، والمدة الزمنية التي يبقى فيها قبل أن يندثر، وأي الميكروبات تُعد أكثر فائدة في تحديد هوية الشخص. كما أنّ هناك بعض التحديات في فصل الميكروبات عن بعضها البعض عندما تتعدد مصادرها (الشريف، 2024).

كما تم تعريفها على أنّها "الميكروبيوم هو تجمعات هائلة من البكتيريا والفطريات والفيروسات والأحياء الدقيقة الأخرى التي تعيش في مواقع مختلفة في جسم مثل الجهاز الهضمي والجهاز التنفسي والجهاز التناسلي والجلد وتختلف تلك التجمعات الجرثومية من فرد إلى آخر بشكل واضح بصورة تجعل كلّ فرد يمتلك بصمة جرثومية فريدة تميزه عن باقي الأفراد" (مجموعة مؤلفين، 2024، صفحة 1).

أما المفهوم الجنائي فتُعرّف "البصمة الميكروبية" بأنّها: "ذلك التوقيع البيولوجي الفريد والمؤلف من التنوع الجيني للمجتمعات البكتيرية والميكروبية التي يفرزها أو ينقلها جسم الإنسان إلى البيئة المحيطة به أو الأشياء التي يلامسها، والتي تتيح إمكانية التعرف على هويته أو تعزيز الأدلة القائمة على نحو فردي حاسم" (Schaked & Javan, 2020, p. 1104).

وفي تعريف آخر عُرِفَت على أنّها "النمط المميز لتجمعات الكائنات الحية الدقيقة (البكتيريا، والفطريات، والفيروسات وغيرها من الميكروبات) التي تستوطن جسم الإنسان أو الأشياء أو البيئة

المحيطة به، والتي يمكن تحليلها باستعمال تقنيات التسلسل الجيني الحديثة؛ بغرض التعرف على الأشخاص، أو ربطهم بمسرح الجريمة، أو تقدير زمن الوفاة، أو تتبع انتقال الأدلة البيولوجية".

(Fierer, et, al, 2010)

تُعرف البصمة الميكروبية في المجال الجنائي بأنها: "وسيلة علمية حديثة للإثبات الجنائي تعتمد على تحليل التنوع الجيني للمجتمعات الميكروبية المرتبطة بالإنسان أو بالأدلة المادية، بقصد التعرف على هوية الأشخاص أو ربطهم بمسرح الجريمة أو دعم الأدلة الجنائية الأخرى، وذلك بالاستناد إلى الخصائص المميزة للميكروبيوم التي تختلف من شخص إلى آخر" (Gilbert, et, al, 2018).

كما تم تعريف البصمة الميكروبية بأنها: "هي الخصائص الشخصية المميزة للميكروبيوم الجلدي، التي يمكن استغلالها في التعرف الجنائي على الأشخاص وربطهم بالأشياء والبيئات المختلفة من خلال تحليل المجتمعات الميكروبية" (Pan & Lv, 2026).

وفي تعريف آخر للبصمة الميكروبية عُرِّفت بأنها: "هي التوقيع الميكروبي (Microbial Signature) الناتج عن تحليل المجتمعات الميكروبية الخاصة بالفرد، والذي يمكن أن يسهم في تحديد الهوية أو ربط الشخص بالأدلة أو بمسرح الجريمة" (Neckovic, et, al,, 2020).

لم يحظ مصطلح البصمة الميكروبية بتعريف فقهي عربي موحد حتى الآن، ويرجع ذلك إلى حداثة توظيفه في العلوم الجنائية. ولذلك اتجه الفقه العربي إلى إدراجه ضمن الأدلة البيولوجية المستحدثة، في حين انفردت الأدبيات الأجنبية بوضع تعريفات علمية دقيقة له، بوصفه النمط المميز للمجتمعات الميكروبية المرتبطة بالإنسان أو بالأشياء، والذي يمكن الاستفادة منه في التعرف على الأشخاص وربطهم بمسرح الجريمة، ومع ذلك نجد بعض التعريفات في هذا الفقه ومنها من عرّف "البصمة الميكروبية" بأنها "الأثر البيولوجي الذي تتركه الكائنات الدقيقة الملازمة لجسم الإنسان، والذي يمكن تحليله بتقنيات البيولوجيا الجزيئية لاستخلاص بيانات ذات قيمة في مجال الإثبات الجنائي" (منصور، 2022، صفحة 215 وما بعدها) وعرفها آخر بأنها "تمثل أحد تطبيقات الأدلة البيولوجية الحديثة، وتعتمد على الخصائص المميزة للتجمعات الميكروبية المرتبطة بكل إنسان، بما يسمح باستخدامها في التعرف على الأشخاص وربطهم بمسرح الجريمة" (حجازي، 2023، صفحة 287).

ومن خلال دراسة التعريفات السابقة يمكن وضع تعريف "للـبصمة الميكروبية" بأنها نمط حيوي مميز لمجتمعات ميكروبية مرتبطة بجسم الإنسان أو الأشياء أو البيئة المحيطة به، والذي يتم الكشف عنها وتحليلها باستخدام تقنيات البيولوجيا الجزيئية والتسلسل الجيني؛ بقصد التعرف على الأشخاص، أو ربطهم بمسرح الجريمة، أو دعم عملية الإثبات الجنائي، استناداً إلى ما تتميز به تلك المجتمعات من خصوصية واستقرار نسبي يسمحان بتمييزها عن غيرها.

ويُعرف علم الأدلة الجنائية على أنه "تطبيق الأساليب العلمية للتحقيق في الجرائم وتقديم الأدلة في المحاكم. ويُعد استخدام الميكروبات في هذا المجال مجالاً بحثياً حديثاً نسبياً، وقد أظهر إمكانات كبيرة في السنوات الأخيرة. ونظراً لوجود الميكروبات، كالبكتيريا والفطريات، في كل مكان، بما في ذلك على أجسامنا وفي التربة وفي البيئة المحيطة، فإنها تمتلك القدرة على المساعدة في العديد من تطبيقات علم الأدلة الجنائية. والكشف عن الجرائم التي قد تكون معقدة أو غيابة أدلة مادية أخرى".

(Justine Dees, 2026)

يعد مجال الميكروبيوم البشري مجالاً ناشئاً يحمل في طياته إمكانات هائلة لتحسين التحقيقات الجنائية، وذلك من خلال توفير معلومات تُستعمل لتحديد مصدر العينات المجهولة عبر تحديد سلالات فريدة من الميكروبات التي تميز كل فرد ويُعد فهم تقنيات تحليل البصمات الميكروبية أمراً بالغ الأهمية للاستخدام الجنائي في هذا المجال الناشئ، إذ تبرز الحاجة إلى مزيد من البحث في جوانب مثل زمن الترسيب، والتوحيد القياسي، والخصوصية، وتطوير التكنولوجيا

(Clarke, et, al., 2026)

ويهدف علم الأحياء الدقيقة الجنائية إلى الاستفادة من تطبيق علم الأحياء الدقيقة للمساعدة في حلّ الجرائم. وقد بدأ هذا العلم في تسعينيات القرن الماضي مع تطوير تقنية تفاعل البوليميراز المتسلسل (PCR)، التي تُمكن العلماء من تحديد الميكروبات بسرعة من العينات. وفي حوالي عام 2000، دفعت المخاوف بشأن الإرهاب البيولوجي الحكومة الأمريكية إلى استثمار مبالغ طائلة في علم الأحياء الدقيقة الجنائي لتتبع مصادر العوامل البيولوجية التي يستعملها الإرهابيون، مثل بكتيريا الجمرة الخبيثة التي أُرسلت في رسائل خضعت للتحقيق عام 2001.

(National Academies Press, 2014, p. 7)

كما أنّ علم الأدلة الجنائية الميكروبية هو الآخر بدأ في الولايات المتحدة في تسعينيات القرن الماضي مع تشكيل وحدة الاستجابة للمواد الخطرة التابعة لمكتب التحقيقات الفيدرالي (FBI). وقد أنشئت هذه الوحدة لدعم التحقيقات في قضايا الإرهاب البيولوجي المشتبه بها أو المؤكدة، وذلك من خلال توفير أدلة استقصائية ودعم الملاحقات القضائية أو تبرئة المتهمين بالأدلة العلمية. واعتمدت وحدة مكتب التحقيقات الفيدرالي في البداية العلوم القديمة التي كان يطورها أو يجريها العلماء في المختبرات الوطنية والجامعات في جميع أنحاء الولايات المتحدة، ووظفت مبادئ وممارسات علم الأدلة الجنائية في محاولة لإنتاج أدلة مقبولة أمام المحكمة وفقاً للمتطلبات والمعايير القانونية الأمريكية. كما أدرك مكتب التحقيقات الفيدرالي أهمية التعاون مع مجتمع الصحة العامة. ففي وقت الاستعدادات لدورة الألعاب الأولمبية الصيفية لعام 1996 في أتلانتا، أُقيم تعاون مع مراكز السيطرة على الأمراض والوقاية منها (CDC) في

الولايات المتحدة، -وهو تعاون لا يزال مستمرًا- إذ توفر مراكز السيطرة على الأمراض والوقاية منها، على سبيل المثال، مواد تدريبية حول علم الأوبئة الجنائية.

(Justine Dees, 2026)

على الرغم من أن علم الأدلة الجنائية الميكروبية يستند إلى البحوث الأساسية في تطوير تقنياته و منهجياته، فإن طبيعة الأسئلة التي يعالجها والإجراءات التي يعتمدها، فضلاً عن التوقعات والنتائج المستهدفة، تختلف عن تلك المرتبطة بالبحوث الأساسية، بل قد تكون أكثر تعقيداً. كما أن العلوم والتقنيات المستعملة في هذا المجال، شأنها شأن سائر العلوم، يجب أن تخضع للتحقق من صحتها، وأن تحظى بالقبول العلمي والقانوني من قبل الخبراء وأصحاب المصلحة قبل اعتمادها في التطبيقات الجنائية. وإلى جانب ذلك، ينبغي إثبات قدرة المعلومات المستخلصة منها على تقديم إجابات موثوقة عن المسائل الجوهرية التي تثيرها التحقيقات الجنائية والدعاوى القضائية. ويستفيد علم الأدلة الجنائية الميكروبية من العلوم المرتبطة به من خلال توظيفها وتطويرها وتكييفها بما يتلاءم مع أغراضه الخاصة. ومن شأن تجاوز هذه التحديات أن يعزز القيمة العلمية والعملية لهذا المجال، ويرفع مستوى الثقة في نتائجه، ويزيد من سرعة وكفاءة اتخاذ القرارات الحاسمة، فضلاً عن إسهامه في دعم وتطوير التخصصات العلمية ذات الصلة. وقد أتاحت التطورات التكنولوجية الحديثة للباحثين دراسة الميكروبات التي تعيش داخل جسم الإنسان وعلى سطحه، والمعروفة باسم الميكروبيوم البشري. وقد أجرى مشروع الميكروبيوم البشري مسحاً بيئياً للميكروبات في جميع أنحاء جسم الإنسان، وسعى إلى تحديد الأدوار التي تؤديها في صحة الإنسان كما تناول الفروق المنهجية بين البحوث الأساسية وتطبيقات الأدلة الجنائية الميكروبية، ومعايير القبول العلمي والقانوني والتحقق من صحة التقنيات، فضلاً عن توظيف مخرجات مشروع الميكروبيوم البشري في التحقيقات الجنائية.

(National Research Council, 2014, pp. 23-28)

أصبح تحديد الميكروبات التي تسهم في تكوين البصمة الميكروبية المميزة لكل فرد أكثر سهولة وأقل تكلفة بفضل التطورات التقنية في مجال تحليل الحمض النووي والتسلسل الجيني، الأمر الذي دفع الباحثين إلى دراسة إمكانية توظيف هذه البصمات في التمييز بين الأشخاص وربطهم بالجرائم استناداً إلى الآثار الميكروبية التي يتركونها في مسرح الجريمة. ورغم أن التطبيق العملي لبيانات الميكروبيوم في ربط شخص معين بجريمة لا يزال يتطلب مزيداً من الدراسات والأبحاث لتعزيز دقته وموثوقيته، فإن التطور المتسارع في التقنيات الحيوية وأساليب تحليل البيانات يُرجح أن يجعل من البصمة الميكروبية أداة داعمة للإثبات الجنائي في المستقبل القريب (Yang, et, al, 2025)، ومع استمرار تطور علم الأحياء الدقيقة الجنائي، يُتوقع أن تتوسع تطبيقات الميكروبات في مجالات جديدة

تسهم في دعم التحقيقات الجنائية والكشف عن ملابسات الجرائم. وبذلك تمثل البصمة الميكروبية هويةً بيولوجيةً تُستخلص من تحليل المجتمعات الميكروبية الطبيعية المستوطنة في جسم الإنسان، وتمتاز بدرجة من الخصوصية تتيح الإفادة منها في مجال التحقيق والإثبات الجنائي (Yang, et, al, 2025).

المطلب الثاني

التكييف القانوني للأثر الميكروبي في ضوء خصائصه العلمية، التفرد، والثبات البيئي،

ومقاومة الطمس الكيميائي

إنّ القضاء الجنائي الحديث لم يعد يقتصر على الأدلة التقليدية مثل الاعتراف وشهادة الشهود، بل امتد ليتسع للأدلة البيولوجية والميكروبية الدقيقة؛ إذ إنّ الأنظمة الإجرائية كقانون أصول المحاكمات الجزائية العراقي رقم 23 لسنة 1971 المعدل النافذ في (المادة 213) أو قانون الإجراءات الجنائية المصري رقم 150 لسنة 1950 المعدل النافذ في (المادة 302) تأخذ بمبدأ 'حرية الإثبات الجنائي، والقناعة الوجدانية للقاضي في تقدير عناصر الإثبات التي يستمد منها قناعته فإنّ هذا المبدأ يتيح للقاضي التنقل بين أدلة الإثبات ليختار ما هو منطقي (سلامة، 2008، صفحة 16/1)، والقناعة هي ربط ذهني يكمن في ضمير القاضي الجنائي ووجدانه في قضايا الجنايات أو قضايا الجرح وهي بذلك تبني على أدلة حقيقية في أصل الدعوى بمعنى أنّها تشكل قناعة راسخة أكيدة تؤدي إلى الإدانة أو البراءة.

(ضمد، 2021)

وهي نتاج عملية إجرائية ومنطقية تجريها المحكمة معتمدة في ذلك على الدليل المقنع لكلّ من القاضي والخصوم والراي العام ومن ثم ليست العبرة بكثرة الأدلة وإنما العبرة بوجود الدليل المؤكد الذي يصلح لبناء الحكم السليم وتسبب هذا الحكم تسبباً صائغاً مقبولاً خالياً من العيوب التعارض أو التناقض أو الغموض في الأدلة (سرور، 2016، الصفحات 385-389).

يتضح لنا مما لا شك فيه أنّ مبدأ حرية القاضي الجنائي في تكوين عقيدته يُعدّ ركيزة أساسية في البنيان القانوني لضمان العدالة وبموجبه يمتلك القاضي الصلاحية المطلقة في تقدير الدليل لإصدار الإدانة أو البراءة ومع ذلك تبقى هذه القناعة خاضعة لرقابة محكمة التمييز كونها محكمة قانون تمتلك سلطة نقض الأحكام وتصويب الأخطاء الإجرائية والموضوعية. ونتيجة لتطور وسائل الإثبات الجنائي فإنّ البصمة الميكروبية من الناحية القانونية الإجرائية، لا تخرج عن كونها "أثراً مادياً حيويّاً" يخضع للقواعد العامة الحاكمة للأدلة المادية في قانون أصول المحاكمات الجزائية. فالجاني عندما يلامس أداة الجريمة لا يترك خلايا بشرية فحسب، بل ينقل نظاماً بيئياً ميكروبياً كاملاً. ويتميز هذا الأثر بأنه "غير مرئي" بالعين المجردة، مما يجعله بمنأى عن إدراك الجاني العادي، ويتحول بعد رفعه وتحليله مخبرياً

بواسطة تقنيات تسلسل الجينات الحديثة (Next-Generation Sequencing) من مجرد أثر بيولوجي صامت إلى "دليل مستند إلى قرينة علمية" يساهم في بناء العقيدة القضائية. ونجد ذلك في القضاء الدولي على قبول الدليل الميكروبي الجيني (Microbial Forensics) نتيجة لتطور وسائل الإثبات الجنائي عالمياً "بوصفه دليلاً علمياً حاسماً ذا (قرينة قوية) متى ما ثبتت سلامة العينة البيولوجية من التلوث أو العبث الإجرائي أثناء سلسلة الحيازة (Chain of Custody). وقد تجلّى هذا المنهج العلمي في السوابق القضائية الأمريكية الشهيرة؛ مثل قضية الطبيب "شيميدت" (State v. Schmidt, 1998) التي اعتمدت البصمة الجينية لفيروس نظام نقص المناعة المكتسبة (HIV) (شيميدت، 2026)، وقضية "رسائل الجمرة الخبيثة" (Anthrax Investigation, 2001)، إذ كان للتحليل الجيني الميكروبي الدور الفاصل في تتبع مصدر السلالة البكتيرية وتحقيق الإدانة القضائية (Federal Bureau of Investigation, 2010).

تكتسب البصمة الميكروبية قيمتها العلمية والقانونية من خلال منظومة من الخصائص الحيوية الفائقة التي تمنحها ميزة تفضيلية في العمل التحقيقي، ونبسها في النقاط الآتية: خاصية التفرد أو عدم تكرار (Uniqueness): إنّ من مميزات البصمة الميكروبية أنّها تشكل نمطاً فريداً من كائنات دقيقة أو بكتيرية تتعايش مع الإنسان وتوجد على جلده، وفي شعره، وفرازته، وأمعائه، وتنتقل نتيجة الملامسة بين الإنسان والأشياء الأخرى أو حتى بين الإنسان والكائنات الأخرى التي يلامسها. ولكل شخص مط ميكروبي مميز يعتمد مجموعة عوامل منها العامل الوراثي والبيئة التي يعيش بها ونمط الحياة، هذه العوامل وغيرها تجعل لكل شخص توقيعاً ميكروبياً خاصاً به يختلف عن الأشخاص الآخرين (عطية، 2026).

وهذه الميزة تمنح الأدلة البيولوجية قيمتها الإثباتية بمدى قدرتها على تمييز شخص عن آخر، وهو ما يتحقق في البصمة الميكروبية للجلد بدرجة ملحوظة؛ إذ أثبتت الدراسات أنّ المجتمعات البكتيرية المستوطنة على جلد الإنسان، ولا سيما في راحة اليد والأصابع، تتسم بتباين كبير في تركيبها وتوزيعها بين الأفراد نتيجة تأثرها بعوامل متعددة، من بينها النظام الغذائي، والعادات الصحية، والحالة الفسيولوجية، والبيئة المحيطة، وأنماط التلامس اليومية مع الأسطح المختلفة. ويؤدي هذا التباين إلى تكوين ملف ميكروبي مميز لكل فرد، الأمر الذي يتيح الاستفادة منه في المجال الجنائي لتضييق دائرة الاشتباه وربط المشتبه به بمسرح الجريمة متى ما عُزز بأدلة جنائية أخرى.

(Fierer, et, al, 2010, pp. 6477–6481)

لا يقتصر توظيف الميكروبات في علم الأدلة الجنائية على التعرف على هوية الأشخاص، بل يمتد إلى الاستدلال على الموقع الجغرافي المرتبط بالجريمة من خلال تحليل الميكروبيومات البيئية. إذ

تمتلك البيئات المختلفة، ولا سيما أنواع التربة، مجتمعات ميكروبية مميزة تتأثر بخصائصها الجغرافية والبيئية، الأمر الذي يجعلها بمنزلة بصمة حيوية يمكن الاستعانة بها في تتبع مصدر العينات. وعليه، فإن مقارنة الميكروبات الموجودة في التربة العالقة بحذاء أو ملابس المشتبه به مع الميكروبات المستخلصة من مسرح الجريمة قد تسهم في تحديد الأصل الجغرافي للبيئة، ومن ثم دعم الربط بين المشتبه به ومكان ارتكاب الجريمة وتضييق نطاق البحث. كما تمت تطبيقات الميكروبيومات الجنائية إلى الميكروبيومات الحيوانية، إذ قد تنتقل المجتمعات الميكروبية المميزة للحيوانات الأليفة أو حيوانات المزارع إلى ملابس الأشخاص أو مقتنياتهم، وهو ما يوفر قرائن علمية يمكن الاستفادة منها في إثبات الصلة بين الشخص والحيوان أو المكان المرتبط به، شريطة أن تُعَيَّن هذه النتائج في ضوء سائر الأدلة الجنائية وألا تُعد دليلاً منفرداً على الإدانة (Girguis, et, al, 2021, pp. 1-21).

أما الثبات البيئي النسبي (Persistence) فالميكروبيوم الجلدي هو أحد الركائز الأساسية في الفحوصات الجنائية الحديثة؛ فبالرغم من الطبيعة الحيوية للميكروبات وتأثرها بالمتغيرات المحيطة، إلا أن الأبحاث المختبرية المتقدمة أثبتت أن "النواة الصلبة" (Core Microbiome) للبكتيريا المستوطنة لجلد الإنسان تظل مستقرة وقابلة للتحديد لأسابيع على الأسطح الجافة مثل الأثاث والملابس وأجهزة الحواسيب. وتعود هذه القدرة على الصمود إلى تشكّل "الغشاء الحيوي" (Biofilm) الذي يلتصق بالأسطح الصلبة ويحمي المكونات البكتيرية ومادتها الوراثية من الجفاف والتحلل البيئي، مما يتيح للمحققين رفع عينات جينية صالحة للمطابقة وتحديد هوية الجاني حتى بعد مرور مدة زمنية على مغادرته لمسرح الجريمة (Fierer, et, al, 2010, pp. 6477-6481).

أما ما يخص الطمس الكيميائي فإنّ بعض الجناة يعمدون إلى استعمال المطهرات أو المواد الكيميائية القوية، مثل هيبوكلوريت الصوديوم (الكلور) أو الكحول عالي التركيز، بهدف إزالة الآثار البيولوجية التقليدية مثل الدم واللعاب والسائل المنوي، الأمر الذي يؤدي غالباً إلى تحلل الحمض النووي البشري (DNA) أو انخفاض جودته بما يعيق استخلاصه وتحليله. إلا أن هذا الإجراء لا يؤدي بالضرورة إلى القضاء على جميع الأدلة البيولوجية؛ إذ تمتلك بعض الكائنات الحية الدقيقة، ولا سيما البكتيريا المكونة للأبواغ من أجناس Bacillus و Clostridium، قدرة عالية على مقاومة الظروف البيئية القاسية والعديد من المطهرات الكيميائية، وذلك بفضل تكوينها للأبواغ الداخلية (Endospores) التي تتميز بمتانة بنيتها ومقاومتها العالية. كما يمكن لهذه الأبواغ أن تبقى عالقة في الشقوق الدقيقة للأسطح أو الأدوات المستعملة في الجريمة، مما يجعل إزالتها بصورة كاملة أمراً بالغ الصعوبة. ومن ثم، يمكن أن تمثل البصمة الميكروبية مصدراً مهماً للأدلة الجنائية، ولا سيما في الحالات التي تتعرض فيها الأدلة

البيولوجية التقليدية للتلف أو الطمس، الأمر الذي يعزز قيمتها بوصفها دليلاً مكماً أو بديلاً في بعض التحقيقات الجنائية (Nicholson, et, al, 2000, pp. 548–572).

المبحث الثاني

التطبيقات الحيوية للميكروبيوم في المسرح الجنائي والطب الشرعي

لا يقتصر دور البصمة الميكروبية على مجرد تحديد هوية الجاني أو الضحية، وإنما يمتد ليقدم حلولاً عملية وعلمية لمعضلات معقدة تواجه سلطات التحقيق الجنائي والطب الشرعي، بما يسهم في تعزيز موثوقية الدليل العلمي. ويستند ذلك إلى حقيقة أن الميكروبيوم البشري ليس مجرد نظام بيئي دقيق يتعايش مع الإنسان، بل يمثل "توقيعاً بيولوجياً" فريداً يميز كل فرد، ويرافقه طوال حياته ويستمر حتى بعد وفاته.

وقد شهد هذا المجال تطوراً ملحوظاً خلال السنوات الأخيرة بفضل الطفرة الكبيرة في تقنيات تسلسل الحمض النووي (DNA Sequencing)، الأمر الذي نقل علم الميكروبيوم من نطاق البحوث الطبية والمختبرات العلمية إلى مجال العدالة الجنائية والطب الشرعي، ليحدث تحولاً مهماً في أساليب فحص مسرح الجريمة وتحليل الأدلة البيولوجية.

وتقوم البصمة الميكروبية (Microbial Fingerprint) على أساس أن لكل إنسان مجتمعاً ميكروبياً خاصاً يتأثر بعوامل متعددة، من بينها نمط الحياة، والبيئة المحيطة، والنظام الغذائي. ويمنح هذا التنوع والخصوصية الميكروبيوم قدرة متميزة على المساهمة في الإجابة عن العديد من المسائل الجنائية، ولا سيما ما يتعلق بإثبات الاتصال الجنائي أو تحديد الهوية.

ومن ثم، فإن أهمية هذا التوقيع البيولوجي لا تقتصر على التعرف إلى الأشخاص فحسب، وإنما تمتد إلى تقديم حلول علمية وعملية للمشكلات التي تواجه التحقيقات الجنائية، سواء من خلال دوره التكميلي في دعم الأدلة الجنائية التقليدية، أم من خلال دوره الاحتياطي في تقدير وقت الوفاة، وهو ما سيتم بيانه في المطلبين الآتيين:

المطلب الأول

استعمال البصمة الميكروبية بوصفها دليلاً مكماً (حالة التوائم وتداخل الأدلة)

تتجلى الحجة التكميلية للبصمة الميكروبية في فرضيتين جوهريتين يقف أمامهما الدليل الجنائي الكلاسيكي عاجزاً:

الفرضية الأولى في حالة التوائم:

تمثل التوائم المتطابقة إحدى أبرز الإشكالات التي تواجه الإثبات الجنائي القائم على تحليل الحمض النووي؛ إذ إن التوأمين الناتجين عن بويضة مخصبة واحدة يشتركان في تركيب وراثي يكاد يكون

متطابقاً، الأمر الذي قد يحد من قدرة تحليل الحمض النووي التقليدي على التمييز بينهما عند العثور على آثار بيولوجية في مسرح الجريمة. وفي هذا السياق تبرز البصمة الميكروبية بوصفها دليلاً تكميلياً يمكن أن يعزز الأدلة الجنائية الأخرى، ذلك أن المجتمعات الميكروبية التي تستوطن جلد الإنسان وأجزاء جسمه تتأثر بعوامل بيئية وسلوكية متعددة، مثل النظام الغذائي، ونمط الحياة، والحالة الصحية، والتعرض للمحيط، مما يؤدي إلى ظهور اختلافات ميكروبية حتى بين التوائم المتطابقة. وبناءً على ذلك، قد يسهم تحليل الميكروبيوم في توفير مؤشرات إضافية تساعد الخبير الجنائي في ترجيح نسبة الأثر البيولوجي إلى أحد التوأمين عند تعذر الحسم بواسطة تحليل الحمض النووي التقليدي وحده، شريطة أن يُقِيم هذا الدليل بالاقتران مع سائر الأدلة العلمية والقرائن المتوافرة في الدعوى، لا بوصفها دليلاً مستقلاً أو قاطعاً (Lopez, 2022, p. 2).

بما أن الميكروبيوم البشري يتأثر بمجموعة واسعة من العوامل الداخلية والخارجية، وفي مقدمتها الخصائص الوراثية للمضيف، فإنه يُكوّن لكل فرد بصمة ميكروبية مميزة يمكن الاستفادة منها في التمييز بين الأشخاص وتحديد هويتهم. وتبرز أهمية هذه الإمكانية بوجه خاص في الحالات التي يتعذر فيها الحصول على كمية أو جودة كافية من الحمض النووي البشري لإعداد ملف وراثي كامل يعتمد تقنية التكرارات الترادفية القصيرة (STRs)، كما هو الحال في عينات الملامسة التي غالباً ما تحتوي على كميات محدودة من الحمض النووي البشري.

وفي هذا الإطار، أظهرت العديد من الدراسات ذات الطابع الجنائي إمكانية ربط بعض الأدوات، مثل الهواتف المحمولة ومعدات الحاسوب، بأصحابها من خلال مقارنة التشابه في التركيب الميكروبي للعينات المأخوذة من تلك الأدوات مع العينات المستحصلة من جلد الأشخاص المشاركين في الدراسة، وقد بلغت دقة تحديد الهوية في بعض هذه الدراسات نحو (93%). كما توسعت الأبحاث لتشمل دراسة إمكانية الاستعانة بالميكروبيوم الموجود في عينات أخرى غير الجلد، مثل اللعاب وشعر العانة، لغرض تحديد هوية الأفراد.

ومع ذلك، فإن معظم الدراسات المنجزة حتى الآن اعتمدت مقارنة البصمات الميكروبية بين أفراد العينة نفسها، وهو ما يحد من قيمتها التطبيقية في المجال الجنائي. ولتحقيق فاعلية حقيقية في الإثبات الجنائي، ينبغي أن تكون البصمة الميكروبية قادرة على تحديد هوية أي شخص بصورة مستقلة من بين أفراد المجتمع، وهو أمر لا يزال يتطلب تطوير أطر إحصائية ومنهجيات علمية أكثر دقة وموثوقية، وهي متطلبات لم تكتمل بعد (Lopez, 2022, p. 2).

أما الفرضية الثانية فهي حالة الجرائم التي يشترك في ارتكابها أكثر من شخص: -مثل جرائم السطو المسلح أو الاعتداءات الجماعية، وهي من أكثر القضايا تعقيداً من الناحية الإثباتية، إذ كثيراً ما

تُعتبر على أداة الجريمة وهي تحمل خليطاً من الآثار البيولوجية، ولا سيما الحمض النووي العائد لأكثر من شخص نتيجة تداولها أو ملامستها من قبل أفراد عدة. وفي مثل هذه الحالات قد يواجه الخبراء صعوبة في تفسير نتائج تحليل الحمض النووي المختلط (DNA Mixtures) وتحديد مدى ارتباط كل شخص بالأداة المضبوطة، أو معرفة ما إذا كانت آثاره ناتجة عن الاستعمال المباشر للأداة وقت الجريمة أو عن ملامسة سابقة.

وفي هذا الإطار برزت البصمة الميكروبية بوصفها إحدى الوسائل العلمية الحديثة التي يمكن أن تسهم في تعزيز تفسير الأدلة البيولوجية. فقد أظهرت الدراسات أن الإنسان يترك عند ملامسته للأجسام الصلبة مجتمعات ميكروبية مميزة تنتقل إلى الأسطح وتختلف في تركيبها وكثافتها باختلاف الأشخاص وطبيعة التلامس ومدته والظروف البيئية المحيطة. ومن ثم فإن تحليل هذه المجتمعات الميكروبية قد يوفر مؤشرات إضافية تساعد في ربط أحد المشتبه بهم بأداة الجريمة أو بمسرحها، ولا سيما عند اقترانه بنتائج تحليل الحمض النووي وبصمات الأصابع وسائر الأدلة الفنية.

(Schmedes, et, al, 2017, p. 17)

ومع ذلك، فإن القيمة الإثباتية للبصمة الميكروبية في هذا المجال ما تزال قيمة تكاملية؛ إذ لا تسمح الدراسات الحالية بالجزم بأن التحليل الميكروبي قادر بمفرده على تحديد آخر مستعمل للأداة أو ترتيب المتعاملين معها ترتيباً زمنياً على نحو يقيني، وإنما يقتصر دوره على دعم الاستنتاجات المستخلصة من الأدلة الأخرى وتعزيزها، وهو ما ينسجم مع الاتجاه الحديث في الطب الشرعي الذي يدعو إلى دمج المؤشرات البيولوجية المختلفة للوصول إلى نتائج أكثر دقة وموثوقية.

(Wilson, et, al, 1995, pp. 68–74)

المطلب الثاني

استعمال الميكروبيوم بوصفه دليلاً احتياطياً في تقدير وقت الوفاة

(Thanatobiome)

يُعدّ التقدير الدقيق لمدة ما بعد الوفاة، أي المدة الزمنية بين الوفاة واكتشاف الجثة، أمراً بالغ الأهمية في تحقيقات الطب الشرعي، لما له من تأثير على النتائج القانونية وتعدّد هذه المدة الزمنية المنقضية منذ الوفاة (Post-Mortem Interval – PMI) من أهم المهام التي يضطلع بها الطبيب الشرعي، لما له من دور جوهري في توجيه مجريات التحقيق الجنائي وتضييق دائرة الاشتباه.

(Lavinia Iancu, 2024)

تُستخدم الطرق التقليدية لتقدير المدة الزمنية بعد الوفاة منذ قرابة قرن. وعلى عكس الاعتقاد السائد ببساطتها وسهولة تطبيقها، تتطلب هذه الطرق تدريباً متخصصاً للغاية، بما في ذلك شهادة طبية،

وتخصصاً في علم الأمراض الشرعي بعد التخرج، وخبرة عملية واسعة. ويعتمد التقدير التقليدي للمدة الزمنية بعد الوفاة على التغيرات الفيزيائية والكيميائية الملحوظة في الجثة البشرية، مثل التيبس الرمي، والتزرق الرمي، والبرودة الرمية، والعمليات التحولية أثناء التحلل. وتُعد هذه الطرق أساسية في الممارسة الطبية الشرعية، ولكنها لا تزال تتأثر بدرجة كبيرة بالعوامل البيئية والفردية (جبر، 2026، صفحة 12) أدت التطورات الحديثة في أبحاث الطب الشرعي، ولا سيما في مجالي علم الأحياء الدقيقة والكيمياء الحيوية، إلى ظهور مناهج علمية مبتكرة تُكمل الطرق التقليدية في تقدير المدة الزمنية بعد الوفاة، وتساهم في تحقيق قدر أكبر من الدقة والموثوقية، وإن كانت تتطلب إمكانات تقنية ومادية متقدمة. وتعتمد هذه المناهج دراسة التغيرات المتعاقبة التي تطرأ على المجتمعات الميكروبية بعد الوفاة (الميكروبيوم الجنائزي)، فضلاً عن التغيرات الكيميائية الحيوية في سوائل الجثة وأنسجتها.

وفي هذا السياق، أتاحت تقنيات علم الجينوم البيئي، وعلم النسخ البيئي، وعلم الأيض، إجراء تحليل تفصيلي لهذه التغيرات، كما أسهمت النماذج الحاسوبية وتقنيات التعلم الآلي في تحسين دقة تقدير المدة الزمنية بعد الوفاة. ومع ذلك، لا تزال هذه الأساليب تواجه عدداً من التحديات، من أبرزها التباين الناجم عن العوامل البيئية، ومحدودية قواعد البيانات المتعلقة بتحليل الجثث البشرية. لذا يُعد دمج مناهج علم الجينوم المتعدد مع تقنيات الذكاء الاصطناعي اتجاهاً واعداً لتجاوز هذه القيود، بما يعزز من دقة تقدير المدة الزمنية بعد الوفاة، ويهيئ لتطوير أدوات جنائية أكثر موثوقية تستند إلى التعاون متعدد التخصصات وتوحيد المنهجيات العلمية، بما يساهم في تعزيز التطبيق القضائي للأدلة العلمية (Teixeira & Barbosa, 2025, p. 1).

وانطلاقاً من هذا التوجه، شهد علم الأحياء الجزيئي وتقنيات تحليل الميكروبيوم تطوراً ملحوظاً أسهم في توسيع نطاق الوسائل الحديثة المستعملة في تقدير المدة الزمنية المنقضية منذ الوفاة. فقد اتجهت البحوث الحديثة إلى استثمار التغيرات المتعاقبة في المجتمعات الميكروبية المصاحبة لتحلل الجثة بوصفها مؤشراً حيوياً أكثر استقراراً من العلامات التقليدية، ولا سيما في البيئات شديدة البرودة التي تؤدي فيها درجات الحرارة المنخفضة إلى إبطاء مظاهر التحلل الظاهرية أو توقفها، الأمر الذي يحد من كفاءة الوسائل التقليدية في تحديد وقت الوفاة.

وفي السياق ذاته، أسهمت التطورات المتوازية في تقنيات الجينوم والبروتيوم في دعم تطبيقات الطب الشرعي، وما زالت هذه التقنيات تشهد تطوراً متواصلاً في مجال التجارب والتحقيقات الجنائية. وتُعد المدة الزمنية المنقضية منذ الوفاة (Postmortem Interval – PMI) من أهم المسائل التي تواجه التحقيق الطبي الشرعي، ولذلك اتجهت الأبحاث الحديثة إلى توظيف التحليلات الجينومية لعينات التشريح بهدف تحسين دقة تقديرها.

ولم يقتصر أثر هذه التقنيات على تقدير المدة الزمنية بعد الوفاة، وإنما امتد إلى المساعدة في تحديد سبب الوفاة، وذلك من خلال البحث عن مؤشرات حيوية نوعية باستعمال تقنيات الأحياء الجزيئية، مثل تفاعل البوليميراز المتسلسل في الوقت الحقيقي (Real-Time PCR)، ومصفوفات الحمض النووي الدقيقة (DNA Microarrays)، وتقنيات التسلسل الجيني من الجيل التالي (Next-Generation Sequencing). كما أسهمت هذه التطبيقات، إلى جانب وسائل الطب الشرعي والأنثروبولوجيا الجنائية، في بناء الملف البيولوجي للفرد، بما يعزز من القيمة العلمية للأدلة البيولوجية ويزيد من كفاءة التحقيقات الجنائية الإنسان (Roy & Tomo, 2021, p. 1).

الخاتمة:

يُعدُّ التطور المتسارع في علوم الأحياء الجزيئية وتقنيات التحليل الميكروبي من أبرز التحولات التي شهدتها مجال الأدلة الجنائية في العقود الأخيرة، إذ أسهم في استحداث وسائل علمية واعدة يمكن أن تعزز من كفاءة منظومة العدالة الجنائية وتوسع من نطاق الأدلة القابلة للاستثمار في الكشف عن الحقيقة. وفي هذا السياق، برزت البصمة الميكروبية بوصفها إحدى التطبيقات الحديثة التي تستند إلى أسس علمية دقيقة، وأظهرت نتائج الدراسات إمكانات كبيرة في مجالات تحديد الهوية الجنائية، وتحليل الآثار البيولوجية، وتقدير المدة الزمنية المنقضية منذ الوفاة، فضلاً عن معالجة بعض الإشكالات التي قد تعجز وسائل الإثبات التقليدية عن حلها.

وانطلاقاً من هذه المعطيات، سعت هذه الدراسة إلى بحث الأساس العلمي للبصمة الميكروبية وتحليل خصائصها، وبيان مجالات توظيفها في الطب الشرعي والإثبات الجنائي، مع تقويم حقيقتها القانونية في ضوء القواعد العامة للإثبات والتشريعات المقارنة، والوقوف على أبرز التحديات العلمية والإجرائية التي ما زالت تحد من اعتمادها بوصفها دليلاً مستقلاً أمام القضاء. كما تناولت الدراسة الاتجاهات الفقهية والتطبيقات القضائية ذات الصلة، بهدف الوصول إلى رؤية متوازنة تجمع بين متطلبات اليقين العلمي وضمانات العدالة الجنائية.

وبناءً على ما تقدم، فقد أسفرت الدراسة عن جملة من النتائج التي تكشف عن القيمة العلمية والقانونية للبصمة الميكروبية، كما أفرزت عدداً من المقترحات التي يمكن أن تسهم في تطوير الأطر التشريعية والإجرائية والفنية المنظمة لاستعمالها، بما يعزز من موثوقيتها وقابليتها للتطبيق في مجال الإثبات الجنائي والطب الشرعي، وذلك على النحو الآتي:

أولاً: الاستنتاجات

خلصت الدراسة إلى عدد من النتائج، من أهمها:

- 1- أن لكل إنسان بصمة ميكروبية ذات خصائص مميزة تتأثر بعوامل وراثية وبيئية وسلوكية، الأمر الذي يمنحها قيمة علمية في المساعدة على تحديد الهوية وتضييق نطاق الاشتباه.
- 2- تتميز البصمة الميكروبية بدرجة عالية من الثبات والاستقرار على الأسطح المختلفة نتيجة تكوين الأغشية الحيوية، فضلاً عن قدرة بعض أنواع البكتيريا على تكوين أبواغ داخلية تمنحها مقاومة ملحوظة للعوامل الكيميائية، بما يعزز إمكانية الاستفادة منها في التحقيقات الجنائية.
- 3- لا تمثل البصمة الميكروبية بديلاً عن وسائل الإثبات التقليدية، وإنما تعد دليلاً علمياً مكملًا يساهم في معالجة الإشكالات التي تعجز عنها تلك الوسائل، ولا سيما في حالات التوائم المتطابقة، والعينات البيولوجية المختلطة، وتقدير المدة الزمنية المنقضية منذ الوفاة.
- 4- من الناحية القانونية، يمكن تكييف البصمة الميكروبية بوصفها أثراً مادياً حيوياً غير مرئي، يخضع للقواعد العامة للإثبات الجنائي ومبدأ الاقتناع القضائي، وتظل حجيتها رهناً بثبوت سلامة إجراءات جمع العينات وحفظها وتحليلها، والمحافظة على سلسلة الحيازة بما يضمن سلامة الدليل.

ثانياً: المقترحات

- وفي ضوء ما انتهت إليه الدراسة من نتائج، فإنها توصي بما يأتي:
- 1- وضع معايير علمية وإجرائية موحدة لتنظيم مراحل جمع العينات الميكروبية وحفظها ونقلها وتحليلها، بما يضمن الحد من احتمالات التلوث ويرفع من مستوى قبولها أمام القضاء.
 - 2- دعم الدراسات العلمية وإنشاء قواعد بيانات ميكروبية أكثر شمولاً، ولا سيما فيما يتعلق بميكروبيوم الجثث البشرية، بما يساهم في تعزيز موثوقية النتائج ودقتها.
 - 3- تطوير النماذج الإحصائية والمنهجيات التحليلية بما يسمح بالاعتماد على البصمة الميكروبية في تحديد الهوية الفردية بدرجة أعلى من الدقة والاستقلالية.
 - 4- تشجيع توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي في تحليل البيانات الميكروبية، وربطها بعلوم الجينوم الحديثة، بما يساهم في تطوير نماذج تنبؤية أكثر كفاءة في تقدير زمن الوفاة والاستدلال على الأصل الجغرافي للعينات البيولوجية.

المصادر والمراجع:

- أحمد فتحي سرور . (2016). *الوسيط في قانون الإجراءات الجنائية* . القاهرة: دار النهضة العربية.
- القاضي اياد محسن ضمّد . (2021). *القناعة الوجدانية للقاضي*. مقولة منشورة على موقع الرسمي لمجلس القضاء الأعلى بتاريخ 2021/ 8/8 الموقع الإلكتروني، <https://www.sjc.iq/view.68710>، تاريخ الزيارة 2026 / 7 / 8.

- الموقع الالكتروني. (2026). تاريخ الزيارة 2026/7/4. <https://www.crimemuseum.org/crime-library/forensic-investigation/edmond-locard>
- بشرى حسين عطية. (2026). البصمة الميكروبية ودورها في ربط المشتبه بهم بمسرح الجريمة. مقالة منشورة على الموقع الرسمي لجامعة المسقط قبل بتاريخ 1/ 3/ 2026، الموقع الالكتروني: <https://uomus.edu.iq/Department/Details/100758> تاريخ الزيارة 7/ 7/ 2026.
- شيميدت. (2026). قضية الطبيب شيميدت. <https://www.hivlawandpolicy.org/resources/state-v-schmidt-771-so-2d-131-la-ct-app-2000> - on the website تاريخ الزيارة 9/ 7/ 2026.
- عبد الفتاح بيومي حجازي. (2023). الإثبات الجنائي بالأدلة الرقمية والنيولوجية الحديثة. الاسكندرية: دار الفكر الجامعي.
- مأمون سلامة. (2008). الإجراءات الجنائية في التشريع المصري. دار النهضة العربية.
- مجموعة مؤلفين. (2024). الميكروبيوم والبصمة الجرثومية في الفحوصات الجنائية الحديثة. الكويت: المركز العربي لتأليف وترجمة العلوم الصحية، الطبعة 1.
- محمد حسين منصور. (2022). الأدلة العلمية الحديثة في الإثبات الجنائي. الاسكندرية: دار الجامعة الجديدة.
- محمد عبد المحسن جبر. (2026). علامات الموت. بحث منشور على موقع الجامعة المستنصرية، كلية الطب (الطب العدلي)، على الموقع الالكتروني: PM.pdf_47_50_10!05_02_2025_2 تاريخ الزيارة (2026/7/10م).
- يمان الشريف. (2024). الميكروبات تحدد الهوية. فتح جديد قد يقلب موازين الطب الشرعي. مقالة منشورة على موقع الجزيرة: <https://www.aljazeera.net/science> تاريخ الزيارة، 7/ 7/ 2026.
- Clarke, et, al., T. (2026). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2665910724000045#bib10> الموقع الالكتروني 5/ 7/ 2026 تاريخ الزيارة.
- Federal Bureau of Investigation . (2010). (FBI), *Amerithrax Investigative Summary*.
- Fierer, et, al, N. (2010). *Forensic Identification Using Skin Bacterial Communities*. Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS), Vol. 107, No. 14.
- Gilbert, et, al, J. (2018). *Current Understanding of the Human Microbiome*, . Nature Medicine, Vol. 24.
- Girguis, et, al, P. (2021). *Usefulness of Microbiome for Forensic Geolocation: A Review*, . Microorganisms, Vol. 9, No. 12, Article 2587.
- Journal of Forensic and Legal Medicine. (2025). *Applications of microbiology to different forensic scenarios – A narrative review- on the website*. تاريخ الزيارة 6/7/2025: Volume 98, August 2023, 102560. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1752928X23000781>.
- Justine Dees. (2026). *Forensic Microbiology*. مقالة بحثية منشورة على الموقع الالكتروني <https://joyfulmicrobe.com/forensic-microbiologyj> تاريخ الزيارة 4/7/2026.
- Lavinia lancu. (2024). *Andrea Bonicelli & Noemi Procopio, "Decomposition in an Extreme Cold Environment and Associated Microbiome—Prediction Model Implications for the Postmortem Interval Estimation"*. Frontiers in Microbiology, Vol. 15, 2024, Article 1392716. DOI: 10.3389/fmicb.
- Lederberg, J., & McCray, A. (2001). *Ome Sweet `Omics - A genealogical treasury of words*. The Scientist.

- Lopez, C. (2022). *Athina Vidaki , Manfred Kayser, Forensic Science International. Genetics, Integrating the human microbiome in the forensic toolkit: Current bottlenecks and future solutions*, vol. 56.
- Marchesi, J., & Ravel, J. (2015). *The vocabulary of microbiome research. a proposal. Microbiome*.
- National Academies Press. (2014). *Science Needs for Microbial Forensics: Developing Initial International Research Priorities*. on the website:- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK234883/> تاريخ الزيارة (6/7/2026) .
- National Research Council. (2014). *Science Needs for Microbial Forensics. Developing Initial International Research Priorities* (Washington, DC: The National Academies Press).
- Neckovic, et, al., A. (2020). *Challenges in Human Skin Microbial Profiling for Forensic Science. A Review*, Genes, Vol. 11, No. 9.
- Nicholson, et, al, W. (2000). *"Resistance of Bacillus Endospores to Extreme Terrestrial and Extraterrestrial Environments"*. Microbiology and Molecular Biology Reviews, Vol. 64, No. 3.
- Pan, Y., & Lv, Y. (2026). *Challenges and Prospects for the Application of Skin Microbiome to Forensic Individual Identification. A Narrative Review*, Medicine, Science and the Law.
- Roy, D., & Tomo, S. (2021). *Purvi Purohit, and Puneet Setia, Frontiers in Ecology and Evolution, Microbiome in Death and Beyond. Current Vistas and Future Trends*, article, Volume 9.
- Schaked, N., & Javan, G. (2020). *Forensic Microbiology: The Human Microbiome as a Unique Biological Signature for Individual Identification*. Journal of Forensic Sciences, Vol. 65, No. 4.
- Schmedes, et, al, S. (2017). *Forensic human identification using skin microbiomes*. Applied and Environmental Microbiology, 83(22), e01672-17.
- Teixeira, M., & Barbosa, D. (2025). *Ricardo Jorge Dinis-Oliveira, and Ana R. Freitas, Forensic Microbiology, Redefining postmortem interval estimation. the need for evidence-based research to bridge science and justice*, Volume 16 .
- Wilson, et, al, M. (1995). *Validation of mitochondrial DNA sequencing for forensic casework analysis*. Int J Legal Med108.
- Yang, et, al, M. (2025). *Challenges and prospects for the application of skin microbiome to forensic individual identification*. Medicine, Science, and the Law.