Jurnal Biologi Tropis

Original Research Paper

Ethanolic Extract of *Dracaena angustifolia* Protects Sperm Concentration of *Mus musculus* Following cigarette smoke exposure

Syamsul Bahri*, Dadi Setiadi, Tri Ayu Lestari, Heru Setiawan, Muhammad Alfianul Hakim, Lalu Zidan Cahyadi

Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia;

Article History

Received : September 22th, 2026

Revised : September 31th, 2026

Accepted : October 05th, 2026

*Corresponding Author:
Syamsul Bahri, Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Mataram, Mataram, Indonesia.
Email:
syamsulsalihu@gmail.com

Abstract: Exposure to cigarette smoke induces oxidative stress, which can reduce sperm concentration. *Dracaena angustifolia* contains natural antioxidants such as flavonoids and chlorophyll that have the potential to protect spermatozoa. This study aimed to determine the effect of *Dracaena angustifolia* leaf ethanolic extract on sperm concentration in mice exposed to cigarette smoke. Forty-eight healthy male balb/c mice were randomly divided into 16 groups (n = 3 per group) using a factorial Completely Randomized Design (CRD). Two factors were combined: the duration of cigarette smoke exposure (0, 5, 15, and 30 minutes) and the dose of *Dracaena angustifolia* leaf ethanolic extract (0, 500, 1000, and 1500 ppm). Sperm concentration was evaluated using an improved Neubauer hemocytometer under a light microscope at 400× magnification. The results of Two-Way ANOVA showed that cigarette smoke exposure had a highly significant effect on reducing sperm concentration ($p = 0.000$; $F = 120.146$). The dose of *Dracaena angustifolia* leaf ethanolic extract also had a highly significant effect on increasing sperm concentration ($p = 0.000$; $F = 87.319$), indicating its protective role in maintaining normal sperm concentration. There was a significant interaction between smoke exposure and extract dose ($p = 0.034$; $F = 2.384$). The flavonoid content, as a free radical scavenger, is thought to prevent lipid peroxidation of the sperm plasma membrane. It can be concluded that the ethanolic extract of *Dracaena angustifolia* leaves has potential as a natural antioxidant to maintain sperm concentration in mice exposed to cigarette smoke.

Keywords: *Dracaena angustifolia;* Cigarette smoke; Flavonoid; Sperm concentration; Oxidative stress.

Pendahuluan

Asap rokok telah lama diketahui mengandung berbagai senyawa yang berbahaya bagi kesehatan. Hal ini disebabkan karena asap rokok mengandung banyak Reactive Oxygen Species (ROS) atau spesies oksigen reaktif serta radikal bebas lain yang masuk langsung ke dalam tubuh saat dihirup. Apabila jumlah radikal bebas berlebih ini melampaui kemampuan alami system kekebalan tubuh dan antioksidan untuk menetralisirnya, memicu terjadinya stres oksidatif. Menurut Hu *et al.* (2023), stres oksidatif dapat mengakibatkan disfungsi dan kerusakan sel, serta inflamasi.

Hasil analisis menunjukkan bahwa asap sampingan memiliki kadar racun yang lebih tinggi dibandingkan dengan asap utama. Senyawa yang terbukti berkadar lebih tinggi diantaranya), nitrosamin (Hoffmann *et al*., 1979), aza-arena (Dong *et al*., 1978) amina aromatik (Patrianakos & Hoffmann 1979), karbon monoksida (CO) (Rickert *et al*., 1984), dan komponen fase gas 1,3-butadiena, akrolein, isoprena, benzena, dan toluena (Brunnemann *et al.,* 1990). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa perokok pasif lebih rentan terpapar racun yang terkandung dalam asap rokok dibandingkan dengan perokok aktif.

Al-Odat dan Al-Fawaeir (2025) menunjukkan bahwa merokok sangat berkaitan dengan penurunan parameter semen dan kadar hormon seks pria. Penurunan tersebut mencakup volume ejakulat, konsentrasi sperma, motilitas total, persentase morfologi normal, serta kadar testosteron dan FSH serum. Fenomena tersebut

This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

© 2026 The Author(s). This article is open access

juga ditemukan oleh Henriques *et al* (2023) yang membuktikan terjadinya penurunan volume dan kualitas semen akibat merokok. Amoah *et al.* (2025) menunjukkan bahwa paparan asap rokok berkaitan erat dengan peningkatan indeks fragmentasi DNA sperma dan penurunan parameter kualitas semen. Kondisi ini dipicu oleh stres oksidatif yang berdampak negatif pada kesuburan pria dan potensi kehamilan.

Dampak negatif asap rokok dapat diatasi dengan mengkonsumsi antioksidan alami atau antioksidan sintesis. Antioksidan ini mampu menetralkan radikal bebas dan melindungi sperma dari ROS (Reactive Oxygen Species). Antioksidan mampu memperlambat atau menghambat proses oksidasi dengan cara menetralkan radikal bebas atau spesies reaktif lainnya sehingga kerusakan sel dapat dicegah. Radikal bebas merupakan molekul reaktif yang memiliki elektron tidak berpasangan dan dapat merusak lipid, protein, serta DNA (Halliwell & Gutteridge., 2015). Stres oksidatif dapat semakin meningkat pengaruhnya ketika produksi ROS melampaui kemampuan antioksidan alami tubuh menetralkannya (Tremellen, 2008; Symeonidis *et al.,* 2021).

Antioksidan alami umumnya berasal dari senyawa bioaktif tumbuhan seperti flavonoid, polifenol, vitamin C, vitamin E, dan karotenoid. Senyawa ini banyak ditemukan pada buah, sayuran, teh, rempah, dan tanaman herbal (Augustyniak *et al*., 2010). Sebaliknya, antioksidan sintetik seperti BHA, BHT, TBHQ, dan propyl gallate dibuat secara kimia dan banyak digunakan dalam industri pangan untuk mencegah oksidasi lemak serta memperpanjang umur simpan produk (Zehiroglu & Sarikaya, 2019).

Salah satu genus tanaman yang terbukti mengandung senyawa antioksidan adalah *Dracaena.* Thu *et al.* (2020) menemunkan bahwa spesies tanaman yang termasuk ke dalam genus *Dracaena* tidak hanya mengandung senyawa antioksidan tetapi juga mengandung senyawa-senyawa yang memiliki potensi analgesik, antinflamasi, antiproliferasi, dan aktivitas sitotoksik. Salah satu tanaman tropis yang telah lama dimanfaatkan dan dikembangkan oleh masyarakat adalah tanaman suji (Dracaena angustifolia), yang penggunaannya mencakup berbagai bidang, antara lain kesehatan, kosmetik, dan pangan. Hasil penelitian Bahri *et al* (2025b) menunjukkan nilai IC_{50} ekstrak etanol spesies ini sebesar 49,14 ppm. Menurut Molyneux (2004) nilai IC_{50} tersebut termasuk dalam kategori sangat kuat. Ekstrak etanol spesies ini positif mengandung senyawa alkaloid, flavonoid dan terpenoid (Bahri *et al*., 2025a).

Flavonoid merupakan kelompok senyawa metabolit sekunder yang memiliki potensi sebagai antioksidan alami. Aktivitas antioksidannya berperan dalam melindungi sel dari kerusakan oksidatif akibat radikal bebas, antara lain melalui mekanisme penangkapan radikal bebas (free radical scavenging) serta modulasi respons inflamasi pada jaringan. Antioksidan yang berasal dari bahan alami berpotensi dikembangkan sebagai alternatif sumber senyawa bioaktif. Namun, aspek keamanan dan kemungkinan efek sampingnya tetap perlu dievaluasi melalui pengujian toksisitas dan kajian biologis lebih lanjut (Hasma & Winda, 2019).

Flavonoid adalah salah satu metabolit sekunder yang memiliki struktur fenolik yang banyak ditemukan di dalam buah, sayuran, dan minuman tertentu. Senyawa ini berkhasiat sebagai antioksidan dan terbukti mampu mengobati berbagai jenis penyakit seperti kanker dan Alzheimer, atherosclerosis (Burak & Imen, 1999; Ovando *et al*., 2009; Lee *et al*.,2009). Oleh karena itu flavonoid merupakan komponen penting dalam produk farmasi, obat-obatan, dan kosmetik. Hasil penelitian Martin-Hidalgo *et al*. (2019) menunjukkkan bahwa penambahan senyawa fenolik dan flavonoid ke dalam media pengencer terbukti efektif melindungi struktur sel, menjaga motilitas, serta mempertahankan viabilitas sperma. Senyawa tersebut terbukti berperan sebagai penangkal radikal bebas atau *reactive oxygen species* (ROS) untuk mengurangi stres oksidatif selama preservasi sperma.

Bahan dan Metode

Penelitian ini dirancang menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial dengan dua faktor perlakuan, yaitu durasi paparan asap rokok dan konsentrasi ekstrak etanol daun suji. Variabel bebas dalam penelitian ini meliputi durasi paparan asap rokok dan konsentrasi ekstrak etanol daun suji, sedangkan variabel terikat yang diamati adalah konsentrasi spermatozoa mencit.

Penelitian melibatkan 16 kombinasi perlakuan dengan tiga ekor mencit sebagai ulangan pada setiap kombinasi, sehingga jumlah keseluruhan hewan coba yang digunakan adalah 48 ekor mencit. Faktor pertama (R) merupakan

durasi paparan asap rokok yang terdiri atas empat taraf, yaitu 0, 5, 15, dan 30 menit. Faktor kedua (S) adalah konsentrasi ekstrak etanol daun suji yang diberikan, dengan empat taraf perlakuan, yaitu 0, 500, 1.000, dan 1.500 ppm. Kombinasi kedua faktor tersebut menghasilkan 16 kelompok perlakuan sebagai berikut:

Kelompok	Perlakuan
R0S0	Tanpa paparan asap rokok dan tanpa pemberian ekstrak (kontrol)
R0S1	Tanpa paparan asap rokok, diberi ekstrak 500 ppm
R0S2	Tanpa paparan asap rokok, diberi ekstrak 1.000 ppm
R0S3	Tanpa paparan asap rokok, diberi ekstrak 1.500 ppm
R1S0	Paparan asap rokok selama 5 menit
R1S1	Paparan asap rokok 5 menit dan pemberian ekstrak 500 ppm
R1S2	Paparan asap rokok 5 menit dan pemberian ekstrak 1.000 ppm
R1S3	Paparan asap rokok 5 menit dan pemberian ekstrak 1.500 ppm
R2S0	Paparan asap rokok selama 15 menit
R2S1	Paparan asap rokok 15 menit dan pemberian ekstrak 500 ppm
R2S2	Paparan asap rokok 15 menit dan pemberian ekstrak 1.000 ppm
R2S3	Paparan asap rokok 15 menit dan pemberian ekstrak 1.500 ppm
R3S0	Paparan asap rokok selama 30 menit
R3S1	Paparan asap rokok 30 menit dan pemberian ekstrak 500 ppm
R3S2	Paparan asap rokok 30 menit dan pemberian ekstrak 1.000 ppm
R3S3	Paparan asap rokok 30 menit dan pemberian ekstrak 1.500 ppm

Prosedur Penelitian

Prosedur pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, yaitu preparasi sampel, ekstraksi, persiapan hewan uji, perlakuan, pembedahan, dan pembuatan preparat sel sperma.

Preparasi Sampel

Daun suji yang telah disiapkan dipotong kecil-kecil kemudian dikeringkan pada suhu ruang hingga kadar air berkurang. Setelah kering, daun suji diblender lalu diayak untuk memperoleh serbuk halus daun suji.

Ekstraksi

Daun suji diperoleh dari kebun salah seorang warga di Kota Madya Mataram. Sampel daun suji yang terkumpul dibersihkan dengan air mengalir, dipotong ukuran 1 x 1 cm, dikeringkan pada suhu ruang, diblender, lalu diayak sehingga berbentuk bubuk. Ekstraksi dilakukan dengan metode maserasi menggunakan etanol 96% dengan rasio 1:4. Proses maserasi dilakukan selama 72 jam dalam botol tertutup dan disimpan di tempat gelap. Setelah itu, rendaman disaring dan dipekatkan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 40°C hingga diperoleh ekstrak kental.

Persiapan Hewan Uji

Hewan yang digunakan pada penelitian ini adalah mencit jantan strain balb/c umur 8 – 10 minggu dengan berat 20 -25 gram yang diperoleh dari Bio Mice and Rat, Denpasar, Bali. Aklimatisasi hewan uji dilakukan selama 1 minggu sehingga hewan uji teradaptasi dengan lingkungan tempat penelitian dilakukan. Selama proses aklimatisasi dan penelitian, hewan ditempatkan dalam kandang plastik ukuran P x L x T = 25 x 20 x 12 cm yang diberi alas sekam, dan diberi makan berupa pakan anak babi (CP 551) dan air minum secara *ad libitum*. Setiap kandang hanya ditempati 1 ekor hewan uji.

Perlakuan Hewan Uji

Rokok yang digunakan mengandung nikotin 2,2 – 2,5 mg/ batang, kadar tar 38 -39 mg/ batang. Perlakuan diberikan selama 14 hari berturut-turut yang diawali dengan menginduksi kerusakan sperma dengan cara memberi paparan asap rokok pada hewan uji yang ditempatkan di dalam kotak plastik tertutup berukuran P x L x T = 75 x 50 x 25 cm yang terhubung dengan aerator. Tiga puluh menit setelah paparan, hewan uji diberi ekstrak etanol daun suji secara oral.

Pembedahan dan Pembuatan Preparat

Penentuan konsentrasi sperma epidimis kauda dilakukan pada hari ke-15. Langkah ini dimulai dengan membunuh hewan secara etis dengan teknik dislokasi leher, mengisolasi sperma epididimis kauda kemudian menghitung konsentrasi sperma dengan improved Neubauer hemocytometer di bawah mikroskop cahaya dengan perbesaran. 400× Jumlah spermatozoa yang diamati sebanyak 100/slide. Penentuan morfologi sperma mengacu pada World Health Organization (2010).

Analisis Data

Data yang terkumpul dianalisis dengan uji ANOVA dua arah (Two-Way ANOVA) pada taraf kepercayaan 95%, dilanjutkan dengan uji Tukey HSD dengan menggunakan aplikasi SPSS.

Hasil dan Pembahasan

Hasil uji *Two-Way ANOVA* menunjukkan bahwa faktor paparan asap rokok, dosis ekstrak etanol daun suji, serta interaksi keduanya memberikan pengaruh yang signifikan terhadap konsentrasi sperma. Paparan asap rokok 30 menit menurunkan konsentrasi sperma secara sangat nyata (F=120.146; p<0.001). Hal ini sesuai dengan temuan Sharma *et al*. (2016) yang menunjukkan bahwa asap rokok menginduksi overproduksi Reactive Oxygen Species (ROS) yang menyebabkan peroksidasi lipid pada membran spermatozoa yang kaya akan polyunsaturated fatty acids (PUFA), sehingga menurunkan konsentrasi dan viabilitas sperma. Nikotin dan kadmium dalam asap rokok juga menghambat enzim SOD dan GPx serta menginduksi apoptosis sel germinal

Pemberian ekstrak etanol daun suji (D. angustifolia) berpengaruh sangat nyata dalam meningkatkan konsentrasi sperma (F=87.319; p<0.001). Daun suji mengandung flavonoid dan klorofil sebagai antioksidan alami. Flavonoid bekerja dengan mendonorkan atom hidrogen untuk menetralisir radikal bebas, melindungi sel Leydig, Sertoli, dan mitokondria sperma untuk menjaga produksi ATP, serta menghambat jalur apoptosis intrinsik melalui penekanan pelepasan cytochrome c dan aktivasi caspase 9/3 (Mishra *et al*., 2024; Qamar *et al*., 2023). Adanya interaksi signifikan (F=2.384; p=0.034) menunjukkan ekstrak suji mampu memodulasi kerusakan akibat asap rokok secara dose-dependent.

Tabel 1. Hasil Uji *Two-Way* ANOVA Konsentrasi Sperma Mencit

Sumber Variansi	df	Mean Square	F	Sig.
PAPARAN	3	62.976	120.146	.000
DOSIS	3	45.770	87.319	.000
PAPARAN X DOSIS	9	1.250	2.384	.034
Error	32	.524		
Total	48			

Faktor paparan asap rokok memiliki nilai signifikansi p < 0,000 dengan nilai F sebesar 120,146. Hal ini menunjukkan bahwa paparan asap rokok berpengaruh nyata terhadap penurunan konsentrasi sperma mencit. Semakin tinggi paparan asap rokok, konsentrasi sperma semakin rendah. Hasil ini sejalan dengan meta-analisis terbaru yang menyatakan bahwa paparan asap rokok secara konsisten menurunkan konsentrasi sperma dan motilitas akibat stres oksidatif sebagai mekanisme utama. Senyawa yang terdapat dalam asap rokok memicu produksi ROS yang berlebih yan menyebabkan peroksidasi lipid membran sperma. Akibatnya, konsentrasi, viabilitas, motilitas, dan morfologi sperma normal menurun. Nikotin yang juga terdapat dalam asap rokok mengganggu spermatogenesis dengan menginduksi stres oksidatif, merusak DNA, dan menyebabkan apoptosis sel germinal sehingga konsentrasi sperma dan motilitas berkurang (Bednarczuk *et al*., 2026).

Dosis ekstrak etanol daun suji juga menunjukkan pengaruh signifikan dengan nilai signifikansi p < 0,001 dan nilai F sebesar 87,319 yang menunjukkan bahwa pemberian ekstrak daun suji meningkatkan konsentrasi sperma. Kandungan antioksidan seperti flavonoid diduga membantu melindungi sel sperma dari kerusakan akibat radikal bebas, sehingga konsentrasi sperma meningkat. Flavonoid melindungi sperma dengan cara mendonorkan atom hidrogen untuk menetralkan radikal bebas, sehingga melindungi sel Leydig dan Sertoli (Gungor *et al*., 2024). Hasil penelitian Qamar *et al.* (2023) menunjukkan bahwa flavonoid, seperti *quercetin,* meningkatkan kemampuan defensif sel sperma terhadap stres oksidatif dan melindungi integritas struktural sperma. Mishra *et al*. (2024) menemukan bahwa flavonoid menekan produksi ROS intraseluler dan menghambat aktivasi jalur apoptosis intrinsik mitokondria.

Adapun interaksi antara paparan asap rokok dan dosis ekstrak daun suji memiliki nilai signifikansi 0,034 < 0,05 dengan nilai F sebesar 2,384. Hal ini menunjukkan bahwa efek ekstrak daun suji terhadap konsentrasi sperma dipengaruhi oleh tingkat paparan asap rokok. Hasil Two-Way ANOVA menunjukkan F paparan asap rokok (120,146) > F dosis ekstrak (87,319), keduanya dengan p = 0,000. Hal ini berarti paparan asap rokok merupakan faktor perusak dominan yang menyebabkan penurunan konsentrasi sperma melalui mekanisme stres oksidatif, peroksidasi lipid membran spermatozoa, dan apoptosis sel germinal. Hal tersebut kemungkinan disebabkan oleh ROS dari asap rokok yang langsung menyerang sel-sel spermatogenik dan menurunkan konsentrasi secara drastis, sedangkan flavonoid pada ekstrak suji bekerja secara tidak langsung melalui peningkatan enzim antioksidan endogen SOD dan GPx, sehingga butuh waktu dan dosis untuk

mencapai efek maksimal. Ekstrak etanol daun suji berperan sebagai faktor protektif dominan kedua yang mampu meningkatkan kembali konsentrasi sperma melalui aktivitas flavonoid dan klorofil sebagai donor hidrogen untuk menetralkan ROS dan melindungi sel Sertoli dan Leydig. Interaksi yang signifikan (p = 0,034) menunjukkan bahwa proteksi ekstrak bersifat dose-dependent terhadap lama paparan.

Tabel 2. Hasil Uji *Post Hoc Tukey* HSD Interaksi Antara Durasi Paparan Asap Rokok dan Dosis Ekstrak Etanol Daun Suji

Interaksi	Rata-Rata Konsentrasi Sperma (juta sel/mL)	**Notasi
R0S0	20.27	fgh
R0S1	21.27	gh
R0S2	22.33	h
R0S3	24.67	i
R1S0	18.07	cde
R1S1	19.07	def
R1S2	20.47	fgh
R1S3	21.33	gh
R2S0	16.07	bc
R2S1	17.87	cd
R2S2	19.60	defg
R2S3	20.13	efg
R3S0	13.73	a
R3S1	15.33	ab
R3S2	17.80	cd
R3S3	19.93	defg

***Tukey* HSD score = 2.1916**

Keterangan:

Kombinasi kedua faktor perlakuan menghasilkan 16 kelompok eksperimen. Kelompok R0S0 berperan sebagai kontrol tanpa paparan asap rokok maupun pemberian ekstrak. Kelompok R0S1, R0S2, dan R0S3 merupakan kelompok yang hanya memperoleh ekstrak etanol daun suji dengan konsentrasi masing-masing 500, 1.000, dan 1.500 ppm tanpa paparan asap rokok.

Kelompok R1, mencit diberikan paparan asap rokok selama 5 menit. R1S0 hanya menerima paparan asap rokok, sedangkan R1S1, R1S2, dan R1S3 masing-masing memperoleh tambahan ekstrak etanol daun suji dengan konsentrasi 500, 1.000, dan 1.500 ppm.

Kelompok R2 mendapatkan paparan asap rokok selama 15 menit. R2S0 hanya diberikan paparan asap rokok, sementara R2S1, R2S2, dan R2S3 mendapatkan ekstrak etanol daun suji dengan konsentrasi berturut-turut 500, 1.000, dan 1.500 ppm.

Selanjutnya, kelompok R3 diberikan paparan asap rokok selama 30 menit. R3S0 hanya menerima paparan asap rokok, sedangkan R3S1, R3S2, dan R3S3 masing-masing diberikan ekstrak etanol daun suji dengan konsentrasi 500, 1.000, dan 1.500 ppm.

**= Angka-angka yang diikuti dengan notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan.

Hasil uji lanjut *Post Hoc Tukey* HSD pada Tabel 2 mengenai interaksi antara durasi paparan asap rokok dan dosis ekstrak etanol daun suji, diperoleh hasil bahwa terdapat perbedaan rata-rata konsentrasi sperma antarkelompok perlakuan yang ditunjukkan oleh perbedaan notasi huruf. Kelompok R3S0 memiliki rata-rata konsentrasi sperma terendah, yaitu 13,73 × 10^6 sel/mL, dengan notasi a yang menunjukkan bahwa paparan asap rokok tertinggi tanpa pemberian ekstrak etanol daun suji menyebabkan penurunan konsentrasi sperma yang paling besar. Penurunan tersebut diduga akibat meningkatnya stres oksidatif yang mengganggu proses spermatogenesis.

Pemberian ekstrak etanol daun suji pada kelompok yang dipaparkan asap rokok menunjukkan adanya peningkatan konsentrasi sperma. Pada kelompok paparan tertinggi, peningkatan terlihat bertahap pada R3S1 (15,33 × 10^6 sel/mL), R3S2 (17,80 × 10^6 sel/mL), hingga R3S3 (19,93 × 10^6 sel/mL). Hasil ini menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis ekstrak etanol daun suji, konsentrasi sperma cenderung meningkat meskipun masih dalam kondisi terpapar asap rokok. Efek tersebut berkaitan dengan kandungan antioksidan yang dapat menetralkan radikal bebas sehingga kerusakan sel sperma akibat paparan asap rokok dapat dikurangi.

Kesimpulan

Ekstrak etanol Dracaena *angustifolia* yang diberikan segera setelah paparan asap rokok mampu mempertahankan konsentrasi sperma mencit yang dipapar asap rokok.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada Kepala beserta seluruh staf Laboratorium Imunologi serta Kepala dan staf Laboratorium Pendidikan Kimia FKIP Universitas Mataram atas dukungan teknis dan kerja sama yang telah diberikan selama pelaksanaan penelitian.

Referensi

Al-Odat, I. A., & Al-Fawaeir, S. (2025). Association between tobacco smoking and semen parameters: A cross-sectional study. *Health Sci Rep.*; 8(6):e70893. doi: 10.1002/hsr2.70893

Amoah, B.Y., Bayamina, S. Y., Gborsong, C., Hubert Owusu, H., Asare, G. A., Yeboah, E. K., Ablakwa, J., Hammond, G. (2025). Modifiable life style factors and male reproductive health: a cross-sectional study in IVF clinic attendees in Ghana. *Front Reprod Health*; 7:1520938. doi: 10.3389/frph.2025.1520938

Augustyniak, A., Bartoz, G., Cipak, A., Duburs, G., Harakova, L., Luczaj, W., Majekova, M., Odysseous, A., Rackova, L., Eskrzydlewska , E., Stefek, M., Strosova, M., Tirzitis, G., Venskutonis, P.R., Viskupicova, J., Vraka, P.S., Zarkovic, N. (2010). Natural and Synthetic Antioxidants: an Updated Overview, *Free Radic Res*, 44(10):1216-62 DOI: 10.3109/10715762.2010.508495

Bahri, S., Setiadi, D., Lestari, T. A., Setiawan, H., Hakim, M.A., Cahyadi, L.M. (2025[a]). Phytochemical Screening of Suji (*Pleomele angustifolia*) Extract. *Jurnal Biologi Tropis*, 25(2), 2395 – 2402. Doi:10.29303/jbt.v25i2.9560

Bahri, S., Setiadi, D., Lesrtari, T.A., Setiawan, H., Hakim, M.A., Cahyadi, L.M. (2025[b]). The comparison of IC50 of Suji (*Pleomele angustifolia*) which is extracted by different solvents. *Jurnal Biologi Tropis,* 25(2), 2403-2409. Doi: 10.29303/jbt.v25i2.9559

Bednarczuk K, Skuza A. I, Góral M, Fidorowicz D, Sagan D, Sergiel K. H, Siedleck R, Torbacka E, Downar-Zapolska M, Mikłaszewicz A. (2026). The Impact of cigarette smoking on semen quality and male fertility: A review of current evidence. International Journal of Innovative Technologies in Social Science, 3(51). *https://doi.org/10.31435/ijitss.3(51).2026.5836*

Brunnemann KD, Kagan MR, Cox JE, Hoffmann D. (1990). Analysis of 1,3-butadiene and other selected gas-phase components in mainstream and sidestream smoke of cigarettes by gas chromatography-mass selective detection. *Carcinogenesis*. 11 (10):1863–8. Doi: 10.1093/carcin/11.10.1863

Burak M & Imen Y (1999) Flavonoids and their antioxidant properties. *Turkiye*

Dong M, Schmeltz I, Jacobs E, Hoffmann D. (1978).Aza-arenes in tobacco smoke. Journal of Analytical Toxicology, 1978; 2 (1):21–5. Doi:10.1093/jat/2.1.21

Gungor S, Kırıkkulak M, Denk B, Mehmet Fuat Gülhan MF, Güleş O, Budak D, İnanç ME, Avdatek F, Yeni D, Taşdemir U. (2024). Potential Protective Effect of Hesperidin (Vitamin P) against Glyphosate-Induced Spermatogenesis Damage in Male Rats: Biochemical and Histopathological Findings on Reproductive Parameters. *Life*; *14*(9), 1190; https://doi.org/10.3390/life14091190

Halliwell, B., & Gutteridge, J. M. C. (2015). *Free Radicals in Biology and Medicine* (5th ed.). Oxford University Press.

Hasma dan Winda. (2019). Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder Ekstrak Kulit Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* L) Dengan Metode KLT. *Jurnal Kesehatan Manarang, 5*(2), 125–131. DOI: 10.33490/ jkm.v9i1.776

Henriques, M. C., Santiago, J., Patricio, A., Herdeiro, M. T., Loureiro, S., Fardhilha, M. (2023). Smoking Induces a Decline in Semen Quality and the Activation of Stress Response Pathways in Sperm. Antioxidants (Basel). 12(10):1828. doi: 10.3390/antiox12101828

Hoffmann D, Adams JD, Brunnemann KD, Hecht SS. (1979). Assessment of tobacco-specific N-nitrosamines in tobacco products. C*ancer Research,*39 (7 Pt 1):2505–9. PMID: 445452

Hu, P.; Li, K.; Peng, X.-X., Kan, Y., Yao, T.-J., Wang, Z.Y., Li, Z., Liu, H.Y.. Cai, D. (2023). Curcumin Derived from Medicinal Homologous Foods: Its Main Signals in Immunoregulation of Oxidative Stress, Inflammation, and Apoptosis. Front. *Immunol.* 14, 1233652. https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1233652

Lee Y, Yuk D, Lee J, et al. (2009) Epigallocatechin-3-gallate prevents lipopolysaccharide-induced elevation of β-amyloid generation and memory deficiency. *Brain Res* 1250, 164–174. https://doi.org/10.1016/j.brainres.2008.10.012

Martin-Hidalgo, D., Bragado, M.J., Batista, A.R., Oliveira, P. F., Alves, M. G.

(2019). Antioxidants and Male Fertility: from Molecular Studies to Clinical Evidence. *Antioxidants (Basel)*, 8(4):89. doi: 10.3390/antiox8040089.

Mishra, R., Nikam A, Hiwarkar J, Nandgude T.D. (2024). Flavonoids as potential therapeutics in male reproductive disorders. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences,* 10(1). DOI:10.1186/s43094-024-00677-3

Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicryl-hydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin J. Sci. Technol*. 26, 211±219

Ovando C, Hernandez D, Hernandez E, et al. (2009) Chemical studies of anthocyanins: a review. *Food Chem* 113, 859–871. Doi: 10.1016/j.foodchem.2008.09.001

Patrianakos C, Hoffmann D. (1979) Chemical studies on tobacco smoke. LXIV: on the analysis of aromatic amines in cigarette smoke. *Journal of Analytical Toxicology*, 3 (4):150–4. DOI: 10.1093/jat/3.4.150

Qamar, M., Naveed M. I, Raza S, Fang X. (2023). Quercetin improves sperm motility and defends against oxidative stress in male infertility. *Antioxidants,* 12(5), 1045. https://doi.org/10.3390/antiox12051045

Rickert WS, Robinson JC, Collishaw N. (1984). Tar, nicotine, and carbon monoxide deliveries in sidestream smoke from 15 brands of Canadian cigarettes. *American Journal of Public Health*. 74 (3):228–31. Doi: 10.2105/AJPH.74.3.228

Sharma, R., Harlev, A., Agarwal, A., & Esteves, S. C. (2016). Cigarette smoking and semen quality: A new meta-analysis examining the effect of the 2010 World Health Organization laboratory methods for the examination of human semen. *European Urology*, 70(4), 635-645. https://doi.org/10.1016/j.eururo.2016.04.010

Symeonidis, E.N., Evgeni, E., Palapelas, V., Koumasi, D., Pyrgidis, N., Sokolakis, I., Hatzichristodoulou, G., Tsiampali, C., Mykoniatis, I., Zachariou, A. (2021). Redox Balance in Male Infertility: Excellence through Moderation. *Antioxidants*, 10:1534. https://doi.org/10.3390/antiox10101534.

Thu, Z. M., Myo, K. K., Aung, H. T., Armijos, C. (2020). Flavonoids and stilbenoids of the genera Dracaena and Sansevieria: A phytochemical review. *Molecules:* 25(110 DOI:10.3390/molecules25112608

Tremellen, K. (2008) Oxidative Stress and Male Infertility—A Clinical Perspective. *Hum. Reprod. Updat*, 14: 243–258. https://doi.org/10.1093/humupd/dmn00

World Health Organization. (2010). WHO laboratory manual for the examination and processing of human semen (5th edition). World Health Organization

Zehiroglu, C., & Sarikaya, S.B.U. (2019). The importance of antioxidants and place in today's scientific and technological studies. *Food Sci Technol*, 56(11):4757–4774. doi: 10.1007/s13197-019-03952-x