

Aktivitas Antibakteri Rebusan Daun Jambu Biji (*Psidium guajava* L.) Terhadap Bakteri Patogen Gram Positif dan Gram Negatif secara *In Vitro*

Adi Antoni^{1*}, Abdullah², Ayus Diningsih³, Haslinah⁴, Alprida Harahap⁵, Nurhalimah Batubara⁶

^{1*}Departemen Keperawatan, Fakultas Kesehatan, Universitas Aupa Royhan

²Departemen Keperawatan, Fakultas Kesehatan, Universitas Aupa Royhan

³ Prodi Farmasi, Fakultas Kesehatan, Universitas Aupa Royhan

^{4,5,6}Departemen Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan, Universitas Aupa Royhan

*Corresponding Author: Adi Antoni

Address: Departemen Keperawatan, Fakultas Kesehatan, Universitas Aupa Royhan, Sumatera Utara, Indonesia

Telepon: 085266874155; Gmail: adiantoni100@gmail.com

Abstrak

Infeksi bakteri masih menjadi masalah kesehatan global yang memerlukan pengembangan agen antibakteri alternatif dari bahan alam. Daun jambu biji (*Psidium guajava* L.) diketahui mengandung berbagai senyawa bioaktif seperti flavonoid, tanin, fenolik, dan terpenoid yang berpotensi sebagai antibakteri. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi aktivitas antibakteri rebusan daun jambu biji terhadap beberapa bakteri patogen secara *in vitro*. Sampel yang digunakan berupa 30 gram daun jambu biji segar yang direbus dan diuji menggunakan metode difusi cakram terhadap *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Enterococcus faecalis*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rebusan daun jambu biji memiliki daya hambat terhadap seluruh bakteri uji dengan diameter zona hambat berturut-turut sebesar 11,12 mm pada *S. aureus*, 10,23 mm pada *E. coli*, 9,27 mm pada *P. aeruginosa*, dan 9,82 mm pada *E. faecalis*. Daya hambat tertinggi ditemukan pada *S. aureus*, sedangkan yang terendah pada *P. aeruginosa*. Temuan ini menunjukkan bahwa rebusan daun jambu biji memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri Gram positif maupun Gram negatif sehingga berpotensi dikembangkan sebagai agen antibakteri alami.

Kata kunci: daun jambu biji, *Psidium guajava*, antibakteri, difusi cakram, bakteri patogen

Pendahuluan

Penyakit infeksi yang disebabkan oleh bakteri masih menjadi salah satu penyebab utama morbiditas dan mortalitas di berbagai negara (World Health Organization [WHO], 2025). Meningkatnya resistensi bakteri terhadap antibiotik telah menjadi tantangan serius dalam pelayanan kesehatan global karena menyebabkan peningkatan angka kesakitan, kematian, serta biaya pengobatan (WHO, 2025;

Murray et al., 2022). Resistensi antimikroba diperkirakan akan terus meningkat apabila tidak dilakukan pengembangan agen antimikroba baru yang efektif dan aman (Laxminarayan et al., 2024). Oleh karena itu, pencarian sumber antibakteri alternatif dari bahan alam menjadi salah satu strategi yang banyak dikembangkan oleh peneliti di berbagai negara (Aslam et al., 2021; WHO, 2024). Penggunaan tanaman obat sebagai sumber

senyawa antimikroba dinilai memiliki potensi besar karena mudah diperoleh, relatif aman, dan telah digunakan secara tradisional oleh masyarakat selama berabad-abad (Altemimi et al., 2022).

Daun jambu biji (*Psidium guajava* L.) merupakan salah satu tanaman tropis yang banyak dimanfaatkan dalam pengobatan tradisional untuk mengatasi diare, luka, peradangan, dan berbagai penyakit infeksi (Sharma et al., 2023). Tanaman ini tersebar luas di kawasan Asia, Afrika, dan Amerika Latin sehingga mudah ditemukan dan dimanfaatkan oleh masyarakat (Naseer et al., 2024). Berbagai penelitian fitokimia menunjukkan bahwa daun jambu biji mengandung flavonoid, tanin, alkaloid, saponin, fenol, triterpenoid, serta minyak atsiri yang berpotensi sebagai agen antibakteri alami (Park et al., 2024; Singh et al., 2023). Kandungan flavonoid diketahui mampu merusak membran sel bakteri dan menghambat sintesis asam nukleat mikroba (Zhang et al., 2021). Tanin dapat menyebabkan denaturasi protein sel bakteri sehingga mengganggu fungsi fisiologis mikroorganisme (Alam et al., 2023). Senyawa fenolik juga dilaporkan mampu meningkatkan permeabilitas membran sel bakteri yang berujung pada kematian sel (Bilal et al., 2024).

Berbagai penelitian melaporkan bahwa daun jambu biji memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri Gram positif maupun Gram negatif (Biswas et al., 2013; Singh et al., 2023). Ekstrak daun jambu biji terbukti mampu menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, dan *Pseudomonas aeruginosa* dengan tingkat efektivitas yang berbeda-beda (Alam et al., 2023). Aktivitas antibakteri tersebut dipengaruhi oleh

metode ekstraksi yang digunakan, jenis pelarut, konsentrasi ekstrak, bagian tanaman yang digunakan, serta karakteristik bakteri uji (Majhi et al., 2023). Penggunaan pelarut organik seperti etanol dan metanol sering menghasilkan aktivitas antibakteri yang lebih tinggi karena mampu mengekstraksi senyawa aktif dalam jumlah lebih besar (Singh et al., 2023). Namun demikian, metode ekstraksi tersebut memerlukan peralatan dan bahan tambahan yang tidak selalu tersedia di masyarakat (Majhi et al., 2023). Sebaliknya, rebusan daun jambu biji merupakan bentuk sediaan tradisional yang lebih sederhana, murah, dan mudah diaplikasikan sehingga berpotensi untuk dimanfaatkan secara luas (Naseer et al., 2024). Meskipun demikian, penelitian mengenai aktivitas antibakteri rebusan daun jambu biji masih relatif terbatas dibandingkan penelitian yang menggunakan ekstrak organik (Park et al., 2024).

Bakteri *Staphylococcus aureus* merupakan penyebab berbagai infeksi kulit, jaringan lunak, pneumonia, dan infeksi nosokomial pada manusia (Tong et al., 2023). *Escherichia coli* merupakan bakteri oportunistik yang sering menyebabkan infeksi saluran kemih, diare, dan sepsis (Murray et al., 2022). *Pseudomonas aeruginosa* dikenal sebagai bakteri yang memiliki tingkat resistensi antibiotik tinggi dan sering menyebabkan infeksi pada pasien dengan sistem imun yang lemah (Pang et al., 2022). Sementara itu, *Enterococcus faecalis* merupakan salah satu penyebab infeksi saluran kemih, endokarditis, dan infeksi terkait pelayanan kesehatan (Fiore et al., 2019). Perbedaan struktur dinding sel antara bakteri Gram positif dan Gram negatif dapat memengaruhi sensitivitas bakteri terhadap

senyawa antibakteri alami (Silhavy et al., 2022). Oleh karena itu, pengujian terhadap beberapa spesies bakteri tersebut dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai spektrum aktivitas antibakteri rebusan daun jambu biji (Alam et al., 2023).

Berdasarkan uraian tersebut, diperlukan penelitian untuk mengevaluasi aktivitas antibakteri rebusan daun jambu biji (*Psidium guajava* L.) terhadap pertumbuhan *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Enterococcus faecalis* menggunakan metode difusi cakram secara *in vitro*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai potensi daun jambu biji sebagai sumber antibakteri alami yang dapat dikembangkan lebih lanjut sebagai alternatif pengendalian infeksi bakteri (WHO, 2024; Park et al., 2024).

Metode Penelitian

Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium dengan rancangan *post-test only design* untuk mengevaluasi aktivitas antibakteri rebusan daun jambu biji terhadap beberapa bakteri patogen.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan meliputi daun jambu biji segar sebanyak 30 gram, media Mueller Hinton Agar (MHA), kultur bakteri *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Enterococcus faecalis*, akuades steril, serta cakram kertas steril.

Alat yang digunakan antara lain timbangan digital, gelas beker, kompor pemanas, autoklaf, inkubator, cawan petri, pinset steril, dan jangka sorong untuk pengukuran zona hambat.

Prosedur Pembuatan Rebusan Daun Jambu Biji

Daun jambu biji segar sebanyak 30 gram dicuci menggunakan air mengalir hingga bersih. Daun kemudian direbus menggunakan akuades hingga diperoleh larutan rebusan yang digunakan sebagai sampel uji antibakteri.

Uji Aktivitas Antibakteri

Aktivitas antibakteri diuji menggunakan metode difusi cakram. Suspensi bakteri diinokulasikan secara merata pada media Mueller Hinton Agar steril. Cakram kertas steril yang telah diberi rebusan daun jambu biji diletakkan pada permukaan media. Selanjutnya media diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Setelah inkubasi selesai, diameter zona hambat yang terbentuk diukur dalam satuan milimeter (mm). Metode difusi cakram merupakan metode yang umum digunakan untuk mengevaluasi aktivitas antibakteri bahan alam terhadap mikroorganisme patogen.

Analisis Data

Data hasil pengukuran zona hambat dianalisis secara deskriptif dan disajikan dalam bentuk tabel.

Hasil

Tabel 1. Diameter Zona Hambat Rebusan Daun Jambu Biji terhadap Bakteri Uji

Bakteri Uji	Diameter Zona Hambat (mm)
<i>Staphylococcus aureus</i>	11,12
<i>Escherichia coli</i>	10,23
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	9,27
<i>Enterococcus faecalis</i>	9,82

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rebusan daun jambu biji mampu menghambat pertumbuhan seluruh bakteri yang diuji. Diameter zona hambat terbesar ditemukan pada *Staphylococcus aureus* (11,12 mm), sedangkan diameter zona hambat terkecil ditemukan pada *Pseudomonas aeruginosa* (9,27 mm). Hasil ini menunjukkan bahwa rebusan daun jambu biji memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri Gram positif maupun Gram negatif.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rebusan daun jambu biji (*Psidium guajava* L.) mampu menghambat pertumbuhan seluruh bakteri uji, yaitu *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Enterococcus faecalis*. Temuan ini mengindikasikan bahwa rebusan daun jambu biji memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri Gram positif maupun Gram negatif. Aktivitas tersebut diduga berkaitan dengan kandungan berbagai metabolit sekunder yang terdapat dalam daun jambu biji, seperti flavonoid, tanin, fenol, saponin, alkaloid, dan terpenoid yang telah banyak dilaporkan memiliki aktivitas antimikroba (Sharma et al., 2023; Park et al., 2024). Keberadaan senyawa-senyawa bioaktif tersebut memungkinkan daun jambu biji digunakan

sebagai sumber antibakteri alami yang berpotensi dikembangkan sebagai alternatif pengendalian infeksi bakteri (Bilal et al., 2024).

Flavonoid merupakan salah satu komponen utama daun jambu biji yang berkontribusi terhadap aktivitas antibakteri. Flavonoid bekerja dengan mengganggu fungsi membran sitoplasma bakteri, menghambat sintesis asam nukleat, serta menghambat aktivitas enzim yang berperan dalam metabolisme mikroorganisme (Zhang et al., 2021). Selain itu, flavonoid mampu membentuk kompleks dengan protein ekstraseluler dan protein dinding sel bakteri sehingga menyebabkan kerusakan struktur sel dan menghambat pertumbuhan mikroba (Singh et al., 2023). Senyawa tanin yang terdapat pada daun jambu biji juga diketahui memiliki kemampuan mengendapkan protein sel bakteri sehingga mengganggu permeabilitas membran dan menyebabkan kematian sel (Alam et al., 2023). Sementara itu, senyawa fenolik dapat menyebabkan denaturasi protein, kerusakan membran sitoplasma, serta meningkatkan permeabilitas membran sehingga komponen penting dalam sel bakteri keluar dan menyebabkan lisis sel (Bilal et al., 2024).

Berdasarkan hasil penelitian, zona hambat terbesar diperoleh pada *Staphylococcus aureus* yaitu sebesar 11,12 mm. Hasil ini menunjukkan bahwa bakteri Gram positif cenderung lebih sensitif terhadap rebusan daun jambu biji dibandingkan bakteri Gram negatif yang diuji. Sensitivitas yang lebih tinggi pada bakteri Gram positif dapat dijelaskan melalui perbedaan struktur dinding sel bakteri. Bakteri Gram positif memiliki lapisan peptidoglikan yang tebal tetapi tidak memiliki membran luar

sehingga senyawa antibakteri lebih mudah menembus dan mencapai target di dalam sel bakteri (Silhavy et al., 2022). Sebaliknya, bakteri Gram negatif memiliki membran luar yang tersusun atas lipopolisakarida yang berfungsi sebagai penghalang fisik terhadap masuknya berbagai senyawa antimikroba (Pang et al., 2022). Kondisi tersebut menyebabkan bakteri Gram negatif umumnya lebih resisten terhadap bahan antibakteri alami dibandingkan bakteri Gram positif (Silhavy et al., 2022).

Temuan penelitian ini sejalan dengan penelitian Biswas et al. (2013) yang melaporkan bahwa ekstrak daun jambu biji menunjukkan aktivitas antibakteri yang lebih kuat terhadap bakteri Gram positif dibandingkan Gram negatif. Penelitian oleh Singh et al. (2023) juga menunjukkan bahwa ekstrak daun jambu biji memiliki efektivitas yang lebih tinggi terhadap *Staphylococcus aureus* dibandingkan beberapa bakteri Gram negatif. Kesamaan hasil tersebut mengindikasikan bahwa kandungan fitokimia daun jambu biji memiliki kemampuan yang konsisten dalam menghambat pertumbuhan bakteri Gram positif, terutama *S. aureus*, yang merupakan salah satu penyebab utama infeksi kulit, jaringan lunak, pneumonia, dan infeksi nosokomial di berbagai fasilitas kesehatan (Tong et al., 2023).

Pada penelitian ini, *Escherichia coli* menunjukkan diameter zona hambat sebesar 10,23 mm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa rebusan daun jambu biji masih memiliki kemampuan dalam menghambat pertumbuhan bakteri Gram negatif meskipun aktivitasnya lebih rendah dibandingkan terhadap *S. aureus*. Kemampuan menghambat *E. coli* menjadi temuan yang penting karena bakteri ini

merupakan salah satu penyebab utama infeksi saluran kemih, diare, dan bakteremia pada manusia (Murray et al., 2022). Aktivitas antibakteri terhadap *E. coli* diduga terjadi melalui kerusakan membran sel dan gangguan metabolisme yang diakibatkan oleh interaksi senyawa fenolik dan flavonoid dengan komponen penyusun dinding sel bakteri (Zhang et al., 2021). Hasil penelitian ini mendukung penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa daun jambu biji memiliki spektrum aktivitas yang cukup luas terhadap berbagai bakteri enterik patogen (Biswas et al., 2013; Alam et al., 2023).

Diameter zona hambat terkecil diperoleh pada *Pseudomonas aeruginosa* yaitu sebesar 9,27 mm. Hasil ini dapat dipahami karena *P. aeruginosa* dikenal sebagai salah satu bakteri yang memiliki tingkat resistensi intrinsik tinggi terhadap berbagai agen antimikroba (Pang et al., 2022). Bakteri ini memiliki sistem pertahanan yang kompleks berupa membran luar yang kurang permeabel, pompa efluks (efflux pump), serta kemampuan membentuk biofilm yang dapat menghambat penetrasi senyawa antibakteri (Pang et al., 2022). Adanya mekanisme pertahanan tersebut menyebabkan senyawa aktif dalam rebusan daun jambu biji tidak dapat bekerja secara optimal dibandingkan pada bakteri Gram positif. Meskipun demikian, terbentuknya zona hambat pada *P. aeruginosa* menunjukkan bahwa rebusan daun jambu biji masih memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri yang dikenal sulit dikendalikan tersebut.

Bakteri *Enterococcus faecalis* pada penelitian ini menunjukkan zona hambat sebesar 9,82 mm. Meskipun lebih rendah dibandingkan *S. aureus*, hasil tersebut

menunjukkan adanya sensitivitas *E. faecalis* terhadap senyawa bioaktif yang terkandung dalam daun jambu biji. *E. faecalis* merupakan bakteri oportunistik yang sering ditemukan sebagai penyebab infeksi saluran kemih, infeksi luka, bakteremia, dan endokarditis, terutama pada pasien dengan kondisi imun yang menurun (Fiore et al., 2019). Aktivitas penghambatan terhadap *E. faecalis* menunjukkan bahwa rebusan daun jambu biji berpotensi memberikan manfaat sebagai agen antibakteri alami terhadap berbagai bakteri patogen yang umum ditemukan pada kasus infeksi klinis.

Berdasarkan klasifikasi kekuatan daya hambat antibakteri, diameter zona hambat yang diperoleh pada penelitian ini termasuk kategori sedang. Hal tersebut menunjukkan bahwa rebusan daun jambu biji memiliki aktivitas antibakteri yang nyata, namun belum sekuat antibiotik standar atau ekstrak pekat yang diperoleh melalui metode ekstraksi menggunakan pelarut organik (Majhi et al., 2023; Singh et al., 2023). Perbedaan tersebut kemungkinan disebabkan oleh konsentrasi senyawa aktif yang lebih rendah pada sediaan rebusan dibandingkan ekstrak hasil pemurnian. Selain itu, proses perebusan dapat menyebabkan sebagian senyawa aktif mengalami degradasi akibat paparan suhu tinggi dalam waktu tertentu (Naseer et al., 2024).

Meskipun demikian, penggunaan rebusan daun jambu biji memiliki keunggulan karena lebih sederhana, murah, mudah dibuat, dan lebih dekat dengan praktik pengobatan tradisional masyarakat. Oleh karena itu, rebusan daun jambu biji berpotensi dikembangkan sebagai bahan antibakteri alami yang dapat dimanfaatkan

sebagai terapi pendukung dalam pengendalian infeksi bakteri. Untuk memperkuat bukti ilmiah, diperlukan penelitian lanjutan yang mengevaluasi konsentrasi hambat minimum (*Minimum Inhibitory Concentration/MIC*), konsentrasi bunuh minimum (*Minimum Bactericidal Concentration/MBC*), identifikasi senyawa aktif dominan, uji toksisitas, serta pengujian efektivitas secara *in vivo* (Majhi et al., 2023; Bilal et al., 2024). Penelitian lanjutan tersebut penting untuk memastikan keamanan dan efektivitas daun jambu biji sebelum dapat direkomendasikan sebagai produk fitofarmaka atau agen antibakteri berbasis bahan alam.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Rebusan daun jambu biji (*Psidium guajava* L.) memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Enterococcus faecalis* secara *in vitro*. Diameter zona hambat tertinggi diperoleh pada *Staphylococcus aureus* sebesar 11,12 mm, sedangkan yang terendah pada *Pseudomonas aeruginosa* sebesar 9,27 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rebusan daun jambu biji berpotensi sebagai sumber antibakteri alami terhadap bakteri Gram positif maupun Gram negatif.

Saran

1. Perlu dilakukan penelitian dengan variasi konsentrasi rebusan daun jambu biji untuk menentukan konsentrasi hambat optimum.

2. Perlu dilakukan identifikasi kandungan fitokimia secara kuantitatif.
3. Perlu dilakukan pengujian Minimum Inhibitory Concentration (MIC) dan Minimum Bactericidal Concentration (MBC).
4. Perlu dilakukan penelitian *in vivo* untuk menguji keamanan dan efektivitas penggunaan rebusan daun jambu biji sebagai agen antibakteri.

Referensi

- Alam, A., Jawaid, T., Alsanad, S. M., Kamal, M., & Balaha, M. F. (2023). Composition, antibacterial efficacy, and anticancer activity of essential oil extracted from *Psidium guajava* (L.) leaves. *Plants*, *12*(2), 246. <https://doi.org/10.3390/plants12020246>
- Altemimi, A. B., Alhelfi, N., Al-Hilphy, A. R. S., & Watson, D. G. (2022). Phytochemicals: Extraction, isolation, and identification of bioactive compounds from plant extracts. *Plants*, *11*(18), 2444. <https://doi.org/10.3390/plants11182444>
- Aslam, B., Wang, W., Arshad, M. I., Khurshid, M., Muzammil, S., Rasool, M. H., Nisar, M. A., Alvi, R. F., Aslam, M. A., Qamar, M. U., Salamat, M. K. F., & Baloch, Z. (2021). Antibiotic resistance: A rundown of a global crisis. *Infection and Drug Resistance*, *14*, 1645–1658. <https://doi.org/10.2147/IDR.S295083>
- Bilal, K., Mehboob, F., Akhtar, N., Mirza, I. A., Okla, M. K., Dar, M. J., Zomot, N., & Fatima, H. (2024). Wound healing, antioxidant and antibacterial activities of polyphenols of *Psidium guajava* L. leaves. *South African Journal of Botany*, *165*, 538–551. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.12.026>
- Biswas, B., Rogers, K., McLaughlin, F., Daniels, D., & Yadav, A. (2013). Antimicrobial activities of leaf extracts of guava (*Psidium guajava* L.) on two Gram-positive and Gram-negative bacteria. *International Journal of Microbiology*, *2013*, 746165. <https://doi.org/10.1155/2013/746165>
- Fiore, E., Van Tyne, D., & Gilmore, M. S. (2019). Pathogenicity of enterococci. *Microbiology Spectrum*, *7*(4), 1–27. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.GPP3-0053-2018>
- Laxminarayan, R., Reif, J., & Pant, S. (2024). The global challenge of antimicrobial resistance and opportunities for intervention. *The Lancet Infectious Diseases*, *24*(2), e67–e78. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(23\)00589-1](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(23)00589-1)
- Majhi, R., Maharjan, R., Shrestha, M., Mali, A., Basnet, A., Baral, M., Duwal, R., Manandhar, R., & Rajbhandari, P. (2023). Effect of altitude and solvent on *Psidium guajava* Linn. leaves extracts: Phytochemical analysis, antioxidant, cytotoxicity and antimicrobial activity against food spoilage microbes. *BMC Chemistry*, *17*(36), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s13065-023-00948-9>
- Murray, C. J. L., Ikuta, K. S., Sharara, F., Swetschinski, L., Robles Aguilar, G., Gray, A., Han, C., Bisignano, C., Rao, P., Wool, E., Johnson, S. C., Browne, A. J., Chipeta, M. G., Fell, F., Hackett, S., Haines-Woodhouse, G., Kashef Hamadani, B. H., Kumaran, E. A. P., McManigal, B., ... Naghavi, M. (2022). Global burden of

bacterial antimicrobial resistance in 2019: A systematic analysis. *The Lancet*, 399(10325), 629–655.

[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02724-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0)

Naseer, S., Hussain, S., Naeem, N., Pervaiz, M., & Rahman, M. (2024). Phytochemistry and pharmacological potential of *Psidium guajava*: A comprehensive review. *Journal of Herbal Medicine*, 43, 100783. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2023.100783>

Pang, Z., Raudonis, R., Glick, B. R., Lin, T. J., & Cheng, Z. (2022). Antibiotic resistance in *Pseudomonas aeruginosa*: Mechanisms and alternative therapeutic strategies. *Biotechnology Advances*, 54, 107807. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2021.107807>

Park, H., Kim, B., Kang, Y., & Kim, W. (2024). Study on chemical composition and biological activity of *Psidium guajava* leaf extracts. *Current Issues in Molecular Biology*, 46(3), 2133–2143. <https://doi.org/10.3390/cimb46030137>

Sharma, H., Gupta, A., & Kumar, V. (2023). Traditional uses, phytochemistry and pharmacological activities of *Psidium guajava*: An updated review. *Phytotherapy Research*, 37(5), 2104–2123. <https://doi.org/10.1002/ptr.7754>

Silhavy, T. J., Kahne, D., & Walker, S. (2022). The bacterial cell envelope. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*,

14(3), a040741. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a040741>

Singh, S., Chidrawar, V. R., Hermawan, D., Nwabor, O. F., Olatunde, O. O., Jayeoye, T. J., Samee, W., Ontong, J. C., & Chittasupho, C. (2023). Solvent-assisted dechlorophyllization of *Psidium guajava* leaf extract: Effects on polyphenol content, antibacterial, anti-inflammatory, and anticancer activities. *South African Journal of Botany*, 158, 166–179. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.04.021>

Tong, S. Y. C., Davis, J. S., Eichenberger, E., Holland, T. L., & Fowler, V. G. (2023). *Staphylococcus aureus* infections: Epidemiology, pathophysiology, clinical manifestations, and management. *Clinical Microbiology Reviews*, 36(1), e00058-22. <https://doi.org/10.1128/cmr.00058-22>

World Health Organization. (2024). *Global research agenda for antimicrobial resistance in human health*. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization. (2025). *Global antimicrobial resistance and use surveillance system (GLASS) report 2025*. Geneva: World Health Organization.

Zhang, Y., Li, X., Wang, Z., Liu, Y., & Chen, J. (2021). Chemical constituents of *Psidium guajava* leaves and their antibacterial activity. *Phytochemistry*, 186, 112746. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2021.112746>