

Zingiber officinale Roscoe: Análise Cientimétrica

Zingiber officinale Roscoe: Scientometric Analysis

Emmanuel Ítalo A. Campos,^a  Christiane F. Martins,^a  Liliane de Sousa Silva,^a  José R. de Paula^{a,*} 

^aUniversidade Federal de Goiás,
Faculdade de Farmácia, Laboratório de
Pesquisa de Produtos Naturais, CEP
74605-170, Goiânia-GO, Brasil

*E-mail: jose_realino@ufg.br

Recebido em: 14 de Abril de 2022

Aceito em: 1 de Junho de 2022

Publicado online: 20 de Junho de 2022

The present work carried out scientometric analysis on *Z. officinale*, between the years 2002 to 2021. Bibliometric data were collected from the Web of Science and analyzed by the VOSviewer software. In the last 20 years, there has been a trend of growth in the number of publications, with an average growth rate of 16% and most research based on the areas of Pharmacology Pharmacy, Food Science Technology and Chemistry. India and China were the most productive countries, with research related mainly to pharmacology, chemistry, food technology and the study of medicinal plants associated with ginger. The Egyptian Knowledge Bank was the most influential institution, contributing to the publication of 154 articles on *Z. officinale*. The most productive researcher was Chung-Yi Chen, from Fooyin University in Taiwan and the most cited article define and compare the antioxidant, anti-radical and antimicrobial properties of 11 samples of essential oils, including ginger. Our study exposes important data on *Z. officinale* in the world scientific scenario, in addition to indicating the main areas of study/journals, countries and institutions, authors, most cited articles and network analysis, suggesting the direction of new research on ginger.

Keywords: Zingiberaceae; ginger; medicinal plant; bibliometric; VOSviewer.

1. Introdução

Zingiber officinale Roscoe, Zingiberaceae, conhecida popularmente como gengibre, é uma monocotiledônea de origem asiática, cultivada em regiões tropicais e subtropicais como África, Índia e Indonésia.^{1,2} Caracteriza-se por apresentar pseudocaule, com flores amarelas e rizomas tuberosos, ondulados e nodais, com aspecto amarelado ou marrom, conhecido como gengibre.^{3,4,5} Normalmente, o rizoma é utilizado como alimento ou tempero, além de ser definido como alimento funcional e empregado na medicina tradicional por conta de seus conhecidos benefícios no tratamento de uma grande variedade de doenças.^{6,7}

Alimentos funcionais são aqueles que, além do potencial nutricional, possuem atividades biológicas e fisiológicas responsáveis por promover benefícios à saúde.^{8,7} Nesse sentido, as propriedades medicinais do gengibre incluem atividade anticoagulante, imunomoduladora, antioxidante, antiemética, analgésica, neuroprotetora, nefroprotetora, atividades hepatoprotetoras,^{9,10,11} anti-inflamatórias,^{12,13} e antimicrobianas.^{14,15} Além disso, estudos recentes descrevem sua potencial aplicação para o tratamento de diabetes, câncer, úlcera, Alzheimer, depressão, doenças cardíacas,^{16,17,18} hipertensão, reumatismo, resfriados, faringite, dismenorria, cólica, dispepsia, indigestão,^{1,19} hipercolesterolemia, artrite, artrose, aumento da produção de testosterona, produção e melhora da qualidade do sêmen.^{3,4,20,21,22}

O gengibre fresco é composto por água, carboidratos, fibras, proteínas, lipídios, minerais como potássio, cálcio, fósforo, sódio, ferro e vitaminas.^{16,17} Além disso, contém uma grande variedade de metabólitos secundários voláteis e não voláteis, com cerca de 400 constituintes identificados, dos quais 100 compostos foram isolados. Estes podem ser classificados como compostos pungentes e aromáticos.¹⁹ Os metabólitos pungentes incluem gingerols, shogaols, zingerones, entre outros.¹⁷ Enquanto os compostos aromáticos são divididos entre voláteis e sesquiterpenos. Os metabólitos voláteis incluem monoterpenos como pineno, cumeno e zingiberol, enquanto os sesquiterpenos incluem zingibereno, curcumeno e bisaboleno. Além destes, há diarilheptanoides, compostos fenólicos, derivados de álcool, ésteres, aldeídos, lactonas e cetonas.^{9,16,17,23}

Dada a rica fitoquímica do gengibre, utilizado no tratamento de inúmeras patologias e objeto de estudo de diversos tipos de pesquisas, é de interesse científico mensurar e dimensionar o conhecimento sobre o assunto. Ademais, o gengibre é considerado por pesquisas recentes como objeto de estudo para o tratamento da COVID-19. Tal fato destaca a importância de se pesquisar

uma planta versátil, caracterizada pela presença de diversos metabólitos secundários, com grande interesse terapêutico.

A análise cienciométrica é importante para verificar quantitativa e qualitativamente a estrutura de distribuição das publicações científicas, orientando perspectivas de tendências para campos de pesquisa.²⁴ Dessa forma, a fim de direcionar leitores e pesquisadores a respeito dos principais campos de estudo sobre o gengibre, o objetivo do presente trabalho foi realizar análise cienciométrica sobre *Z. officinale* na base de dados do Web of Science.

2. Metodologia

2.1. Base de dados

As publicações sobre *Z. officinale* foram extraídas da base de dados do Web of Science (WoS) - Clarivate. Para tanto, foram inseridas as palavras-chave “Zingiber” e “officinale” no campo de busca da plataforma e posteriormente, os resultados foram filtrados para artigos de pesquisa e artigos de revisão, compreendidos entre o período de 2002 e 2021.

2.2. Análise de dados

Os seguintes indicadores cienciométricos foram utilizados para coletar dados sobre *Z. officinale*, entre os anos de 2002 e 2021: (i) ano de publicação, (ii) área de pesquisa e periódicos, (iii) contribuições de países e instituições, (iv) citações de autores, (v) artigos mais citados e análise de *network*. O Fator de Impacto (FI) dos periódicos foi obtido do *Journal Citation Reports (JCR) 2020* e a avaliação estatística foi realizada no *software Microsoft Excel*.

Após a coleta de dados, a avaliação cienciométrica foi realizada por meio do software VOSviewer.²⁵ O *software*, desenvolvido na Universidade de Leiden, na Holanda, é uma ferramenta de acesso aberto que permite aos pesquisadores analisar uma ampla gama de redes bibliométricas com base em dados de co-citação, acoplamento bibliográfico ou relações de coautoria de periódicos, autores, publicações,

organizações financiadoras de pesquisas e países.²⁶ Ademais, a literatura pode ser organizada em clusters, onde é possível visualizar o status da pesquisa, pontos com alta densidade e perspectivas de tendências nos campos de pesquisa.²⁷

3. Resultados e Discussão

3.1. Análise cienciométrica

A busca pelo termo “*Zingiber officinale*” gerou como resultado 3400 documentos publicados em diferentes periódicos distribuídos em todas as categorias do WoS. Após a aplicação dos filtros de busca, 511 publicações classificadas como “*Proceedings Papers*”, “*Meeting Abstracts*”, “*Early Access*”, “*Notes*”, “*Letters*” e “*Editorial Materials*” foram excluídas, restando 2.889 documentos, citados 61.809 vezes como referências em publicações. A Figura 1 mostra o número de publicações entre os anos de 2002 e 2021.

Historicamente, o primeiro artigo relatado pela plataforma WoS, sobre *Z. officinale*, é datado de 1969 e visa estudar o gingerol, shogaol e zingerone presentes no gengibre.²⁸ Posteriormente, até 1985, foram publicados no máximo 4 artigos, com aumento nesse número a partir de 1986, atingindo mais de 100 artigos em 2011 e com pico de 346 artigos em 2021. O gráfico de dispersão linear (Figura 1) mostra o número de publicações entre os anos de 2002 e 2021 e ressalta a tendência de crescimento do número de artigos publicados com expectativa de aumento desse número em 2022, uma vez que a taxa média de crescimento para o período é de 16%.

3.1.1. Área de pesquisa e periódicos

O WoS categoriza as áreas de pesquisa mediante indexação e conexão das publicações, por meio da rede de citação de artigos. Neste sentido, 2.889 documentos foram classificados em 99 áreas de pesquisa distribuídas em 1.076 periódicos. As dez categorias com maior número de documentos associados incluem três grandes áreas nos campos de *Pharmacology Pharmacy*, com 22,88% das publicações, *Food Science Technology*, com 16,61%, e

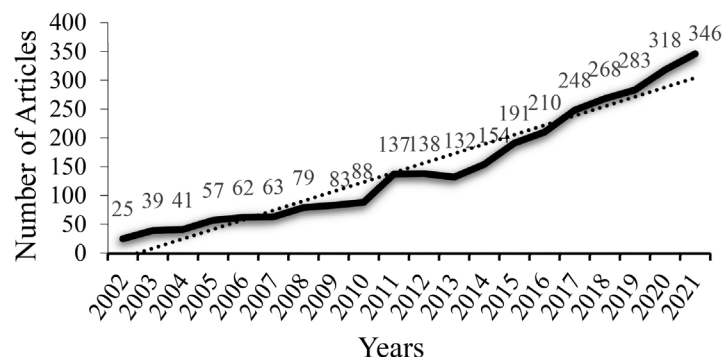


Figura 1. Número de publicações sobre *Z. officinale* na base de dados WoS, entre 2002 e 2021.

Chemistry Medicinal, com 15,02%, totalizando 54,51% (1.575 publicações) dos artigos publicados entre os anos de 2002 e 2021. Em seguida, destacam-se quatro áreas com percentual de publicações semelhantes, iniciando com *Plant Science*, com 11,42% dos artigos, *Agriculture*, com 10,52%, *Biochemistry Molecular Biology*, com 9,65% e *Integrative Complementary Medicine*, com 9,20%. Por fim, as três últimas áreas incluem *Nutrition Dietetics*, com 5,15% das publicações, *Biotechnology Applied Microbiology*, com 4,25% dos artigos e *Science Technology Other Topics*, com 3,73% dos documentos. Desta forma, áreas de pesquisa centradas no estudo das propriedades funcionais de compostos, tais como *Pharmacology Pharmacy*, *Food Science Technology*, *Integrative Complementary Medicine* e *Nutrition Dietetics*, estão presentes entre as dez áreas com maior número de publicações sobre o gengibre, somando 53,84% dos artigos publicados.

As cinco revistas mais produtivas sobre *Z. officinale* publicaram pelo menos 40 documentos entre os anos de 2002 e 2021 (Tabela 1). Observa-se que, apesar de ser a revista mais produtiva no período estudado, o número de documentos publicados pelo *Journal of Ethnopharmacology* representa apenas 2,45% do total de artigos publicados. Além disso, a soma das publicações dos cinco periódicos mais produtivos representa apenas 8,8% do total de documentos, destacando o grande número de artigos publicados sobre gengibre neste período. Ademais, nota-se que o *Total Link Strength*, métrica adotada pelo VOSviewer para indicar a força do link entre duas citações, está relacionado ao FI do periódico. Portanto, quanto mais forte a conexão entre as citações de um periódico, maior o seu fator de impacto.

O escopo dos periódicos mencionados na Tabela 1 está centrado na pesquisa da atividade terapêutica, clínica, farmacológica, toxicológica e nutricional de plantas medicinais, sustentando estudos relacionados a medicina complementar e alternativa, além de avanços no conhecimento da química e bioquímica, vinculados a produtos naturais e alimentos. Assim, nos últimos vinte anos, grande parte das pesquisas científicas sobre o gengibre tem se voltado para o estudo de sua bioatividade e segurança, como forma alternativa e complementar de tratamento médico, além de destacar as propriedades nutricionais desta planta medicinal. Por outro lado, se estendermos a análise para os 20 periódicos mais produtivos, nota-se que a maioria

dos periódicos são voltados para química e bioquímica de alimentos, além do estudo de biologia molecular, medicina molecular e pesquisa de plantas para aplicações industriais.

3.1.2. Contribuições de países e instituições

Entre os anos de 2002 e 2021, a plataforma WoS apontou que 115 países publicaram sobre *Z. officinale*. Limitando a busca para a quantidade mínima de publicações de 15 artigos por país, o número de países reduz para 33, conforme pode ser visto na Figura 2. O mapa da rede de contribuição é composto por 4 clusters de cores diferentes onde, a partir de cada nó ramificam-se linhas que representam a contribuição mútua entre os países, perfazendo uma rede de 485 links. Neste sentido, a relevância de cada nó é dada pela quantidade de documentos publicados, enquanto o número de links entre diferentes países revela a força de colaboração entre eles.

No mapa, o cluster vermelho contém 13 países, seguido dos clusters verde, azul e amarelo, com 9, 7 e 4 países, respectivamente. Índia, China, EUA, Irã e Brasil pertencem aos clusters vermelho, verde e azul e suportam a cooperação com os outros 32 países representados na figura. Esse fato confirma a importância desses países no cenário de publicações sobre o gengibre, além de caracterizá-los como fator de fortalecimento do cluster ao qual cada nação pertence. Por outro lado, o cluster amarelo, formado por apenas 4 países (Argélia, Indonésia, Malásia, Turquia), é o único com apenas um país (Malásia) em colaboração direta com as outras 32 nações.

Índia e China, os maiores difusores do conhecimento sobre o tema estudado, são responsáveis por pesquisas relacionadas principalmente à farmacologia, química e tecnologia de alimentos associadas ao gengibre, com ênfase em pesquisas sobre atividade anti-inflamatória, antineoplásica, antioxidante e antimicrobiana, bem como o estudo de seus compostos bioativos e aplicações na dieta, por exemplo. Completando o grupo dos cinco países que mais publicam, os EUA, Irã e Brasil, depositam atenção em pesquisas relacionadas à farmacologia e química, com o diferencial que os EUA dá ênfase na tecnologia de alimento, o Irã na área da medicina integrativa e o Brasil foca sua pesquisa no campo da agricultura.

No que se refere à contribuição das instituições de pesquisa nas publicações de artigos sobre *Z. officinale*,

Tabela 1. Número de documentos, Citações, *Total Link Strength (TLS)* e Fator de Impacto (FI) dos cinco periódicos mais produtivos sobre *Z. officinale*, entre os anos de 2002 e 2021

Periódico	Número de documentos	Citações	TLS	FI
Journal of Ethnopharmacology	71	3126	396	4,360
Phytotherapy Research	50	1522	557	5,882
Evidence Based Complementary and Alternative Medicine	47	826	326	2,629
Molecules	44	1188	411	4,412
Journal of Agricultural and Food Chemistry	43	1495	499	5,279

Legenda: TLS: *Total Link Strength*; Fator de Impactor (FI)

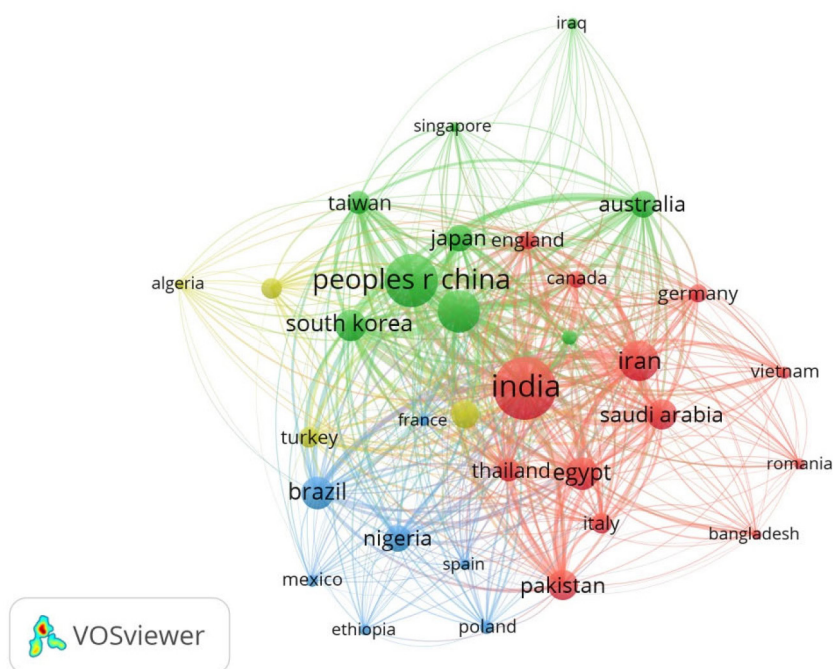


Figure 2. Mapa da contribuição dos países/regiões em publicações sobre *Z. officinale*, entre os anos de 2002 e 2021.

as dez organizações mais promissoras têm a maior parte de suas sedes restritas ao continente asiático, são elas: *Egyptian Knowledge Bank* (154), *Indian Council of Agricultural Research* (80 artigos), *Council of Scientific Industrial Research* (76 artigos), *Islamic Azad University* (51 artigos), *King Saud University* (47 artigos), *Chinese Academy of Sciences* (40 artigos), *University of Agriculture Faisalabad* (40 artigos), *Tehran University of Medical Sciences* (38 artigos), *University Putra Malaysia* (37 artigos) e *Icar-Indian Institute of Spices Research* (32 artigos). Observa-se que duas organizações de origem indiana ocupam posições de destaque e contam com larga vantagem frente as demais no número de publicações, fato evidenciado pelo destaque do nó da Índia no mapa na Figura 2. Outras organizações são de origem egípcia, iraniana, saudita, chinesa, malaia e paquistanesa, o que representa uma certa dispersão em relação à filiação, mas reforça sua concentração na Ásia.

3.1.3. Contribuição dos autores

As publicações selecionadas para este estudo contam com a contribuição de 11.032 autores e coautores, dentre os quais, a Tabela 2 mostra os dez pesquisadores que mais publicaram sobre *Z. officinale*. Nota-se que 7 autores são do continente asiático, enquanto 2 são do continente americano e 1 da Oceania. Este fato corrobora com as informações fornecidas no item 3.1.3 “Contribuições de países/regiões e instituições”, onde se observa que países e instituições de origem asiática ocupam posição de destaque como difusores do conhecimento sobre gengibre.

Chung-Yi Chen foi o pesquisador com maior número de publicações sobre *Z. officinale*, entre os anos de 2002 e 2021, com destaque para pesquisas na área de química medicinal, relacionando a estrutura das substâncias bioativas presentes no gengibre, às suas propriedades biológicas e fisiológicas. Posteriormente, a maioria das publicações dos grupos de pesquisa de Ali Ghasemzadeh e Hawa Z.E. Jaafar

Tabela 2. Nome do Autor, instituição e número de publicações dos dez pesquisadores que mais publicaram sobre *Z. officinale*, entre os anos de 2002 e 2021

Nome do Autor	Instituição	Número de Publicações
Chen, Chung-Yi	Fooyin University, Taiwan	26
Ghasemzadeh, Ali	Universiti Putra Malaysia, Malaysia	19
Jaafar, Hawa Z. E.	Universiti Putra Malaysia, Malaysia	19
Khan, Rifat U.	The University of Agriculture Peshawar, Pakistan	19
Sang, Shengmin	Ctr Excellence Postharvest Technol, USA	16
Roufogalis, Basil D.	University of Sydney, Australia	14
Wang, Ya	Lanzhou University of Technology, People's R. China	14
Li, Yan	Chinese Academy of Sciences, People's R. China	13
Xu, Kun	Shandong Agricultural University, People's R. China	13
Akinyemi, Ayodele	Albert Einstein College of Medicine, USA	12

se basearam nas áreas de bioquímica, biologia molecular e química multidisciplinar, com enfoque para o estudo molecular de produtos naturais de interesse biológico e medicinal. Além disso, os demais autores basearam-se em estudos nas áreas de Tecnologia de Alimentos, Farmacologia, Química Medicinal e Agricultura e Pecuária, com foco no uso de alimentos para aplicações medicinais, estudos farmacêuticos e farmacológicos, além de estudos para uso veterinário.

3.1.4. Artigos mais citados

Os dez artigos sobre *Z. officinale* com maior número de citações, entre os anos de 2002 e 2021, são apresentados na Tabela 3. Estes documentos, somam 4396 citações e envolvem publicações em periódicos de medicina, microbiologia e química de alimentos, aquicultura e medicina de produtos naturais, bem como tecnologia

de recursos naturais. No top 3, o artigo mais citado foi publicado pela *Food Chemistry* e possui 723 citações e média anual de 40,17 citações. No estudo, Sacchetti et al.,²⁹ definem e comparam as propriedades antioxidantes, anti-radicaís e antimicrobianas de 11 amostras de óleos essenciais, incluindo gengibre, goiaba, alecrim e açafrão. Em seguida, pela *Food and Chemical Toxicology*, Ali et al.,³⁰ revisaram as propriedades, constituição e aplicação terapêutica do gengibre, chegando a 719 citações, com média anual de 47,93 citações. Por fim, com 426 citações e média anual de 26,63 em publicação da *Food and Chemical Toxicology*, Shukla e Singh³¹ revisaram indicações para pesquisas futuras, além de estudos químicos, bioquímicos e epidemiológicos da ação do gengibre na prevenção do câncer. Em relação ao demais documentos, artigos originaís e revisões indicaram a capacidade antineoplásica, larvicida, antibacteriana, hipoglicemiante e anti-hipertensiva do

Tabela 3. Posição, título, revista, autores, ano, citações e referências dos dez estudos sobre *Z. officinale* com maior número de citações, entre os anos de 2002 e 2021

Posição	Título	Revista	Autores	Ano	Citações	Referência
1	Comparative evaluation of 11 essential oils of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in foods	Food Chemistry	Sacchetti, G., Maietti, S., Muzzoli, M., Scaglianti, M., Manfredini, S., Radice, M., Bruni, R.	2005	723	29
2	Some phytochemical, pharmacological and toxicological properties of ginger (<i>Zingiber officinale</i> Roscoe): A review of recent research	Food and Chemical Toxicology	Ali, B. H., Blunden, G., Tanira, M. O., Nemmar, A.	2008	719	30
3	Cancer preventive properties of ginger: A brief review	Food and Chemical Toxicology	Shukla, Y., Singh, M.	2007	426	31
4	Anti-tumor promoting potential of selected spice ingredients with antioxidative and anti-inflammatory activities: a short review	Food and Chemical Toxicology	Surh, Y. J.	2002	403	32
5	Use of plant extracts in fish aquaculture as an alternative to chemotherapy: Current status and future perspectives	Aquaculture	Reverter, M., Bontemps, N., Lecchini, D., Banaigs, B., Sasal, P.	2014	393	33
6	Essential oils for the development of eco-friendly mosquito larvicides: A review	Industrial Crops and Products	Pavela, R.	2015	367	34
7	Phenolic compounds, antioxidant activity and in vitro inhibitory potential against key enzymes relevant for hyperglycemia and hypertension of commonly used medicinal plants, herbs and spices in Latin America	Bioresource Technology	Ranilla, L. G., Kwon, Y. I., Apostolidis, E., Shetty, K.	2010	352	35
8	Ginger - An herbal medicinal product with broad anti-inflammatory actions	Journal of Medicinal Food	Grzanna, R., Lindmark, L., Fronzoza, C. G.	2005	348	36
9	Comparative antioxidant and anti-inflammatory effects of [6]-gingerol, [8]-gingerol, [10]-gingerol and [6]-shogaol	Journal of Ethnopharmacology	Dugasani, S., Pichika, M. R., Nadarajah, V. D., Balijepalli, M. K., Tandra, S., Korlakunta, J. N.	2010	335	37
10	Antibacterial activity of extracts from some edible plants commonly consumed in Asia	International Journal of Food Microbiology	Alzoreky, N. S., Nakahara, K.	2003	330	38

gingibre, além de sua eficiência como substituto sustentável em tratamentos químicos para a produção racional de organismos aquáticos. Assim, tais estudos relacionam compostos bioativos, tais como gingeróis e compostos fenólicos, ao potencial antioxidante, anti-inflamatório e inibidor da acetilcolinesterase, responsáveis pela atividade farmacológica do extrato, oleorresina e óleo essencial do gengibre.

4. Análise de Network

4.1. Rede de cocitação de documentos

A análise de cocitação, proposta inicialmente por Small,³⁹ é definida como um estudo que dimensiona a relação entre duas publicações, refletindo tendências nos campos de pesquisa.⁴⁰ Assim, a estrutura de cocitação se baseia no levantamento de objetos de estudo semelhantes, entre dois artigos distintos. Desta forma, quanto maior o número de vezes que dois artigos forem citados em publicações posteriores, maior será a força de cocitação, mostrando a ocorrência de forte semelhança semântica entre eles. Por outro lado, nota-se que ao longo do tempo há uma variação na frequência de cocitação entre os estudos, denotando mudanças na temática dos estudos abordados.^{41,42}

A estrutura de cocitação de publicações sobre *Z. officinale*, entre os anos de 2002 e 2021, é apresentada na Figura 3. Após restringir a um mínimo de 70 citações no VOSviewer, 34 documentos foram agregados em 4 clusters, totalizando 544 links e 5797 *Total Link Strength*. Nesse tipo de análise, as citações são apresentadas por nós e agrupadas em clusters, de acordo com a similaridade do conteúdo da

pesquisa. Por sua vez, o *software* atribui cores aos clusters, sendo o vermelho o mais denso, seguido do verde, azul e amarelo. Assim, forma-se uma rede entre os documentos citados repetidamente e os artigos que os citam. Portanto, quanto maior o número de citações de um artigo, mais expressivo é o seu nó.^{41,43}

Nesse sentido, o cluster azul reúne artigos ligados aos benefícios do gengibre à saúde, tais como seu potencial antioxidante, anti-inflamatório e antimicrobiano. Ainda no cluster azul está o documento com o nó mais expressivo, onde Ali et al.³⁰ revisaram as propriedades fitoquímicas, farmacológicas e toxicológicas do gengibre e concluíram que ele pode ser considerado um fitoterápico seguro, com poucos efeitos colaterais. Além disso, destacaram a importância do gengibre na prevenção de doenças relacionadas aos processos oxidativos e sua utilidade como antiemético no pós-operatório. Os autores também incentivam pesquisas envolvendo a aplicação do gengibre no tratamento do câncer, apontando a necessidade de estudos sobre a cinética e os efeitos de seu consumo contínuo.

Em relação aos demais *clusters*, os documentos pertencentes ao *cluster* vermelho envolveram temas relacionados à etnofarmacologia do gengibre, relacionando estudos sobre seu potencial anti-inflamatório e antiemético, por exemplo. O *cluster* verde agrupa artigos com foco no potencial de inibição da angiogênese por compostos bioativos do gengibre, bem como estudos sobre sua capacidade anti-inflamatória, através da inibição da produção de prostaglandina (PGE2) induzida por lipopolissacarídeo (LPS). Por fim, o cluster amarelo concentra documentos associados à eficácia farmacológica do gengibre como agente anti-inflamatório e antitrombótico, hipoglicemiante, redutor de colesterol e antineoplásico.

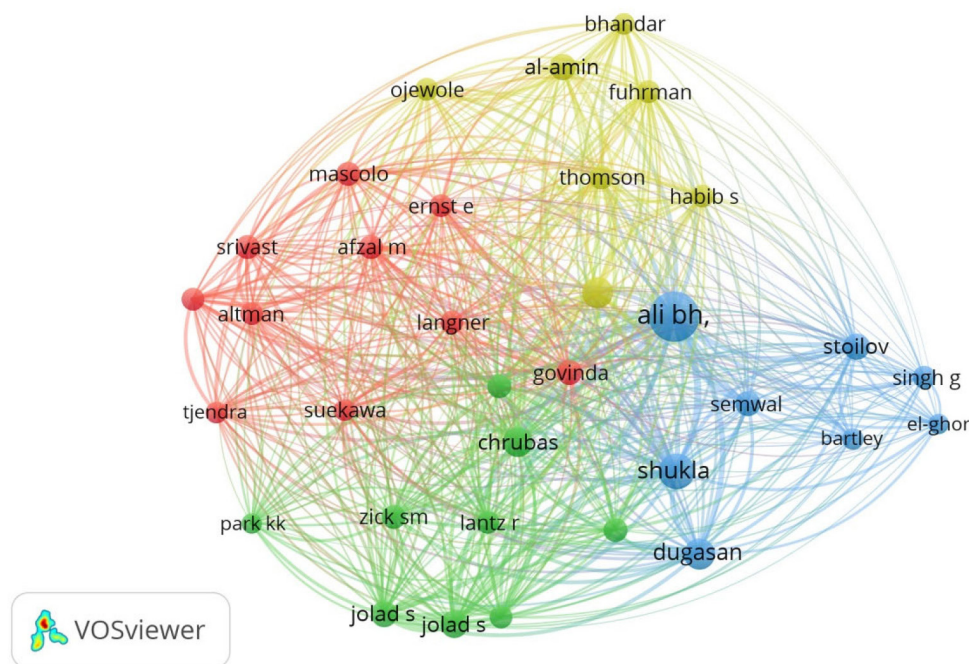


Figura 3. Mapa de cocitação de artigos sobre *Z. officinale*, publicados entre os anos de 2002 e 2021.

Observa-se portanto, que entre os diferentes clusters, há exemplos onde coexistem estudos das atividades biológicas e fisiológicas do gengibre, com distinção quanto ao conteúdo das pesquisas, que podem ser direcionadas, tanto para estudos pré-clínicos baseados em ensaios *in vitro* ou *in vivo*, quanto para análise do perfil fitoquímico do gengibre ou aprendizado etnobotânico, envolvendo o conhecimento popular sobre o uso terapêutico das plantas.

4.2. Cocitação de autores

A fim de expandir a análise de cocitação além da avaliação de documentos, White e Griffith⁴⁴ desenvolveram a avaliação de cocitação voltada para os autores. Semelhante ao processo de avaliação de cocitação de documentos, a análise de cocitação de autores avalia a ocorrência de citação de dois autores “A” e “B”, por um autor “C”. Portanto, quanto mais vezes dois autores são cocitados, maior a possibilidade de se relacionarem e estabelecerem contribuição mútua.⁴⁵ No entanto, segundo Zhao,⁴⁶ como os itens estudados são os próprios autores, esse tipo de análise é mais complexa por que considera itens maiores, menos homogêneos e de autoria múltipla.

A Figura 4 mostra a rede de cocitação dos autores de artigos publicados sobre *Z. officinale*, entre os anos de 2002 e 2021. Após restringir a um mínimo de 100 citações por autor, 41 itens foram agregados em 3 clusters, perfazendo o total de 778 links entre os itens. No mapa, a relevância de cada nó é indicada pelo número de publicações do autor. Nesse sentido, os itens com maior frequência de cocorrência compõem uma forte rede de relacionamento, sendo agrupados em um mesmo cluster.⁴⁷

A rede de cocitação de autores sobre gengibre é composta pelo cluster vermelho, com o maior número de itens, totalizando 18 nós. Em seguida, o cluster verde, com 13 itens, e o azul, com 10 itens. O cluster vermelho exhibe apenas 6 autores com ocorrência de cocitação com todos os itens do mapa. O mesmo ocorre para apenas dois autores dos clusters verde e azul. Assim, dos autores analisados no mapa, poucos mantêm vínculo mútuo e integral com os demais parceiros.

Os autores do cluster vermelho com rede de cocitação mais densa são: Ali, Badreldin H.; Bhandari, Uma; Chrubasik, Sigrun A.; Singh, Gurdeep; Kumar, Amit e Srinivasan, Krishnapura. Dos autores citados, apenas a Chrubasik, S.A. está lotado na Europa, enquanto as demais são do continente asiático. Destes, um é de Omã e o restante da Índia, país com maior número de publicações sobre *Z. officinale*. Além disso, Ali, Badreldin H. é o pesquisador com maior *Total Link Strength*, com 473 cocitações e autor da produção intitulada “Some phytochemical, pharmacological and toxicological properties of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): A review of recent research”, publicada pela Food and Chemical Toxicology, que resume as aplicações terapêuticas mais comuns do gengibre e seus constituintes ativos, conforme mencionado no tópico 4.1 “Rede de cocitação de documentos”.

Em relação ao cluster verde, o autor japonês Kikuzaki, Hiroe é o único com ocorrência de cocitação com os demais autores do mapa, com 181 citações. Para o cluster azul, o autor americano e indiano, Aggarwal, Bharat B. e Baliga, Manjeshwar S., têm força total de link de 620 e 560, e citações totais de 116 e 105, respectivamente. Nota-se que tanto os autores do cluster vermelho quanto os autores

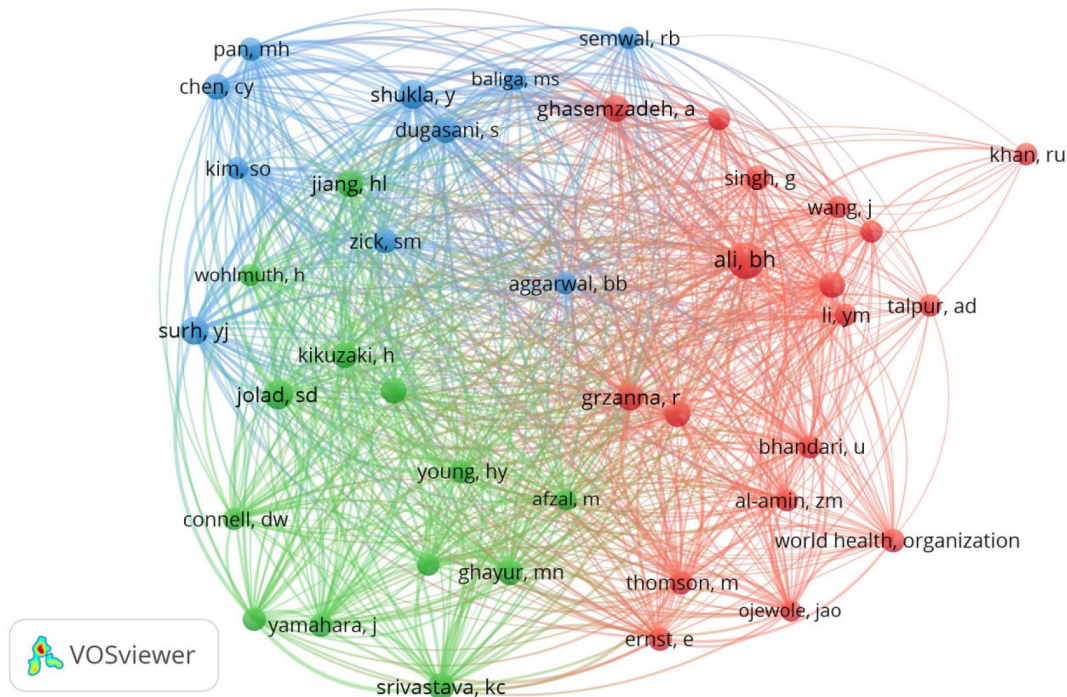


Figura 4. Mapa de cocitação de autores de artigos publicados sobre *Z. officinale*, entre os anos de 2002 e 2021.

citados dos demais *clusters*, são em sua maioria de origem asiática e os únicos em seus *clusters* com ocorrência de cocitação com o restante dos pesquisadores. Este fato é paralelo ao apresentado no tópico 3.1.3 “Contribuições de países e instituições”, onde se observa a relevância dos países asiáticos no cenário das publicações sobre *Z. officinale*.

4.3. Análise de coocorrência de palavras-chave

A análise de co-palavras permite estabelecer uma relação entre campos de pesquisa em diferentes publicações, estudando o padrão criado pela coocorrência de duas palavras-chave. Nesse tipo de avaliação, é possível mensurar a semelhança entre assuntos em diferentes documentos e estabelecer uma rede, composta por *clusters*, agrupados de acordo com a estreita ligação de palavras-chave com assuntos semelhantes. O estudo dessa rede em diferentes ocasiões pode contribuir para direcionar tendências de pesquisas de um determinado campo de estudo.^{45,48}

A Figura 5 mostra a rede de palavras-chave frequentemente utilizadas em publicações sobre *Z. officinale*, entre os anos de 2002 e 2021. A base de dados analisada expôs um agrupamento de mais de 12 mil palavras-chave, mas após restrição a um mínimo de 50 ocorrências da mesma palavra, 64 palavras-chave foram agregadas em 5 *clusters*, perfazendo *Total Link Strength* de 12624 e 1659 links entre os itens da rede.

As 64 palavras-chave selecionadas para este estudo foram subgrupadas nos *clusters* vermelho, verde, azul, amarelo e roxo, com 21, 14, 13, 11 e 5 nós, respectivamente. As cinco

palavras mais citadas são “gingibre” (944 ocorrências), “*Zingiber officinale*” (560 ocorrências), “antioxidante” (283 ocorrências), “extrato” (273 ocorrências) e “estresse oxidativo” (256 ocorrências). Observa-se que para designar o nome da planta medicinal, o termo popular “gingibre” é utilizado de forma recorrente, ao invés do nome científico “*Zingiber officinale*”. Além disso, há uma grande coocorrência de termos referentes ao extrato e à atividade antioxidante do gengibre, denotando campos de estudo explorados com frequência.

Em relação ao núcleo dos assuntos tratados em cada *cluster*, o campo de estudo do *cluster* vermelho está relacionado à aplicação terapêutica e composição química do óleo essencial e extrato de gengibre. Em seguida, o *cluster* verde vincula palavras-chave relacionadas ao campo da pesquisa do câncer, enquanto o *cluster* azul vincula o gengibre a estudos sobre obesidade, colesterol e náusea. Por fim, o *cluster* amarelo está focado na identificação dos metabólitos secundários presentes no gengibre, e o *cluster* roxo agrupa termos relacionados ao efeito antioxidante e a toxicidade do gengibre.

5. Conclusão

O presente estudo cientiométrico, baseado em dados da WoS, indicou uma tendência de crescimento significativo no número de publicações sobre *Z. officinale*, destacando a relevância mundial do assunto, que teve um crescimento médio anual em torno de 16% entre os anos de 2002 e 2021. Nesse período, as três maiores áreas de pesquisa

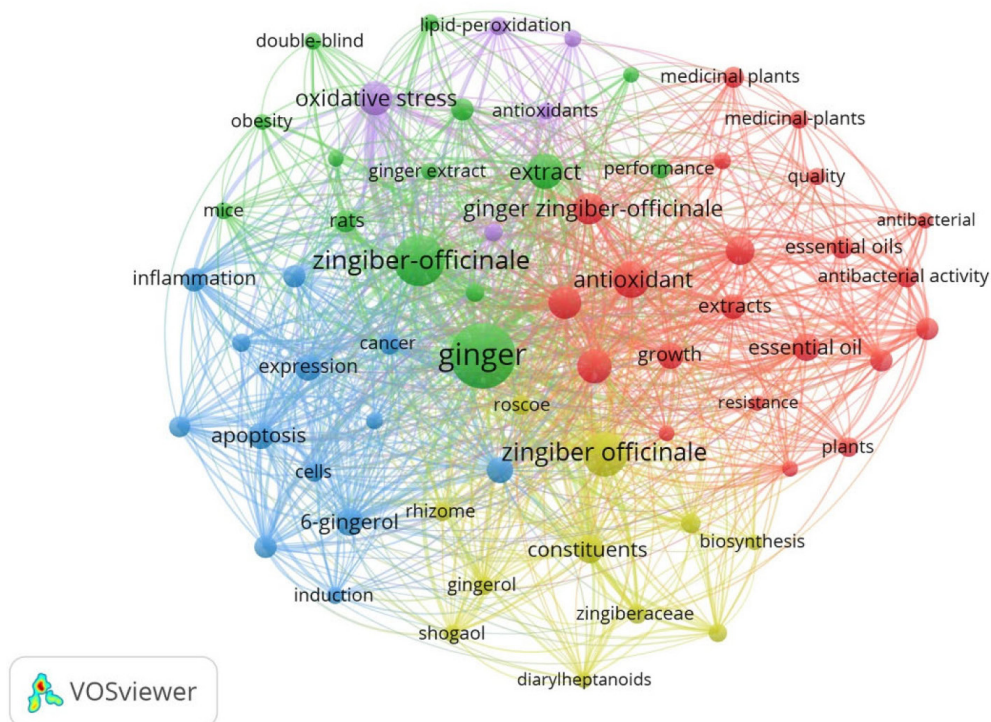


Figura 5. Palavras-chave mais empregadas em artigos sobre *Z. officinale*, entre 2002 e 2021.

foram nas áreas de farmacologia, química e tecnologia de alimentos totalizando 54,51% do número de artigos publicados, entre os anos de 2002 e 2021. O levantamento bibliográfico aprofundado das espécies revelou o aspecto multidisciplinar da pesquisa, onde os periódicos mais produtivos foram baseados na atividade terapêutica, clínica, farmacológica, toxicológica e nutricional das plantas medicinais, além dos avanços no conhecimento da química e bioquímica de produtos naturais e alimentos. Ao todo, no período estudado, 115 países realizaram pesquisas sobre o gengibre. Nesse sentido, Índia e China, ambas do continente asiático, foram as mais produtivas e influentes, seguidas pelos EUA, Irã e Brasil. Duas organizações de origem indiana, o Indian Council of Agricultural Research Icar e o Council of Scientific Industrial Research Csir, ocupam posições de destaque em número de publicações, reiterando a importância deste país no cenário de publicações sobre o tema estudado. O pesquisador mais produtivo no período foi Chung-Yi Chen, da Universidade Fooyin, em Taiwan, e o artigo “Comparative evaluation of 11 essential oils of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in foods”, publicado pela *Food Chemistry*, foi o mais citado. Nele, Sacchetti et al.,²⁹ estudaram e compararam as propriedades antioxidantes, anti-radicais e antimicrobianas de 11 amostras de óleos essenciais, incluindo o gengibre. A análise de colaboração com o *software* VOSviewer revelou uma ligação entre os artigos mais citados e a rede de cocitação de documentos e autores. Além disso, a ocorrência frequente das palavras gengibre, *Zingiber officinale*, antioxidante, extrato e estresse oxidativo foi evidenciada nas respectivas publicações. Dessa forma, nosso estudo é relevante por expor dados sobre a importância do gengibre no cenário científico mundial, bem como indicar as principais áreas de estudo/periódicos, países e instituições, autores, artigos e rede mais citados, sugerindo a direção de novos estudos nesse campo de pesquisa.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao revisor anônimo que nos ajudou a melhorar o manuscrito, com os seus comentários. Este estudo recebeu apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG). Este estudo foi financiado em parte pela CAPES, Código de Finanças 001.

Referências Bibliográficas

- Li, H.; Liu, Y.; Luo, D.; Ma, Y.; Zhang, J.; Li, M.; Yao, L.; Shi, X.; Liu, X.; Yang, K.; Ginger for health care: An overview of systematic reviews. *Complementary Therapies in Medicine* **2019**, *45*, 114. [Crossref] [PubMed]
- Li, M. Q.; Hu, X. Y.; Wang, Y. Z.; Zhang, X. J.; Li, J. P.; Song, Z. M.; Liu, Y. F.; Feng, W. S.; Qualitative analysis on chemical constituents from different polarity extracted fractions of the pulp and peel of ginger rhizomes by ultra-high-performance liquid chromatography coupled with electrospray ionization quadrupole time-of-flight tandem mass spectrometry. *Rapid Communications Mass Spectrometry* **2021**, *35*, e9029. [Crossref] [PubMed]
- Arablou, T.; Aryaeian, N.; The effect of ginger (*Zingiber officinale*) as an ancient medicinal plant on improving blood lipids. *Journal of Herbal Medicine* **2018**, *12*, 11. [Crossref]
- Nutakor, C.; Essiedu, J. A.; Adadi, P.; Kanwugu, O. N.; Ginger Beer: An Overview of Health Benefits and Recent Developments. *Fermentation* **2020**, *6*, 102. [Crossref]
- Mahomoodally, M. F.; Aumeeryddy, M. Z.; Rengasamy, K. R. R.; Roshan, S.; Hammad, S.; Pandohee, J.; Hu, X.; Zengin, G.; Ginger and its active compounds in cancer therapy: From folk uses to nano-therapeutic applications. *Seminars in Cancer Biology* **2021**, *69*, 140. [Crossref] [PubMed]
- Banihani, S. A.; Ginger and Testosterone. *Biomolecules* **2018**, *8*, 119. [Crossref] [PubMed]
- Banwo, K.; Olojede, A. O.; Adesulu-Dahunsi, A. T.; Verma, D. K.; Thakur, M.; Tripathy, S.; Singh, S.; Patel, A. R.; Gupta, A. K.; Aguilar, C. N.; Utama, G. L.; Functional importance of bioactive compounds of foods with Potential Health Benefits: A review on recent trends. *Food Bioscience* **2021**, *43*, 101320. [Crossref]
- Venkatakrishnan, K.; Chiu, H. F.; Wang, C. K.; Popular functional foods and herbs for the management of type-2-diabetes mellitus: A comprehensive review with special reference to clinical trials and its proposed mechanism. *Journal of Functional Foods* **2019**, *57*, 425. [Crossref]
- Syafitri, D. M.; Levita, J.; Mutakin, M.; Diantini, A.; A Review: Is Ginger (*Zingiber officinale* var. Roscoe) Potential for Future Phytomedicine? *Indonesian Journal of Applied Sciences* **2018**, *8*. [Crossref]
- Mao, Q. Q.; Xu, X. Y.; Cao, S. Y.; Gan, R. Y.; Corke, H.; Beta, T.; Li, H. B.; (2019). Bioactive Compounds and Bioactivities of Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Foods* **2019**, *8*, 185. [Crossref] [PubMed]
- Mele, M. A.; Bioactive compounds and biological activity of ginger. *Journal of Multidisciplinary Sciences* **2019**, *1*, 1. [Crossref] [PubMed]
- Melo, G. A. N.; Grespan, R.; Fonseca, J. P.; Farinha, T. O.; Silva, E. L.; Romero, A. L.; Bersani-Amado, C. A.; Cuman, R. K. N.; Inhibitory effects of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) essential oil on leukocyte migration in vivo and in vitro. *Journal of Natural Medicines* **2011**, *65*, 241. [Crossref] [PubMed]
- Morvaridzadeh, M.; Fazelian, S.; Agah, S.; Khazdouz, M.; Rahimlou, M.; Agh, F.; Potter, E.; Heshmati, S.; Heshmati, J.; Effect of ginger (*Zingiber officinale*) on inflammatory markers: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Cytokine* **2020**, *135*, 155224. [Crossref] [PubMed]
- Ban, Z.; Zhang, J.; Li, L.; Luo, Z.; Wang, Y.; Yuan, Q.; Zhou, B.; Liu, H.; Ginger essential oil-based microencapsulation as an efficient delivery system for the improvement of Jujube (*Ziziphus*

- jujuba* Mill.) fruit quality. *Food Chemistry* **2020**, *306*, 125628. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
15. Adullahi, A.; Ahmad, K.; Ismail, I. S.; Asib, N.; Ahmed, O. H.; Abudakar, A. I.; Siddiqui, Y.; Ismail, M. R.; Potential of Using Ginger Essential Oils-Based Nanotechnology to Control Tropical Plant Diseases. *The Plant Pathology Journal* **2020**, *36*, 515. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
 16. Beristain-Bauza, S. D. C.; Hernández-Carranza, P.; Cid-Pérez, T. S.; Ávila-Sosa, R.; Ruiz-López, I. I.; Ochoa-Velasco, C. E.; Antimicrobial Activity of Ginger (*Zingiber officinale*) and Its Application in Food Products. *Food Reviews International* **2019**, *35*, 407. [[Crossref](#)]
 17. Li, X.; Ao, M.; Zhang, C.; Fan, S.; Chen, Z.; Yu, L.; *Zingiberis Rhizoma Recens*: A Review of Its Traditional Uses, Phytochemistry, Pharmacology, and Toxicology. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* **2021**, *2021*, ID 6668990. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
 18. Garcia-Oliveira, P.; Fraga-Corral, M.; Pereira, A. G.; Lourenço-Lopes, C.; Jimenez-Lopes, C.; Prieto, M. A.; Simal-Gandara, J.; Scientific basis for the industrialization of traditionally used plants of the Rosaceae Family. *Food Chemistry* **2020**, *330*, 127197. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
 19. Bodagh, M. N.; Maleki, I.; Hekmatdoost, A.; Ginger in gastrointestinal disorders: A systematic review of clinical trials. *Food Science & Nutrition* **2019**, *7*, 96. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
 20. Elakkiya, V.; Krishnan, K.; Bhattacharyya, A.; Selvakumar, R.; Advances in Ayurvedic medicinal plants and nanocarriers for arthritis treatment and management: A review. *Journal of Herbal Medicine* **2020**, *24*, 100412. [[Crossref](#)]
 21. Seif, M.; El-Aziz, T. A.; Sayed, M.; Wang, Z.; *Zingiber officinale* ethanolic extract attenuates oxidative stress, steroidogenic gene expression alterations, and testicular histopathology induced by sodium arsenite in male rats. *Environmental Science and Pollution Research* **2021**, *28*, 19783. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
 22. Banihani, S. A.; Effect of ginger (*Zingiber officinale*) on semen quality. *Andrologia* **2019**, *51*, e13296. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
 23. Iwami, M.; Shiina, T.; Hirayama, H.; Shima, T.; Takewaki, T.; Shimizu, Y.; Inhibitory effects of zingerone, a pungent component of *Zingiber officinale* Roscoe, on colonic motility in rats. *Journal of Natural Medicines* **2011**, *65*, 89. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
 24. Zheng, Y.; Zhang, W.; Lopez, D. M. B.; Ahmad, R.; Scientometric Analysis and Systematic Review of Multi-Material Additive Manufacturing of Polymers. *Polymers* **2021**, *13*, 1957. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
 25. Van Eck, N. J.; Watman, L.; Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics* **2010**, *84*, 523. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
 26. Shah, S. H. H.; Lei, S.; Ali, M.; Doronin, D.; Hussain, T.; Presumption: bibliometric analysis using HistCite and VOSviewer. *Kybernetes* **2020**, *49*, 1020. [[Crossref](#)]
 27. Van Eck, N. J.; Watman, L.; Citation-based clustering of publications using CitNetExplorer and VOSviewer. *Scientometrics* **2017**, *111*, 1053. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
 28. Connell, D. W.; Sutherland, M. D.; A re-examination of gingerol, shogaol, and zingerone, the pungent principles of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Australian Journal of Chemistry* **1969**, *22*, 1033. [[Crossref](#)]
 29. Sacchetti, G.; Maietti, S.; Muzzoli, M.; Scaglianti, M.; Manfredini, S.; Radice, M.; Bruni, R.; Comparative evaluation of 11 essential oils of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in foods. *Food Chemistry* **2005**, *91*, 621. [[Crossref](#)]
 30. Ali, B. H.; Blunden, G.; Tanira, M. O.; Nemmar, A.; Some phytochemical, pharmacological and toxicological properties of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): A review of recent research. *Food and Chemical Toxicology* **2008**, *46*, 409. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
 31. Shukla, Y.; Singh, M.; Cancer preventive properties of ginger: A brief review. *Food and Chemical Toxicology* **2007**, *45*, 683. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
 32. Surh, Y. J.; Anti-tumor promoting potential of selected spice ingredients with antioxidative and anti-inflammatory activities: a short review. *Food and Chemical Toxicology* **2002**, *40*, 1091. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
 33. Reverter, M.; Bontemps, N.; Lecchini, D.; Banaigs, B.; Sasal, P.; Use of plant extracts in fish aquaculture as an alternative to chemotherapy: Current status and future perspectives. *Aquaculture* **2014**, *433*, 50. [[Crossref](#)]
 34. Pavela, R.; Essential oils for the development of eco-friendly mosquito larvicides: A review. *Industrial Crops and Products* **2015**, *76*, 174. [[Crossref](#)]
 35. Ranilla, L. G.; Kwon, Y. I.; Apostolidis, E.; Shetty, K.; Phenolic compounds, antioxidant activity and in vitro inhibitory potential against key enzymes relevant for hyperglycemia and hypertension of commonly used medicinal plants, herbs and spices in Latin America. *Bioresource Technology* **2010**, *101*, 4676. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
 36. Grzanna, R.; Lindmark, L.; Frondoza, C. G.; Ginger - An herbal medicinal product with broad anti-inflammatory actions. *Journal of Medicinal Food* **2005**, *8*, 125. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
 37. Dugasani, S.; Pichika, M. R.; Nadarajah, V. D.; Balijepalli, M. K.; Tandra, S.; Korlakunta, J. N.; Comparative antioxidant and anti-inflammatory effects of [6]-gingerol, [8]-gingerol, [10]-gingerol and [6]-shogaol. *Journal of Ethnopharmacology* **2010**, *127*, 515. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
 38. Alzoreky, N. S.; Nakahara, K.; Antibacterial activity of extracts from some edible plants commonly consumed in Asia. *International Journal of Food Microbiology* **2003**, *80*, 223. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
 39. Small, H.; Co-citation in the scientific literature: A new measure of the relationship between two documents. *Journal of the American Society for Information Science* **1973**, *24*, 265. [[Crossref](#)]
 40. Liu, Y.; Hu, G.; Mapping the field of English for specific purposes (1980– 2018): A co-citation analysis. *English for Specific Purposes* **2021**, *61*, 97. [[Crossref](#)]
 41. Mengmeng, W.; Xiaojun, L.; Hanliang, F.; Baiyu, C.; Scientometric of Nearly Zero Energy Building Research: A Systematic Review from the Perspective of Co-Citation Analysis. *Journal of Thermal Science* **2019**, *28*, 1104. [[Crossref](#)]
 42. Qian, G.; Scientometric sorting by importance for literatures

- on life cycle assessments and some related methodological discussions. *The International Journal of Life Cycle Assessment* **2014**, *19*, 1462. [[Crossref](#)]
43. Martins, C. F.; Junior, W. A. C. S.; Silva, L. S.; Paula, J. R.; *Schinus terebinthifolius* Raddi: Scientometric Analysis. *Research, Society and Development* **2021**, *10*, e11110817016. [[Crossref](#)]
44. White, H. D.; Griffith, B. C.; Author cocitation: A literature measure of intellectual structure. *Journal of the American Society for Information Science* **1981**, *32*, 163. [[Crossref](#)]
45. Tan, L. P.; Mapping the social entrepreneurship research: Bibliographic coupling, co-citation and co-word analyses. *Cogent Business & Management* **2021**, *8*, 1896885. [[Crossref](#)]
46. Zhao, D.; Towards all-author co-citation analysis. *Information Processing & Management* **2006**, *42*, 1578. [[Crossref](#)]
47. Van Eck, N. J.; Waltman, L.; *VOSviewer manual*. Universitier Leiden: Leiden, 2022. [[Link](#)]
48. Kumar, V.; Srivastava, A.; Mapping the evolution of research themes in business ethics: a co-word network analysis. *VINE Journal of Information and Knowledge Management Systems* 2021. [[Crossref](#)]