

The Potential of Herbal Agents for Hair Growth: A Mechanism-Based Review of Hair Follicle Stimulation

Wayan Cintya Ganes Budastra^{1*}

¹Program Studi Sarjana Farmasi, Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat, Mataram, Indonesia;

Article History

Received : June 03th, 2025

Revised : June 10th, 2025

Accepted : June 19th, 2025

*Corresponding Author:

Wayan Cintya Ganes

Budastra, Program Studi
Sarjana Farmasi, Universitas
Mataram, Nusa Tenggara
Barat, Mataram, Indonesia;
Email:

cintyaganes@staff.unram.ac.id

Abstract: Hair loss is a common condition that can negatively impact an individual's psychological well-being and overall quality of life. Recent studies have shown that secondary metabolites derived from herbal plants possess potential as natural agents to stimulate hair growth. This review aims to provide a scientific basis for the development of herbal-based hair growth formulations in the future. The literature reviewed was sourced from major scientific databases such as PubMed, Scopus, ScienceDirect, and Google Scholar, with a focus on publications from the last ten years. This review discusses various groups of bioactive compounds including flavonoids, alkaloids, phenolics, polyphenols, phenylpropanoids, and saponins that play a role in follicle regeneration and alopecia prevention. The pharmacological effects of these compounds occur through several mechanisms, such as prolonging the anagen phase of the hair cycle, inhibiting the enzyme 5- α -reductase, enhancing blood circulation via vasodilation, and exhibiting strong antioxidant and anti-inflammatory activities. Findings from in vitro and in vivo studies indicate that these natural compounds show promise in promoting hair growth, although further clinical trials are needed to confirm their efficacy.

Keywords: Hair growth, herbal plants, secondary metabolites.

Pendahuluan

Rambut merupakan bagian penting dari tubuh manusia yang tidak hanya berperan dalam melindungi kulit kepala, tetapi juga memiliki nilai estetika dan sosial yang tinggi. Dalam berbagai kebudayaan, rambut menjadi simbol identitas, status, dan kepercayaan diri. Oleh karena itu, kesehatan rambut berkaitan erat dengan kualitas hidup dan kesejahteraan psikologis seseorang (Moattari & Jafferany, 2022).

Salah satu gangguan kesehatan rambut yang paling umum adalah alopecia, yaitu kondisi berkurangnya jumlah rambut pada area tertentu di kulit kepala atau tubuh. Alopecia dapat dipicu oleh faktor genetik, hormonal, stres oksidatif, peradangan, maupun efek samping obat. Meskipun tidak mengancam jiwa, alopecia sering menimbulkan tekanan psikologis yang signifikan, termasuk kecemasan, depresi, dan menurunnya rasa

percaya diri (Sibbald, 2023). Untuk mengatasi kondisi ini, berbagai terapi telah dikembangkan, baik secara farmakologis maupun non-farmakologis.

Sebagian besar terapi alopecia yang tersedia saat ini berbasis senyawa sintesis, seperti minoksidil dan finasterid, yang meskipun efektif, dapat menimbulkan efek samping dalam jangka panjang, seperti iritasi kulit, gangguan hormonal, dan ketergantungan terhadap penggunaan (Suchonwanit et al., 2019). Hal ini mendorong kebutuhan akan solusi terapeutik yang lebih aman, alami, dan berkelanjutan. Sayangnya, pilihan terapi berbahan alami yang berbasis bukti ilmiah masih terbatas dan belum terdokumentasi secara sistematis.

Senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh tumbuhan mulai mendapat perhatian sebagai alternatif potensial dalam menstimulasi pertumbuhan rambut, seiring meningkatnya minat masyarakat terhadap

produk berbahan alami. Metabolit sekunder seperti flavonoid, alkaloid, polifenol, fenolik, fenilpropanoid, dan saponin tidak hanya menunjukkan beragam aktivitas biologis, tetapi juga mampu mengaktifkan jalur molekuler spesifik yang berperan penting dalam regenerasi folikel rambut (Kesika et al., 2023).

Berbagai mekanisme biologis dalam pertumbuhan rambut telah banyak diteliti, di antaranya stimulasi fase anagen, yaitu fase aktif pertumbuhan rambut dalam siklus folikular. Jalur pensinyalan Wnt/ β -catenin diketahui memainkan peran penting dalam memulai dan mempertahankan fase anagen melalui aktivitas proliferasi sel dermal papilla dan keratinosit (Choi, 2020; Shin, 2022). Inhibisi enzim 5- α -reduktase, yang berperan mengonversi testosterone menjadi dihidrotestosteron (DHT), juga menjadi target penting dalam upaya mencegah kerontokan rambut, terutama pada kasus alopecia androgenetik (Escamilla-Cruz et al., 2023; Yim et al., 2015). Aliran darah yang lancar disekitar folikel rambut menjadi salah satu faktor yang esensial dalam merangsang pertumbuhan rambut. Hal ini berkaitan dengan penghantaran nutrisi dan darah kaya akan oksigen yang dapat memperpanjang fase pertumbuhan (Gupta et al., 2021).

Aktivitas antioksidan dan antiinflamasi dari berbagai senyawa herbal juga berkontribusi dalam menjaga lingkungan mikro folikel rambut dari stres oksidatif dan peradangan kronis, dua faktor utama yang memicu miniaturisasi folikel dan kerontokan rambut (Du et al., 2024). Beberapa penelitian terbaru menunjukkan bahwa senyawa bioaktif dari tanaman seperti flavonoid, alkaloid, fenolik, polifenol, fenilpropanoid, dan saponin memiliki potensi dalam mendukung pertumbuhan rambut melalui mekanisme seperti antioksidan, antiinflamasi, serta penghambatan enzim 5- α -reduktase. Meski demikian, kajian komprehensif yang mengulas secara sistematis potensi ini masih terbatas. Oleh karena itu, tinjauan ini bertujuan untuk mengeksplorasi dan menganalisis literatur ilmiah terkait penggunaan metabolit sekunder dari tanaman herbal sebagai kandidat agen alami untuk menstimulasi pertumbuhan rambut. Urgensi dari penelitian ini adalah

memberikan dasar ilmiah bagi pengembangan formulasi herbal yang aman, efektif, dan berbasis bukti dalam terapi alopecia.

Bahan dan Metode

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan studi *narrative review*. Penelusuran referensi melalui database PubMed, Scopus, Science direct dan Google Scholar untuk menemukan artikel-artikel yang relevan. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian meliputi: “secondary metabolites”, “hair growth”, “hair follicle”, “hair regeneration”, “herbal medicine”, “plant extracts”, “phytochemicals”, “bioactive compounds”, “natural products”, “mechanism of hair growth”, dan “follicular development.” Kriteria inklusi dalam penelitian ini meliputi artikel yang diterbitkan pada rentang tahun 2015–2025, ditulis dalam bahasa Inggris atau Indonesia, serta membahas potensi senyawa metabolit sekunder dari tanaman herbal sebagai agen penumbuh rambut. Kriteria eksklusi mencakup artikel yang terbit sebelum tahun 2015, menggunakan bahasa selain Inggris atau Indonesia, serta tidak memuat pembahasan mengenai aktivitas penumbuh rambut dari metabolit sekunder herbal.

Hasil dan Pembahasan

Metabolit sekunder pada tumbuhan menunjukkan beragam mekanisme dalam mendukung regenerasi folikel rambut. Senyawa-senyawa tersebut, antara lain flavonoid, alkaloid, polifenol, fenolik, fenilpropanoid, dan saponin, mampu mempengaruhi berbagai jalur biologis terkait dengan siklus pertumbuhan rambut. Beberapa mekanisme pertumbuhan rambut diantaranya dapat dilakukan dengan aktivasi jalur Wnt/ β -catenin, inhibisi 5- α -Reduktase, vasodilator serta aktivitas antioksidan dan antiinflamasi. Ringkasan metabolit sekunder potensial dari berbagai tumbuhan yang memiliki potensi sebagai agen penumbuh rambut dipaparkan pada Tabel 1.

Aktivasi jalur Wnt/ β -catenin

Jalur pensinyalan Wnt/ β -catenin berperan krusial dalam pengaturan dinamika berbagai jenis sel folikel rambut, seperti selubung akar luar (Outer Root Sheath/ORS), sel matriks

rambut, dan sel papilla dermis, baik dalam fase morfogenesis maupun regenerasi folikel. Aktivasi jalur ini terbukti menginisiasi fase anagen serta mengontrol keseluruhan siklus pertumbuhan rambut. Mengingat kontribusinya yang signifikan terhadap mekanisme biologis tersebut, Wnt/ β -catenin dipandang sebagai target terapeutik yang menjanjikan dalam Upaya penanggulangan alopecia (Shin, 2022).

Senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid dan alkaloid diketahui berpotensi sebagai penumbuh rambut dengan mekanisme mengaktifkan jalur pensinyalan Wnt/ β -catenin. Flavonoid seperti epigallocatechin-3-gallate (EGCG) yang terdapat pada *C.sinensis* dan *G.elliptica* dilaporkan dapat mengaktifkan jalur pensinyalan Wnt/ β -catenin, yang berperan penting dalam mempercepat transisi folikel rambut dari fase telogen ke fase anagen ((Kang et al., 2016; Noviani et al., 2019). Aktivasi jalur ini dapat meningkatkan proliferasi sel dermal papilla dan memperkuat struktur folikel rambut.

Inhibisi 5- α -Reduktase

Enzim 5- α -Reduktase memiliki peran sentral dalam konversi hormon androgen utama, yaitu testosteron, menjadi bentuk aktif yang lebih kuat, yaitu dihidrotestosteron (DHT). Meskipun keduanya dapat berikatan dengan reseptor androgen, DHT menunjukkan aktivitas biologis yang lebih kuat dibandingkan testosteron. DHT berperan esensial dalam pembentukan genitalia eksternal pria dan perkembangan prostat, termasuk salah satunya kebotakan berpola pada pria (*Male Pattern Hair Loss*) hingga alopecia androgenetik (Ali et al., 2024).

Inhibitor 5- α -reduktase, seperti finasteride dan dutasteride, telah terbukti efektif serta dapat ditoleransi dalam penanganan alopecia. Namun penggunaan jangka panjang dikaitkan dengan sejumlah efek samping, termasuk penurunan libido, gangguan ejakulasi, ginekomastia, peningkatan risiko kanker prostat, dan gejala depresi, yang menjadi pertimbangan penting bagi pasien sebelum menjalani terapi tersebut (Yim et al., 2015). Oleh karena itu, pemanfaatan senyawa alami sebagai alternatif terapeutik untuk alopecia memiliki potensi yang menjanjikan.

Ginsenosida yang berasal dari *P.ginseng* termasuk ke dalam golongan saponin triterpenoid, dengan struktur kimia berupa aglikon triterpena yang terikat pada gugus gula.

Senyawa ini diketahui mampu menghambat aktivitas enzim 5- α -reduktase, sehingga mengurangi konversi testosteron menjadi dihidrotestosteron (DHT), hormon yang berperan dalam proses miniaturisasi folikel pada alopecia androgenetik (Iwabuchi et al., 2024). Senyawa alami lain yang memiliki mekanisme serupa antara lain golongan fenolik, seperti eugenol yang banyak ditemukan dalam *Syzygium aromaticum*, serta golongan alkaloid seperti kafein.

Kedua senyawa ini menunjukkan potensi dalam merangsang pertumbuhan rambut dan menurunkan laju kerontokan yang berkaitan dengan alopecia (Dhurat et al., 2017; Shahtalebi et al., 2016). Selain itu, genistein yang termasuk isoflavon memiliki aktivitas estrogenik yang juga berkontribusi dalam penghambatan enzim 5- α -reduktase (Youssef et al., 2025). Flavonoid seperti quercetin turut menunjukkan efek serupa dalam menghambat enzim tersebut (Myagmar et al., 2018). Buah noni (*Morinda citrifolia*) dilaporkan mengandung alkaloid seperti piperidin dan piperazin yang berperan dalam menghambat 5- α -reduktase, sekaligus merangsang fase anagen pada siklus pertumbuhan rambut (Susanti et al., 2022).

Vasodilator

Minoksidil dikenal sebagai agen vasodilator yang efektif dalam merangsang pertumbuhan rambut melalui relaksasi pembuluh darah, sehingga meningkatkan aliran darah dan distribusi nutrisi ke folikel rambut. Mekanisme kerjanya melibatkan aktivasi saluran kalium sensitif ATP (KATP), yang menyebabkan hiperpolarisasi membran sel dan memicu vasodilatasi. Proses ini menghasilkan pelebaran pembuluh darah serta penurunan tekanan darah sistolik dan diastolik, yang pada akhirnya meningkatkan suplai oksigen dan nutrisi ke folikel rambut, mendukung pertumbuhannya secara optimal (Gupta et al., 2021).

Namun demikian, penggunaan minoksidil jangka panjang dapat menimbulkan efek samping tertentu, sehingga pencarian alternatif berbasis bahan alam menjadi relevan. Beberapa senyawa alami, seperti flavonoid apiin dan fenilpropanoid sinamaldehyd, telah dilaporkan memiliki mekanisme serupa dalam merangsang pertumbuhan rambut (Indriana et al., 2018; Nursiyah et al., 2021). Selain itu, alkaloid yang

terdapat pada *Morinda citrifolia* diketahui meningkatkan sirkulasi darah di kulit kepala dan memperkuat akar rambut (Susanti et al., 2022).

Senyawa β -asaron dari *Acorus calamus* juga menunjukkan potensi sebagai agen vasodilator (Park et al., 2015).

Tabel 1. Ringkasan Metabolit Sekunder Potensial Sebagai Agen Penumbuh Rambut

Metabolit Sekunder	Tumbuhan/Herbal Sumber	Mekanisme Kerja	Pustaka
Flavonoid (Epigallocatechin-3-gallate/EGCG) (Apiin)	<i>Camellia sinensis</i> <i>Apium graveolens</i> L.	Aktivasi jalur Wnt/ β -catenin, stimulasi fase anagen Aktivitas vasodilator, merangsang pertumbuhan rambut	(Noviani et al., 2019) (Nursiyah et al., 2021)
(Glikosida Flavonoid) (Genistein)	<i>Dicerocaryum senecioides</i> <i>Glycine max</i>	Aktivitas antiinflamasi dan peningkatan proliferasi sel Aktivitas esterogenik dan antioksidan	(Rambawasvika et al., 2019) (Youssef et al., 2025)
(Quercetine)	<i>Urticadioica</i>	Inhibisi enzim 5- α -reduktase dan antiinflamasi	(Myagmar et al., 2018)
(Luteteolin, Apigenin)	<i>Eclipta alba</i>	Aktivitas antiinflmasi, dan merangsang proliferasi keratinosit folikel dan menunda diferensiasi terminal	(Begum et al., 2015)
Alkaloid (Caffeine)	<i>Coffea arabica</i>	Inhibisi enzim 5- α -reduktase, mencegah miniaturisasi folikel	(Dhurat et al., 2017)
(Piperidine, Piperazin) (β -asaron)	<i>Morinda citrifolia</i> <i>Acorus calamus</i> var. <i>angustatus</i>	Inhibisi enzim 5- α -reduktase, vasodilator Aktivitas antiinflamasi dan melancarkan sirkulasi darah disekitar folikel	(Susanti et al., 2022) (Park et al., 2015)
Polifenol (Resveratrol)	<i>Vitis vinifera</i> <i>Grateloupia elliptica</i>	Aktivitas antioksidan dan antiinflamasi Aktivasi jalur Wnt/ β -catenin, meningkatkan proliferasi dermal papilla, dan aktivitas antiinflamasi	(Zhang et al., 2021) (Kang et al., 2016)
Fenolik (Eugenol)	<i>Syzigium aromaticum</i>	Aktivitas androgenik, merangsang pertumbuhan rambut	(Shahtalebi et al., 2016)
Fenilpropanoid (Sinamaldehyd)	<i>Cinnamomum burmannii</i>	Aktivitas vasodilator, melancarkan aliran darah disekitar folikel maka dapat meningkatkan pertumbuhan rambut	(Indriana et al., 2018)
Saponin (Ginsenosida)	<i>Panax ginseng</i>	Inhibisi enzim 5- α -reduktase, mencegah miniaturisasi folikel	(Iwabuchi et al., 2024)

Aktivitas Antioksidan dan Antiinflamasi

Salah satu faktor utama yang berperan dalam terjadinya alopesia adalah stres oksidatif. Seiring bertambahnya usia, efektivitas sistem antioksidan endogen tubuh menurun, sehingga tidak optimal dalam menetralkan radikal bebas yang dihasilkan baik dari proses metabolisme normal maupun paparan lingkungan. Kondisi ini diperburuk oleh defisiensi nutrisi penting seperti tembaga, mangan, selenium, dan seng mikronutrien yang berperan dalam pembentukan enzim antioksidan. Kekurangan unsur tersebut umumnya ditandai dengan penipisan rambut.

Melemahnya pertahanan antioksidan menyebabkan akumulasi radikal bebas, yang memicu kerusakan oksidatif, penuaan sel, serta disfungsi folikel rambut yang dapat berujung pada kebotakan (Serruya & Maor, 2021). Di samping itu, peradangan kronis di sekitar folikel rambut turut memengaruhi siklus folikel dan dapat menyebabkan degenerasi serta kerusakan permanen, yang menjadi penyebab utama alopesia (Li et al., 2022). Beberapa senyawa metabolit sekunder seperti polifenol (resveratrol) diketahui memiliki aktivitas antioksidan dan antiinflamasi yang kuat, mampu mengurangi stres oksidatif dan menekan inflamasi di sekitar folikel rambut (Zhang et al., 2021). Berdasarkan Tabel 1, aktivitas serupa juga ditemukan pada kelompok senyawa flavonoid, alkaloid, dan polifenol lainnya

Kesimpulan

Senyawa metabolit sekunder dari berbagai herbal berpotensi kuat sebagai agen penumbuh rambut melalui berbagai mekanisme biologis, seperti stimulasi fase anagen, penghambatan 5 α -reduktase, vasodilator, serta aktivitas antioksidan dan antiinflamasi. Bukti ilmiah terkini menunjukkan peran penting senyawa seperti flavonoid, alkaloid, polifenol, fenolik, fenilpropanoid, dan saponin dalam mendukung pertumbuhan rambut. Maka dari itu, diperlukan penelitian yang berkelanjutan dan komprehensif untuk memastikan efektivitas dan keamanannya dalam aplikasi klinis.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan apresiasi yang sebesar-besarnya kepada rekan sejawat dan

pihak-pihak lain yang telah berkontribusi melalui masukan, diskusi, maupun saran ilmiah yang membangun selama proses penulisan.

Referensi

- Ali, K., Li, W., & Wu, G. (2024). Evolution, classification, structure, and functional diversification of steroid 5 α -reductase family in eukaryotes. *Heliyon*, 10(14), e34322. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e34322>
- Begum, S., Lee, M. R., Gu, L. J., Hossain, J., & Sung, C. K. (2015). Exogenous stimulation with *Eclipta alba* promotes hair matrix keratinocyte proliferation and downregulates TGF- β 1 expression in nude mice. *International Journal of Molecular Medicine*, 35(2), 496–502. <https://doi.org/10.3892/ijmm.2014.2022>
- Choi, B. Y. (2020). Targeting Wnt/ β -Catenin Pathway for Developing Therapies for Hair Loss. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(14), 4915. <https://doi.org/10.3390/ijms21144915>
- Dhurat, R., Chitallia, J., May, T. W., Jayaraaman, A. M., Madhukara, J., Anandan, S., Vaidya, P., & Klenk, A. (2017). An Open-Label Randomized Multicenter Study Assessing the Noninferiority of a Caffeine-Based Topical Liquid 0.2% versus Minoxidil 5% Solution in Male Androgenetic Alopecia. *Skin Pharmacology and Physiology*, 30(6), 298–305. <https://doi.org/10.1159/000481141>
- Du, F., Li, J., Zhang, S., Zeng, X., Nie, J., & Li, Z. (2024). Oxidative stress in hair follicle development and hair growth: Signalling pathways, intervening mechanisms and potential of natural antioxidants. *Journal of Cellular and Molecular Medicine*, 28(12), e18486. <https://doi.org/10.1111/jcmm.18486>
- Escamilla-Cruz, M., Magaña, M., Escandón-Perez, S., & Bello-Chavolla, O. Y. (2023). Use of 5-Alpha Reductase Inhibitors in Dermatology: A Narrative Review. *Dermatology and Therapy*, 13(8), 1721–1731. <https://doi.org/10.1007/s13555-023-00974-4>

- Gupta, A. K., Talukder, M., Venkataraman, M., & Bamimore, M. A. (2021). Minoxidil: A comprehensive review. *Journal of Dermatological Treatment*, 1–11. <https://doi.org/10.1080/09546634.2021.1945527>
- Indriana, L., Pangkahila, W., & Aman, I. G. M. (2018). Topical Application of Cinnamon (cinnamomum burmanii) Essential Oil has The Same Effectiveness as Minoxidil in Increasing Hair Length and Diameter Size of Hair Follicles in Male White Wistar Rats. *Indonesia Journal of Anti-Aging Medicine*, 2(1), 13–16.
- Iwabuchi, T., Ogura, K., Hagiwara, K., Ueno, S., Kitamura, H., Yamanishi, H., Tsunekawa, Y., & Kiso, A. (2024). Ginsenosides in *Panax ginseng* Extract Promote Anagen Transition by Suppressing BMP4 Expression and Promote Human Hair Growth by Stimulating Follicle-Cell Proliferation. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 47(1), 240–244. <https://doi.org/10.1248/bpb.b23-00276>
- Kang, J.-I., Kim, S.-C., Jeon, Y.-J., Koh, Y.-S., Yoo, E.-S., & Kang, H.-K. (2016). Hair-growth promoting effect of Grateloupia elliptica via the activation of Wnt Pathway. *Kor J Phar Macogn*, 47(2), 143–149.
- Kesika, P., Sivamaruthi, B. S., Thangaleela, S., Bharathi, M., & Chaiyasut, C. (2023). Role and Mechanisms of Phytochemicals in Hair Growth and Health. *Pharmaceuticals*, 16(2), 206. <https://doi.org/10.3390/ph16020206>
- Li, Y., Zhou, F., Wang, J., Li, B., Xu, H., Yao, E., & Zhao, L. (2022). Influence of Nanoemulsion Droplet Size of Removing Water Blocking Damage in Tight Gas Reservoir. *Energies*, 15(14), 5283. <https://doi.org/10.3390/en15145283>
- Moattari, C. R., & Jafferany, M. (2022). Psychological Aspects of Hair Disorders: Consideration for Dermatologists, Cosmetologists, Aesthetic, and Plastic Surgeons. *Skin Appendage Disorders*, 8(3), 186–194. <https://doi.org/10.1159/000519817>
- Myagmar, K., Lkhagvasuren, E., & Semchin, M. (2018). Hair Growth Promoting Effect of Urticadioica L. *Central Asian Journal of Medical Sciences*, 4(3), 187–193. <https://doi.org/10.24079/cajms.2018.09.004>
- Noviani, V., Thauresia, S., & Simanjuntak, P. (2019). Uji Aktivitas Tonik Rambut yang Mengandung Fraksi Air yang Mengandung Flavonoid dari Ekstrak Etanol Daun Teh Hijau (Camellia sinensis L.). *Jurnal Farmagazine*, 6(1), 22–28. <https://doi.org/10.47653/farm.v6i1.524>
- Nursiyah, N., Saputri, R. K., & Al-Bari, A. (2021). Hair Growth Activity Test of Hair Tonic that Contain Combination of Green Tea Leaf Extract and Celery Leaf Extract. *Ad-Dawaa' Journal of Pharmaceutical Sciences*, 4(2). <https://doi.org/10.24252/djps.v4i2.25003>
- Park, S.-O., Park, B.-S., & Noh, G.-Y. (2015). Action Mechanism of Natural Plant Extracts for Hair Loss Prevention and Hair Growth Promotion in C57BL/6 Mice. *International Journal of Pharmacology*, 11(6), 588–595. <https://doi.org/10.3923/ijp.2015.588.595>
- Rambwawasvika, H., Dzomba, P., & Gwatidzo, L. (2019). Hair Growth Promoting Effect of Dicerocaryum senecioides Phytochemicals. *International Journal of Medicinal Chemistry*, 2019, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2019/7105834>
- Serruya, R., & Maor, Y. (2021). Hair growth-promotion effects at the cellular level and antioxidant activity of the plant-based extract Phyllotex™. *Heliyon*, 7(9), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07888>
- Shahtalebi, M. A., Sadat-Hosseini, A., & Safaeian, L. (2016). Preparation and evaluation of clove oil in emu oil self-emulsion for hair conditioning and hair loss prevention. *Journal of HerbMed Pharmacology*, 5(2), 72–77.
- Shin, D. W. (2022). The Molecular Mechanism of Natural Products Activating Wnt/β-Catenin Signaling Pathway for Improving Hair Loss. *Life*, 12(11), 1856. <https://doi.org/10.3390/life12111856>
- Sibbald, C. (2023). Alopecia Areata: An Updated Review for 2023. *Journal of Cutaneous Medicine and Surgery*, 27(3), 241–259. <https://doi.org/10.1177/12034754231168839>

- Suchonwanit, P., Thammarucha, S., & Leerunyakul, K. (2019). Minoxidil and its use in hair disorders: A review. *Drug Design, Development and Therapy*, 13, 2777–2786.
<https://doi.org/10.2147/DDDT.S214907>
- Susanti, L., Mustarichie, R., Halimah, E., Kurnia, D., Setiawan, A., & Maladan, Y. (2022). Anti-Alopecia Activity of Alkaloids Group from Noni Fruit against Dihydrotestosterone-Induced Male Rabbits and Its Molecular Mechanism: In Vivo and In Silico Studies. *Pharmaceuticals*, 15(12), 1557.
<https://doi.org/10.3390/ph15121557>
- Yim, E., Nole, K. L. B., & Tosti, A. (2015). 5 α -Reductase inhibitors in androgenetic alopecia. *Current Opinion in Endocrinology, Diabetes & Obesity*, 21(6), 493–498.
<https://doi.org/10.1097/MED.00000000000000112>
- Youssef, A., Al-Mahdy, D. A., Sayed, R. H., Choucry, M. A., & El-Askary, H. (2025). Evaluation of Hair Growth Promoting Activity of Standardized Soybean Extract on Testosterone-Induced Alopecia. *Journal of Medicinal Food*, 28(1), 75–86.
<https://doi.org/10.1089/jmf.2023.0117>
- Zhang, Y., Ni, C., Huang, Y., Tang, Y., Yang, K., Shi, X., Zhang, Y., Li, Z., Wang, J., Zhu, Y., Li, H., Ma, Y., Lin, J., Wang, J., Liu, Q., & Wu, W. (2021). Hair Growth-Promoting Effect of Resveratrol in Mice, Human Hair Follicles and Dermal Papilla Cells. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology, Volume 14*, 1805–1814.
<https://doi.org/10.2147/ccid.s335963>