

Pesquisa sobre *microgreen*: uma análise bibliométrica
Research on microgreen: a bibliometric analysis

Melvin Egger Ferreira ^{(1)*}, André Ricardo Zeist⁽²⁾

⁽¹⁾Acadêmico do curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina. Rod. Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, Caixa Postal 476, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil.

⁽²⁾Professor, Depto de Fitotecnia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. Rod. Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, Caixa Postal 476, CEP 88034-001, Florianópolis, SC, Brasil.

* Autor correspondente – Email: melvin.egger@gmail.com

Resumo

Os *microgreens* são vegetais onde se colhem as partes comestíveis em estágio de plântula. São altamente nutritivos e muito utilizados na culinária sofisticada. É considerado um alimento emergente, relativamente recente que tem sido explorado no âmbito científico e comercial. A cienciometria pode ser utilizada para estudar a literatura científica de forma quantitativa, identificando tendências emergentes e a estrutura de conhecimento de determinado campo de pesquisa. Dessa maneira, objetivou-se com esse trabalho, realizar um estudo bibliométrico sobre o tópico “*microgreen*”, com base em dados de 2004 até 2022, buscando mensurar o panorama geral, identificar tendências da literatura científica e definir possíveis caminhos para a pesquisa sobre o tema. Por meio de uma busca de artigos científicos na base de dados Scopus e posteriormente uma análise bibliométrica, constatou-se que 60% das publicações científicas sobre *microgreens* se concentra entre 2018 e 2021. Os países que mais trabalham com esse termo são Estados Unidos da América e Itália, havendo um nível de colaboração entre eles. A maioria dos estudos são focados em aspectos ligados à luminosidade, crescimento e qualidade relacionada às características nutricionais, especialmente compostos bioativos. Inclusive, dos principais artigos citados, a maioria deles exploram esses termos associados, demonstrando uma tendência atual e futura a ser explorada pelos pesquisadores.

Palavras-chave: alimento emergente, cienciometria, tendências de estudo.

Abstract

The microgreens are vegetables where the edible parts are harvested at the seedling stage. They are highly nutritious and widely used in sophisticated cuisine. It is considered an emerging food, relatively recent that has been explored in the scientific and commercial scope. The scientometrics can be used to study scientific literature in a quantitative way, identifying emerging trends and the knowledge structure of a certain field of research. In this way, the objective of this work was to carry out a bibliometric study on the topic "microgreen", based on data from 2004 to 2022, seeking to measure the general panorama, identify trends in the scientific literature and define possibilities for research on the topic. Through a search for scientific articles in the Scopus database and later a bibliometric analysis, it was found that 60% of scientific publications about microgreens are concentrated between 2018 and 2021. The countries that most work with this term are the United States of America and Italy, with a level of collaboration between them. Most studies are focused on aspects related to luminosity, growth and quality related to nutritional characteristics, especially bioactive compounds. Even, from the main articles cited, most of them explore these associated terms, demonstrating a current and future trend to be explored by researchers.

Keywords: emerging food, scientometrics, study trends.

INTRODUÇÃO

Os microverdes ou “*microgreens*”, são um tipo de alimento emergente que vem ganhando cada vez mais espaço (Mir et al., 2017). São vegetais onde são colhidas as partes comestíveis em estágio de plântula, entre 7 e 21 dias após a semeadura, variando conforme a espécie (Sharma et al., 2022; Sun et al., 2013). No preparo culinário, os microverdes proporcionam uma ampla diversidade de sabores, cores, aromas e texturas, sendo considerados um “superalimento” devido ao seu alto valor nutritivo (Kyriacou et al., 2017; Xiao et al., 2012).

Nos últimos anos nos países desenvolvidos e subdesenvolvidos houve aumento da produção e comercialização de *microgreens*. Isso pela praticidade de comercialização, potencial alimentar e possibilidade de produção dos *microgreens* em pequenos espaços de ambientes urbanos e em hortas verticais (Renna et al., 2017). Ressalta-se que a pandemia Covid-19 impulsionou ainda mais a necessidade de vegetais saudáveis, nutritivos e funcionais (Di Gioia et al., 2021). Nesse sentido, os *microgreens* atendem às necessidades futuras de maior produção de alimentos para atender a população mundial que está em constante aumento e os altos níveis de exigência dos consumidores (Hallett, 2016).

Investigações e descobertas científicas são a base de todo desenvolvimento tecnológico acerca de diversos assuntos, possibilitando a realização de novas pesquisas e indicando possíveis caminhos a serem seguidos. No caso de temas relativamente “novos”, a compreensão do nível em que se encontra o conhecimento científico acerca destes, se torna ainda mais importante. E é nesta situação que se enquadra os *microgreens*, criando-se, portanto, uma necessidade de mensurar o nível de conhecimento científico acerca de tal tema.

Neste contexto, para compreender o atual estado-da-arte em um determinado tema, pode-se realizar uma quantificação de produções científicas e identificação de tendências de estudo (de Castilhos Ghisi et al., 2020). Para tal propósito a cienciometria é a “ferramenta” mais adequada (Zeb et al., 2021). A cienciometria busca estudar de forma quantitativa a dinâmica da ciência, analisando padrões na literatura científica para identificar tendências emergentes e a estrutura de conhecimento de determinado campo de pesquisa (de Castilhos Ghisi et al., 2020).

Atualmente, não existe nenhuma análise cienciométrica abordando o tópico “*microgreens*”, sendo este um estudo de grande importância para contribuir com a compreensão sobre tendências de estudo englobando esse tema. Mediante a esta

abordagem, o presente trabalho envolve a realização de um estudo bibliométrico sobre o tópico “*microgreen*”, com base em pesquisas de 2004 até 2022. Por meio disso busca-se mensurar o panorama geral, identificar tendências da literatura científica e definir de possíveis caminhos para a pesquisa sobre os *microgreen*.

MATERIAIS E MÉTODOS

Levantamento do banco de dados e seleção de artigos

Foi feita uma busca de artigos científicos na base de dados Scopus (<https://www.scopus.com/>), que oferece uma cobertura de conteúdo mais ampla e inclusiva (Pranckutė, 2021). Para a consulta utilizou-se a seguinte busca: TITLE-ABS-KEY (microgreen*). Adicionou-se um asterisco para substituir plurais e termos derivados da palavra. A busca no banco de dados por meio da consulta supracitada foi realizada em 25 de maio de 2022, a qual resultou em 331 documentos. Essa busca foi refinada por categoria de ano, considerando-se apenas os publicados a partir de janeiro de 2004, que resultou em 328 documentos. Considerou-se somente artigos publicados a partir de janeiro de 2004, em razão que os três encontrados antes desse período tinham baixo ou nenhuma relação com o termo *microgreen*. Em sequência aplicou-se filtros que limitaram a busca apenas à artigos publicados em inglês e para documentos do tipo “*article*”, “*note*”, “*data paper*” e “*short survey*”, resultando em 249 publicações. Documentos publicados em inglês normalmente recebem mais citações do que aqueles publicados em outros idiomas, sendo, portanto mais relevantes (Di Bitetti & Ferreras, 2017). Nesse caso foram excluídos artigos publicados nos seguintes idiomas: Korean (5 publicações), German (1 publicação), Hungarian (1 publicação), Portuguese (1 publicação) e Slovenian (1 publicação); e os seguintes tipos de documentos: conference paper (39 publicações), review (21 publicações), book (5 publicações), conference review (3 publicações), book (1 publicação) e editorial (1 publicação).

Após a filtragem, para garantir a precisão dos dados, foi realizada a leitura individual dos títulos e resumos (ou texto completo em alguns casos) (Zeb et al., 2021). Nesse caso foram excluídos 1 artigo duplicado e 41 artigos de baixa ou nenhuma relação com o termo *microgreen* ou que estavam totalmente em desacordo com a proposta do trabalho. No final desse processo foram selecionadas 207 publicações, que foram coletados os metadados incluindo autores, ano de publicação, periódico, citações, país dos autores e palavras-chave.

Método de análise cientométrica

Indicadores bibliométricos foram utilizados, incluindo quantidade e tendência numérica de publicações, países contribuintes e citados, periódicos que publicam sobre o tema e citações por periódico, instituições contribuintes, autores contribuintes e citados, palavras do título e palavras-chave de ocorrência e artigos citados. Desse modo, o estudo utilizou indicadores bibliométricos para observação dos dados. Ao implementar esses indicadores, o trabalho pretende mostrar resultados diferentes relativos a uma mesma variável (Amirbagheri et al., 2019). Entre outras coisas, o estudo usa o número total de artigos publicados e citações para medir produtividade e influência de países, instituições, periódicos e autores. Além disso, o trabalho demonstra as conexões em rede de interações entre países, instituições, autores e de palavras em pesquisas relacionadas ao tema, utilizando o pacote Bibliometrix (Aria & Cuccurullo, 2017) 3.0.5 no RStudio 4.1.2 (R Core Team, 2020).

RESULTADOS

Microgreens: um tema emergente

Observou-se aumento do número de artigos abordando o tema *microgreen* entre 2004 (1 artigo) e 2021 (60 artigos). Por sua vez, pouca pesquisa foi realizada sobre *microgreen* até 2011 (total de 4 artigos). Entre 2011 e 2018, observou-se uma taxa de crescimento de 21,43% ano⁻¹ e nos últimos três anos (2018 a 2021), houve o maior incremento nas publicações, passando de 10 (2018) para 60 (2021), um aumento médio de aproximadamente 166% ano⁻¹). De acordo com esse número, o maior registro pertence ao ano de 2021 com um total de 60 documentos publicados. No ano de 2022 foi observado até então (25 de maio) 22 artigos científicos publicados (Figura 1 A).

Dois países lideram o rank de autorias e co-autorias

Até esse momento, 38 países contribuíram para a publicação de artigos com o termo *microgreen*. Estados Unidos da América e Itália são os países com maior ocorrência na autoria ou coautoria dos artigos, com 119 e 106, respectivamente. Enquanto os demais países possuem ≤ 33 artigos (Figura 2 A).

Estados Unidos da América e Itália são também os países com maior número de citações acumuladas em publicações, com destaque para o primeiro país que tem 1287

citações, enquanto o segundo possui 602 citações, seguidos por Lituânia (458 citações) e Canadá (180 citações). Os demais países têm menos de 86 citações (Figura 2 A).

Um artigo deixa Portugal no topo do rank da média de citações por artigo

Portugal, Lituânia, Chipre e Romênia, que possuem 25 ou menos publicações de pesquisa com o termo *microgreen*, são os mais citados (Figura 1 B e Figura 2 B). Desses, destaca-se Portugal, que apesar de possuir apenas uma produção abordando o termo (Figura 1 B), tem 78 citações (Figura 2). Por sua vez, Estados Unidos da América e Itália são apenas o 5° e 8° países com maior média de citações por publicação, com 26,81 e 14,33 citações por artigo, respectivamente.

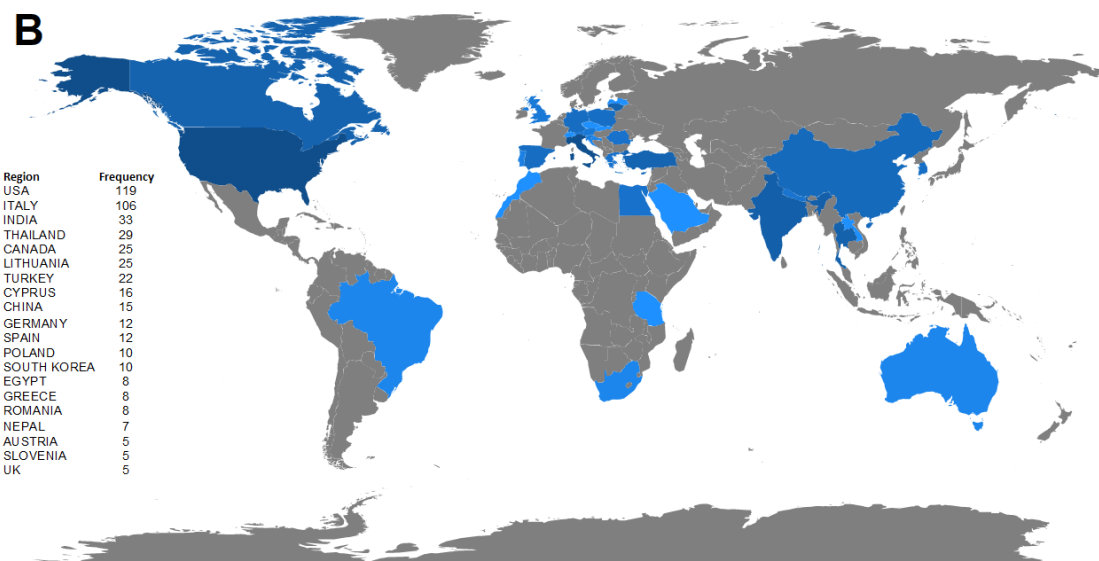
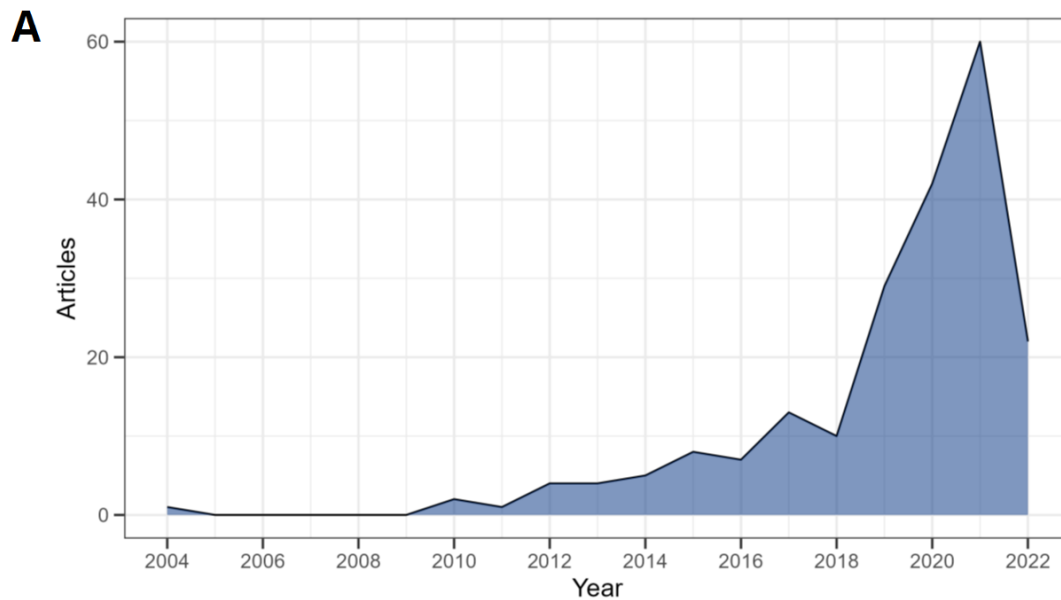


Figura 1. (A) Tendência temporal do número artigos (B) e contribuições em autoria e coautoria de países nas publicações de artigos na pesquisa com o termo *microgreen* entre janeiro de 2004 e 25 de maio de 2022. Países com número de publicações ≤ 4 , que não estão especificados no mapa: Rússia (4), Austrália (2), Brasil (2), Líbia Árabe Jamahiriya (2), República Árabe Síria (2), Croácia (1), República Tcheca (1), Laos, Lituânia (1), Marrocos (1), Portugal (1), Arábia Saudita (1), Cingapura (1), Eslováquia (1), África do Sul (1), Suíça (1), Tanzânia (1), Vietnã, Indefinido (1).

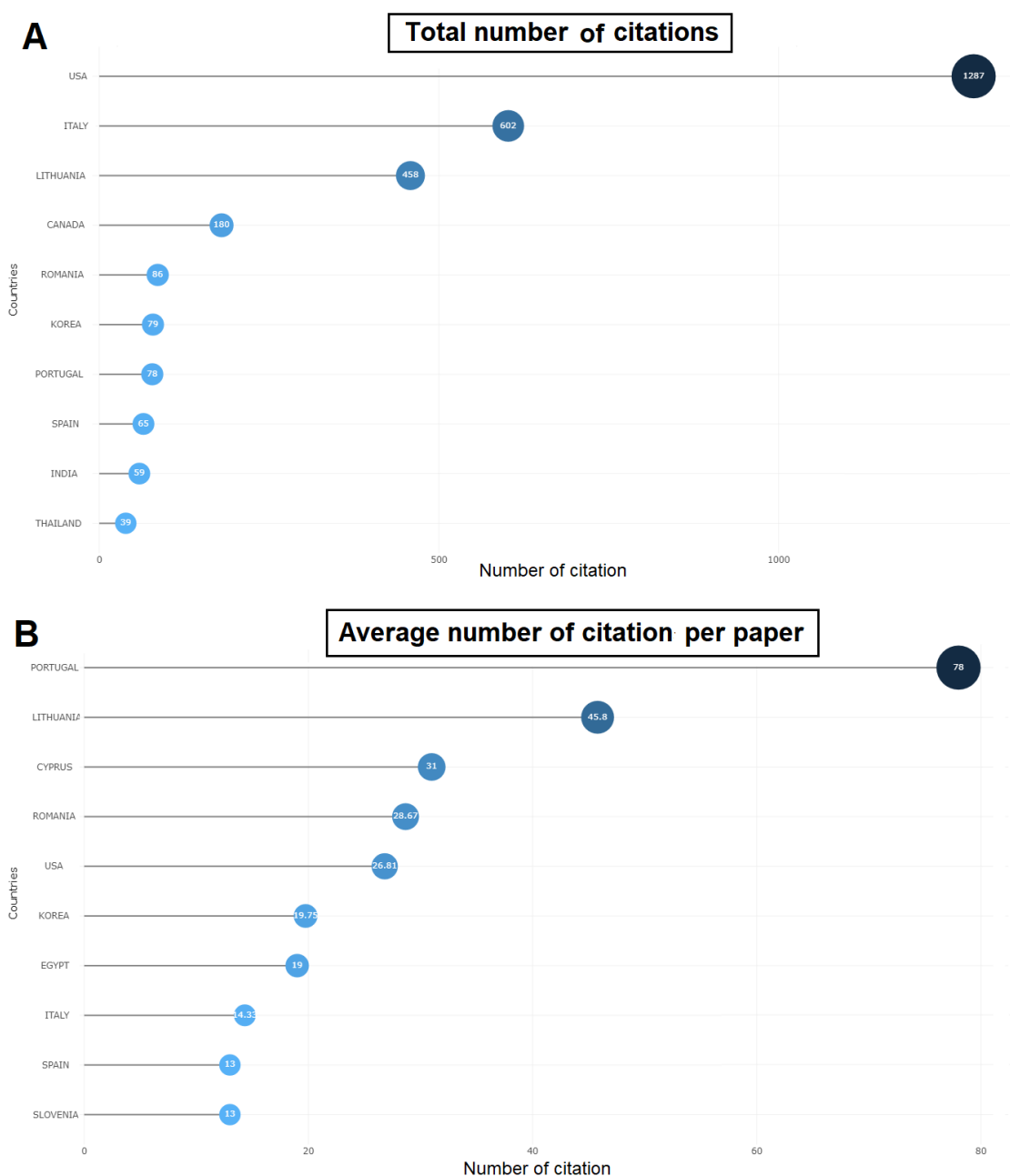


Figura 2. (A) Ranking dos dez países com mais citações acumuladas de publicações na pesquisa com o termo *microgreen* entre janeiro de 2004 e 25 de maio de 2022 e (B) ranking dos dez com maior média de citações por artigo.

Maior colaboração internacional pode alavancar o tema

Na Figura 3 A são observadas as publicações em que os países possuem pesquisadores como autor principal (primeiro autor) dos artigos. Estados Unidos da América e Itália, foram os países que mais publicaram documentos sobre o termo *microgreen* como autores principais, com 48 e 42 documentos, respectivamente. A Itália é quem mais publicou seus trabalhos contando com a colaboração de outros países (aproximadamente 50% dos artigos que são primeiro autor) (Figura 3 A), havendo maior interação com o Chipre, Turquia, Espanha, e Estados Unidos da América (Figura 3 B). Por outro lado, os pesquisadores dos Estados Unidos da América, quando são autores principais dos artigos, publicam poucos documentos em colaboração com outros países (apenas 16,60% dos artigos) (Figura 3 A), apresentado maior interação com a China, Coréia e Itália (Figura 3 B). Em sequência, e em relação aos países com maior número de artigos com pesquisadores como autor principal, temos Canadá, Tailândia, Índia, Lituânia, Turquia, China, Espanha e Coréia (Figura 3A), por sua vez, esses tiveram baixa interação com outros países em suas publicações (≤ 3 artigos) (Figura 3 B).

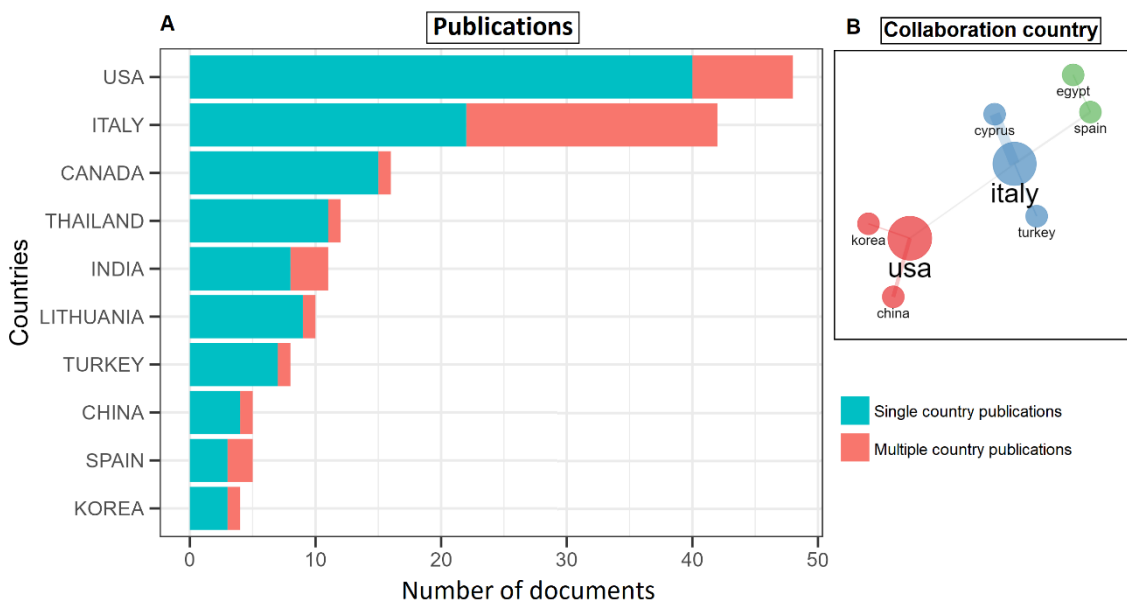


Figura 3. (A) Dez principais países em que os pesquisadores são autores principais (primeiro autor) dos artigos publicados na pesquisa com o termo *microgreen* entre janeiro de 2004 e 25 de maio de 2022 e (B) e as três principais redes de interações de países em publicações.

As revistas com maior publicação não são as mais citadas

No período de 2004 a 2022 as revistas *Food* (13 publicações), *Horticulturae* (13 publicações) e *Agronomy* (12 publicações) foram as mais produtivas em relação aos artigos publicados pesquisando *microgreen*. As demais revistas possuem ≤ 10 artigos publicados (Figura 4 A). Apesar da revista *Journal of agricultural and food chemistry* estar em 7^a em número de artigos (8 publicações), foi a mais referenciada, com 490 citações. Em sequência as mais referenciadas foram a *Food and chemistry* (386 citações), *Hortscience*” (com 256 citações), *Scientia Horticulturae* (166 citações), *Journal of the Science of Food and Agriculture* (151 citações), *Frontiers in plant science* (135 citações), *Molecules* (123 citações), *Journal of Food Composition and Analysis* (105 citações) e *Trends of Food Science & Technology* (98 citações) (Figura 4 B).

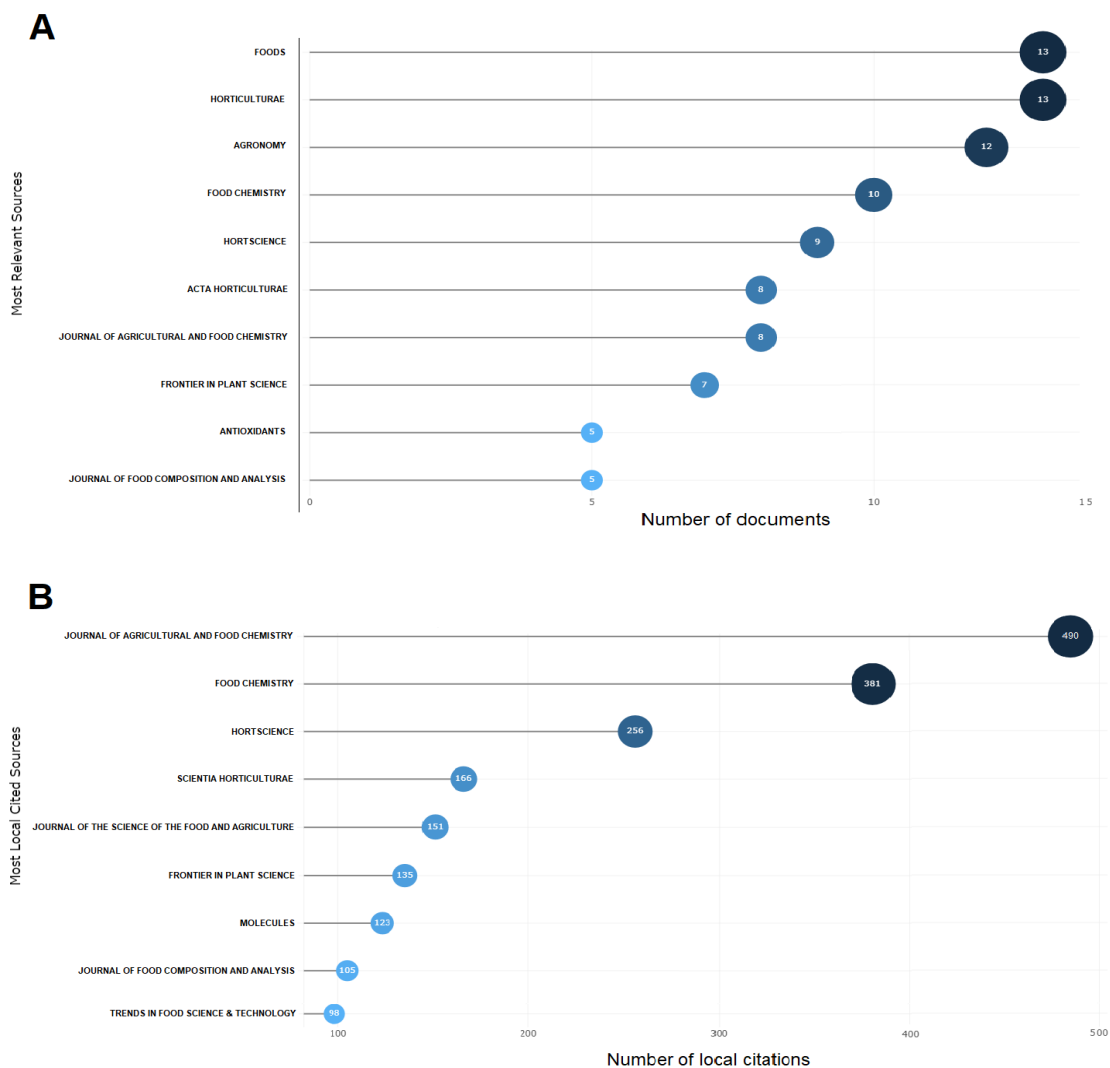


Figura 4. (A) Ranking dos periódicos que publicaram pelo menos cinco artigos e (B) revistas com artigos mais citados na pesquisa com o termo *microgreen* entre janeiro de 2004 e 25 de maio de 2022.

Duas instituições são responsáveis por um quarto das publicações

A “*Univesity of Naples Federico II*”, Itália, foi a instituição mais produtiva em número de artigos abordando o termo *microgreen* (32 publicações). As demais instituições produziram ≤ 21 artigos (Figura 5 A). Entre os grupos de redes de colaboração entre as instituições, os grupos (clusters) II, III, V, VI apresentaram as menores redes de colaboração. Contudo, o cluster V é composto por duas (*University of Naples Federico II* e *Agricultural Research Institute*) das três instituições mais produtivas abordando o termo *microgreen*, enquanto o cluster VI é composto por instituições que não fazem parte do

ranking das 9 mais produtivas (menos de 8 publicações). Os clusters I e IV, apresentaram colaborações entre três instituições, sendo os dois grupos integrados por ao menos uma das instituições que constam no ranking das nove mais produtivas (Figura 5).

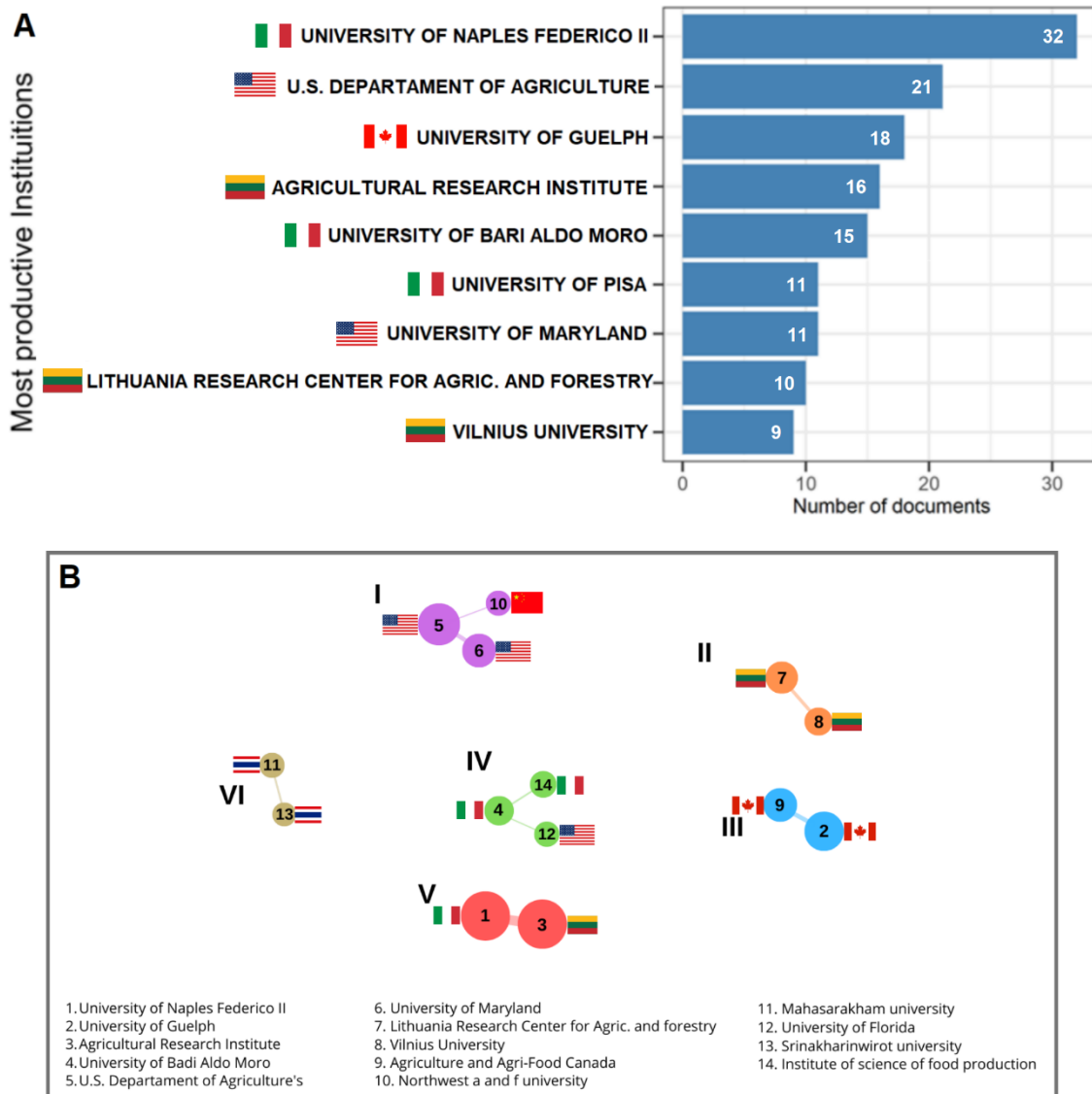


Figura 5. Ranking das dez instituições que mais publicaram artigos na pesquisa com o termo *microgreen* entre janeiro de 2004 e 25 de maio de 2022 e (B) redes de colaborações entre instituições.

Sete dos dez autores mais produtivos tiveram sua primeira publicação a partir de 2017

Na Figura 6 constam os dez autores mais relevantes quanto ao número de publicações (entre 11 e 16 artigos) em pesquisa abordando o termo *microgreen*. Desses, os que tem maior número médio de citações por artigo são Wang Q (32 citações) e LUO Y (24 citações), enquanto que os demais possuem média entre 7 e 19 citações por

publicação (Figura 6 A). Dos dez autores mais relevantes, Wang Q., Duchovskis P. e LUO Y. foram os primeiros a publicar artigos com o termo *microgreen* (no ano de 2012), sendo que a última publicação de Wang Q. foi no ano de 2019, de Duchovskis P. em 2021 e de LUO Y. em 2022. Os demais autores mais produtivos começaram a publicar em pesquisa com o termo *microgreen* a partir do ano de 2017, sendo que quatro desses somente a partir de 2019 (Figura 6 B).

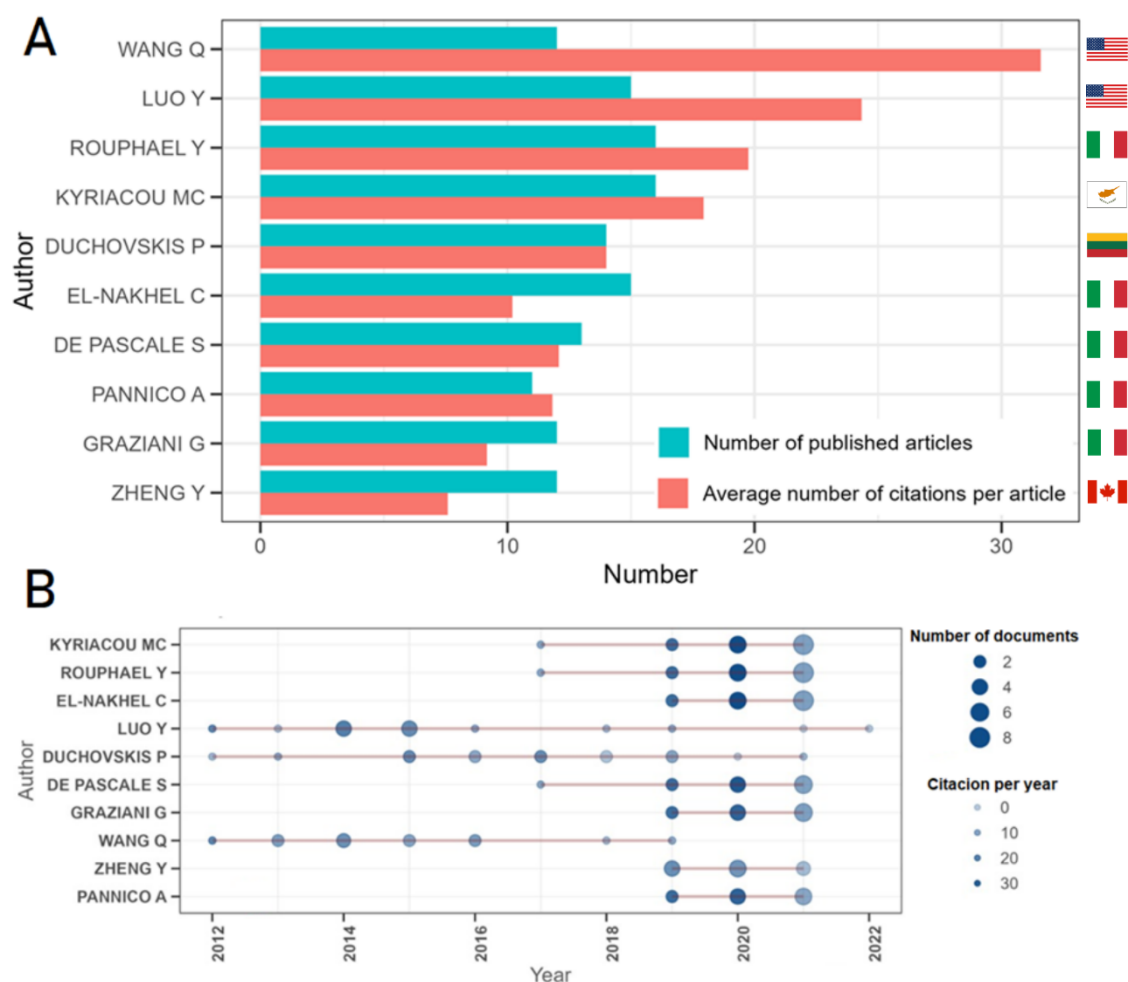


Figura 6. (A) Número total de publicações e média de citações por artigo dos dez autores mais produtivos na pesquisa com o termo *microgreen* entre janeiro de 2004 e 25 de maio de 2022 e (B) distribuição temporal das referidas produções e citações ao decorrer do tempo. Wang Q: University of Delaware, USA; Luo Y: University of Connecticut, USA; Roupheel Y: University of Naples Federico II, Italy; Kyriacou MC: Agricultural Research Institute, Cyprus; Duchovskis P: Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry, Lithuania. El-Nakhel C: University of Naples Federico II; Italy. De Pascale S: University of Naples Federico II, Italy. Pannico A: University of Naples Federico II; Italy. Graziani G: University of Rome Tor Vergata; Italy. Zheng Y: University of Guelph; Canada.

Dos dez autores mais produtivos (Figura 6), Kyriacou MC, Roupael Y, EL-Nakhel C, De Pascale S e Graziani G estão também entre os com maior número de citações (Figura 7). Entre os dez autores maior número de citações, destaca-se como o mais influente Incrocci L (157 citações), seguido por Ferrante A (120 citações), Kyriacou MC, Roupael Y (ambos com 120 citações), EL-Nakhel C, Mensuali A, Orlando M, Trivellini A (os quatro com 112 citações), De Pascale S (99 citações) e Graziani G (81 citações) (Figura 7).

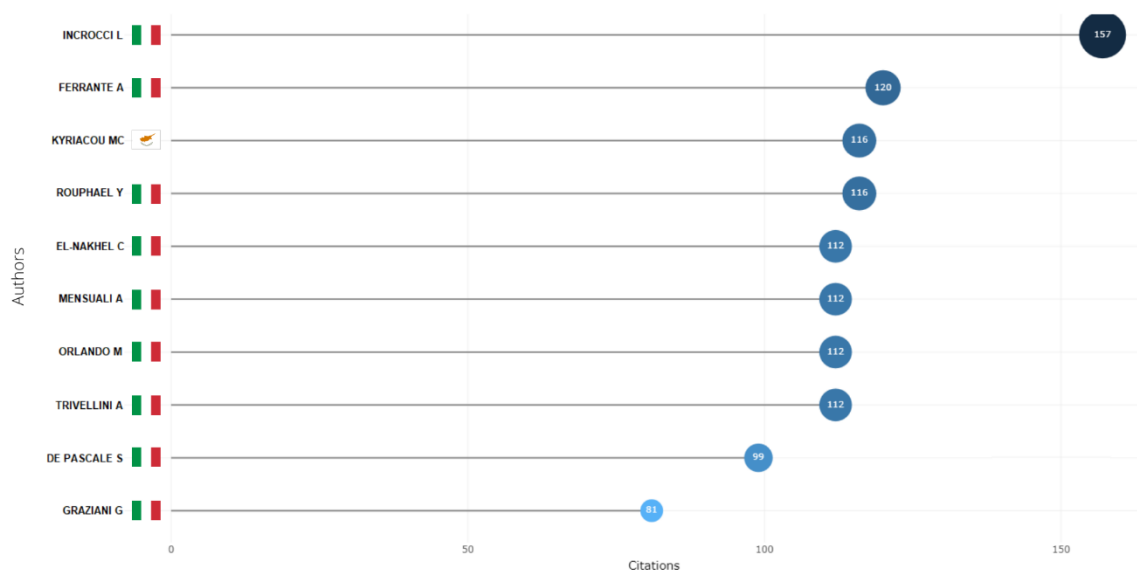


Figura 7. Ranking dos dez autores com maior número de citações nos artigos publicados na pesquisa com o termo *microgreen* entre janeiro de 2004 e 25 de maio de 2022. Incrocci L: University of Pisa, Italy; Ferrante A: University of Milan, Italy; Kyriacou MC: Agricultural Research Institute, Cyprus; Roupael Y: University of Naples Federico II, Italy; El-Nakhel C: University of Naples Federico II, Italy; Mensuali A: Scuola Superiore Sant’Anna, Italy; Orlando M: Scuola Superiore Sant’Anna, Italy; Trivellini A: Scuola Superiore Sant’Anna, Italy; De Pascale S: University of Naples Federico II, Italy; Graziani G: University of Rome Tor Vergata; Italy.

Os resultados alcançados quanto às pesquisas com *microgreens* em relação aos dez artigos mais citados durante o período de janeiro de 2004 a 25 de maio de 2022 são apresentados na Tabela 1. O artigo intitulado “Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: edible microgreens” de (Xiao et al., 2012) é o artigo mais referenciado, com 195 citações, seguido pelo artigo “Increases in shoot tissue

pigments, glucosinolates, and mineral elements in sprouting broccoli after exposure to short-duration blue light from light emitting diodes” de (Kopsell & Sams, 2013) com 158 citações. Os demais artigos listados entre os dez mais citados, possuem entre 71 e 89 citações (Tabela 1). O artigo “Functional quality in novel food sources: Genotypic variation in the nutritive and phytochemical composition of thirteen microgreens species” que foi publicado em 2019 por Kyriacou MC et al. é o mais citado por ano, apesar de estar em 9º lugar por total de citações.

Tabela 1. Ranking dos dez artigos publicados com maior número de citações na pesquisa com o termo *microgreen* entre janeiro de 2004 e 25 de maio de 2022.

Rank	Paper	DOI	Citations	
			Total	Year
1	XIAO Z et al. (2012), J AGRIC FOOD CHEM	10.1021/jf300459b	195	17.73
2	KOPSELL DA and SAMS CE (2013), J AM SOC HORTIC SCI	10.21273/jashs.138.1.31	158	15.80
3	BRAZAITYTE A et al (2015), FOOD CHEM	10.1016/j.foodchem.2014.10.077	89	11.13
4	LOBIUC A et al. (2017), MOLECULES	10.3390/molecules22122111	85	14.17
5	KOPSELL DA et al. (2014), J AM SOC HORTIC SCI	10.21273/jashs.139.4.469	82	9.11
6	SAMUOLIENE G et al. (2013), CENT EUR J BIOL	10.2478/s11535-013-0246-1	81	8.10
7	SUN J et al. (2013), J AGRIC FOOD CHEM	10.1021/jf401802n	79	7.90
8	PINTO E et al. (2015), J FOOD COMPOS ANAL	10.1016/j.jfca.2014.06.018	78	9.75
9	KYRIACOU MC et al. (2019), FOOD CHEM	10.1016/j.foodchem.2018.10.098	71	17.75
10	SAMUOLIENĖ G et al. (2017), FOOD CHEM	10.1016/j.foodchem.2017.01.144	71	11.83

Na Figura 8 observa-se o mapa de palavras do título para revelar o conteúdo temático do conjunto de publicações. Nesse caso o número mínimo de ocorrências é oito, resultando em 33 palavras e quatro clusters de interação entre elas, sendo que quatro palavras atingiram o número mínimo de ocorrência. Após o termo *microgreens*, as quatro palavras de maior ocorrência foram light (que tem forte ligação com growth e blue), growth (que tem forte ligação com seeds, blue e quality), brassica (que tem ligação intermediária com light, nutritional e quality) e quality (que tem forte ligação com yield, light emitting e nutritional). Observou-se ainda que as palavras de maior ocorrência no título são geralmente também as de maior ocorrência nas palavras-chave (Material suplementar 1).

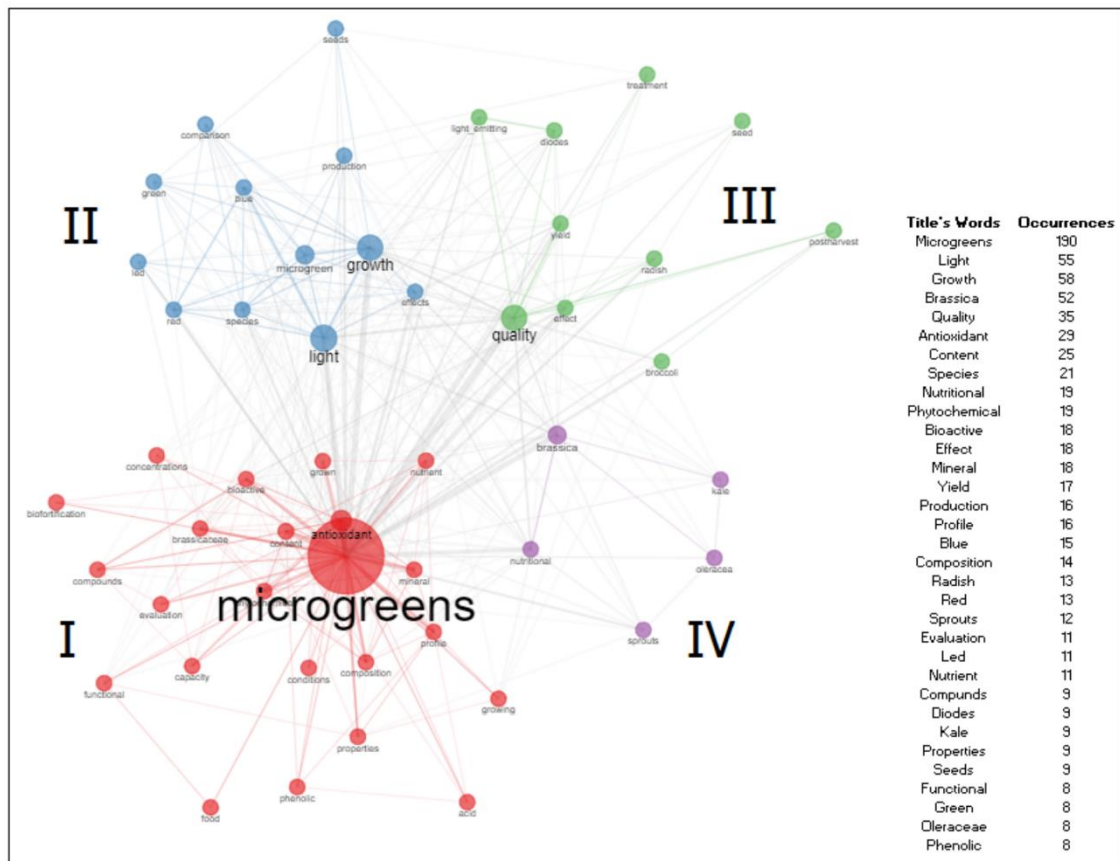


Figura 8. Mapa de rede de co-ocorrência das palavras do título e ranking das 33 palavras de maior ocorrência nos títulos de artigos publicados na pesquisa com o termo *microgreen* entre janeiro de 2004 e 25 de maio de 2022.

DISCUSSÃO

Os *microgreens* surgiram entre as décadas de 80 e 90, em restaurantes refinados da Califórnia (Verlinden, 2020). Provavelmente por terem sido um tipo de alimento voltado para uma culinária mais sofisticada, demorou para ganhar popularidade, inclusive na comunidade científica. Tal questão é reforçada pelo fato do primeiro estudo científico envolvendo *microgreens*, ser publicado apenas em 2004, quase 15 anos depois de sua origem. Nesse estudo, Lee et al (2004), testaram tratamentos de sementes para melhorar o crescimento de *microgreens* de beterraba de mesa (*Beta vulgaris* L.) em estufas.

A falta de estudos envolvendo aspectos nutricionais dos *microgreens* podem ter sido um fator chave para o lento avanço científico na área. Tal fato se confirma analisando a tendência temporal de publicações, que mostra que apenas em 2012 o número de publicações sobre *microgreens* começou a crescer. Neste ano Xiao et al. (2012) publicaram o artigo: “Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging

food products: Edible microgreens”. Esse estudo foi o mais citado entre todos e mostrou que os *microgreens* apresentam um valor nutritivo maior do que as plantas em estágio adulto (Xiao et al., 2012) (Tabela 1).

A partir de então os *microgreens* foram ganhando cada vez mais popularidade e atenção no mundo, sendo intitulados posteriormente como alimento emergente de altíssimo valor nutritivo (Kyriacou et al., 2017; Mir et al., 2017). Apesar de apresentar apenas uma publicação, Portugal se destacou com o maior número de citações por artigo. Esse artigo foi publicado por Pinto et. al. (2015) e intitulado como “Comparison between the mineral profile and nitrate content of microgreens and mature lettuces”. Isso ressalta a influência dos estudos relacionados aos aspectos de composição nutricional e bioquímica dos *microgreens* para a evolução da pesquisa.

A maior parte das publicações sobre *microgreen* se concentrou entre 2018 e 2021, correspondendo a mais de 60% do total. Em sua maioria os estudos envolveram aspectos ligados ao crescimento, qualidade e concentração de compostos bioativos como antioxidantes e carotenoides, por exemplo. Nesse contexto é interessante pontuar o fato da maioria dos estudos científicos se concentrar no mesmo período da pandemia Covid-19 que impulsionou ainda mais a necessidade de vegetais saudáveis, nutritivos e que proporcionam mais segurança alimentar (Di Gioia et al., 2021).

O padrão de alimentação moderno gera vulnerabilidade à sociedade no que diz respeito a problemas de saúde. Um grande exemplo é a obesidade, que é acompanhada por distúrbios metabólicos como dislipidemia, hiperglicemia e hipertensão, devido a dietas ricas em calorias e pobres em nutrientes (Lee et al., 2017). Por conta da riqueza em compostos bioativos e alta densidade de nutrientes, os *microgreens* podem ser uma opção alimentar promissora para prevenir doenças crônicas e melhorar o valor nutritivo das dietas humanas (Kyriacou et al., 2016).

No geral os autores que mais publicaram artigos envolvendo esse termo, fazem parte de instituições americanas e italianas, o que acaba contribuindo para o destaque desses países como mais produtivos em termos de publicações e citações (Figura 1 B e 2 A). Diversos trabalhos apresentam coautorias de autores de instituições de diferentes países. Isso fica evidente por meio das redes de interações, mostrando que justamente esses países mais produtivos são os que mais interagem (Figura 3 B).

As três revistas que mais publicaram pesquisas sobre *microgreen*, foram *Foods*, *Horticulturae* e *Agronomy*, por sua vez, não integraram o ranking das mais citadas (Figura 4 A). O número de citações de um artigo ou de um periódico é influenciado por diversos

fatores além da qualidade da qualidade da pesquisa, entre eles o ano da publicação e o assunto explorado no estudo. É possível constatar que as revistas *Journal of agricultural and food chemistry* e *Food chemistry*, em que suas publicações abordaram principalmente aspectos nutricionais relacionados ao *microgreens*, foram as mais citadas. Essas duas revistas publicaram juntas, cinco dos dez artigos mais citados, sendo esses publicados entre 2012 e 2019 (Tabela 1). Em contraponto, as revistas *Hortscience*, *Scientia Horticulturae*, *Journal of the Science of the Food and Agriculture*, *Frontier in Plant Science e Trends in Food Science & Technology* que fizeram parte do ranking das mais citadas não apresentaram nenhum artigo entre os mais citados.

Grande parte dos autores mais produtivos publicaram seus trabalhos dentro do intervalo de tempo em que se concentra o maior número de artigos sobre *microgreen* (2018-2021). Esses autores também foram os mais citados, indicando uma evolução clara da pesquisa científica e uma tendência de aumento na qualidade dos trabalhos ao longo dos anos. É interessante notar que apesar de Wang Q. e Luo Y. serem os dois autores com mais citações em média entre os dez autores mais produtivos, ficaram de fora do ranking do número total de citações (Figuras 6 A e 7). Além disso, o número citações por ano desses dois autores tem reduzido ao decorrer do tempo (Figura 6 B). Tal fato pode ser justificado por diversas razões, possivelmente havendo uma mudança do foco de seus trabalhos ao longo do tempo, redirecionando suas pesquisas para outros temas além de *microgreen*.

Entre os autores com maior número de citações nos artigos publicados destacam-se, Incrocci L., Ferrante A. e Kyriacou MC. Destes, apenas Kyriacou MC., do Chipre, apareceu na lista dos artigos mais citados na pesquisa de *microgreen*. Mais uma vez se tratou de um artigo envolvendo aspectos nutricionais e compostos bioativos, ressaltando novamente uma tendência maior para estudos com esse foco de pesquisa. Os autores Incrocci L. e Ferrante A., que foram os dois autores mais citados em artigos, são italianos, destacando, portanto, a Itália como um dos países mais influentes na pesquisa sobre *microgreen*. Além disso ambos desenvolvem suas linhas de pesquisa com foco no desenvolvimento vegetal sob influência de fatores exógenos como a luz, além de composição nutricional e concentração de bioativos.

Praticamente todos os artigos mais citados nas publicações sobre *microgreens* abordaram aspectos de crescimento e concentração de compostos bioativos, incluindo influência de fatores exógenos essenciais para as plantas, especialmente a luz. As espécies vegetais mais estudadas foram da família Brassicaceae, a qual é amplamente utilizada nas

produções comerciais, e também por conta dos compostos bioativos que apresentam, principalmente polifenóis e glicosinolatos, associados a promoção da saúde humana (Kapusta-Duch et al., 2012; Raman et al., 2013).

De fato, as pesquisas têm potencializado o ganho de popularidade dos *microgreens*. As comprovações científicas de que os *microgreens* possuem alto valor nutricional, contribuem para que cada vez mais pessoas se interessem por esse alimento. Tal questão é reforçada pelo aumento contínuo da busca por alimentos frescos e funcionais, devido ao interesse dos consumidores em dietas que apoiem a saúde e a longevidade (Kyriacou et al., 2016).

Como são muito práticos e com um ciclo de cultivo rápido, os *microgreens* são um ótimo instrumento de estudo. A pesquisa sobre esse alimento é muito recente e focada em aspectos nutracêuticos, principalmente concentração de compostos bioativos e a interação com fatores exógenos de desenvolvimento vegetal. Espera-se que assim como nos últimos três anos, surjam novas linhas de pesquisa sobre *microgreens*, acompanhando a evolução das tecnologias de cultivo e a também a constante preocupação da sociedade com uma alimentação mais saudável. Conforme novos estudos forem publicados, mais caminhos serão projetados para orientar a pesquisa sobre esse alimento emergente, ocorrendo algo semelhante ao ano de 2012. Neste ano foi publicado o primeiro estudo focado em aspectos nutricionais que alavancou a pesquisa sobre os *microgreens* por Xiao et al. (2012).

CONCLUSÃO

Um mapa do avanço científico da pesquisa com o termo *microgreen* foi apresentado neste trabalho. No total, 207 publicações dos tipos “*article*” ou “*note*” ou “*data paper*” ou “*short survey*” foram coletadas. Evidenciou-se que as pesquisas com *microgreen* são recentes, com apenas quatro artigos publicados até o ano de 2011 e com mais de 60% das produções sendo dos últimos três anos. Os países mais produtivos neste campo, são Estados Unidos da América e Itália. No entanto a Itália é o país mais referenciado, principalmente pelo fato de dois dos autores mais influentes serem de instituições italianas. Quanto aos termos mais explorados nos artigos de pesquisa relacionados aos *microgreens* destaca-se os relacionais à luminosidade, do crescimento e da qualidade relacionada às características nutricionais, especialmente compostos bioativos. Inclusive, dos principais artigos citados, a maioria deles exploram esses termos

associados aos *microgreens*, demonstrando uma tendência atual e futura a ser explorada pelos pesquisadores.

REFERÊNCIAS

- Amirbagheri, K., Núñez-Carballosa, A., Guitart-Tarrés, L., & Merigó, J. M. (2019). Research on green supply chain: A bibliometric analysis. *Clean Technologies and Environmental Policy*, *21*(1), 3–22. <https://doi.org/10.1007/s10098-018-1624-1>
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, *11*(4), 959–975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Di Bitetti, M. S., & Ferreras, J. A. (2017). Publish (in English) or perish: The effect on citation rate of using languages other than English in scientific publications. *Ambio*, *46*(1), 121–127. <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0820-7>
- Di Gioia, F., Petropoulos, S. A., Ferreira, I. C. F. R., & Roskopf, E. N. (2021). Microgreens: From trendy vegetables to functional food and potential nutrition security resource. *Acta Horticulturae*, *1321*, 235–242. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1321.31>
- Hallett, S. (2016). Urban Agriculture as a Resiliency Strategy. In E. Hodges Snyder, K. McIvor, & S. Brown (Eds.), *Sowing Seeds in the City: Human Dimensions* (pp. 23–38). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-7456-7_3
- Kapusta-Duch, J., Kopeć, A., Piatkowska, E., Borczak, B., & Leszczyńska, T. (2012). The beneficial effects of Brassica vegetables on human health. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, *63*(4), 389–395.
- Kopsell, D. A., & Sams, C. E. (2013). Increases in Shoot Tissue Pigments, Glucosinolates, and Mineral Elements in Sprouting Broccoli after Exposure to

Short-duration Blue Light from Light Emitting Diodes. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 138(1), 31–37.

<https://doi.org/10.21273/JASHS.138.1.31>

Kyriacou, M. C., De Pascale, S., Kyratzis, A., & Roupael, Y. (2017). Microgreens as a component of space life support systems: A cornucopia of functional food.

Frontiers in Plant Science, 8. Scopus. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01587>

Kyriacou, M. C., Youssef, R., Di Gioia, & Kyratzis. (2016). Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens. *Trends in Food Science & Technology*, 57, 103–115. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.09.005>

Lee, Y.-M., Yoon, Y., Yoon, H., Park, H.-M., Song, S., & Yeum, K.-J. (2017). Dietary Anthocyanins against Obesity and Inflammation. *Nutrients*, 9(10), 1089.

<https://doi.org/10.3390/nu9101089>

Mir, S. A., Shah, M. A., & Mir, M. M. (2017). Microgreens: Production, shelf life, and bioactive components. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(12), 2730–2736. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1144557>

<https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1144557>

Pranckutė, R. (2021). Web of Science (WoS) and Scopus: The Titans of Bibliographic Information in Today's Academic World. *Publications*, 9(1), 12.

<https://doi.org/10.3390/publications9010012>

Raman, C., P.G.Brintha, Lang, M., Murugesan, C., & Murugan, K. (2013). *Three-dimensional molecular structure prediction of selenocystein methyltransferase (BoSMT) from Brassica oleracea*. (pp. 149–169).

<https://doi.org/10.13140/2.1.4355.2323>

Renna, M., Di Gioia, F., Leoni, B., Mininni, C., & Santamaria, P. (2017). Culinary Assessment of Self-Produced Microgreens as Basic Ingredients in Sweet and

Savory Dishes. *Journal of Culinary Science & Technology*, 15(2), 126–142.

<https://doi.org/10.1080/15428052.2016.1225534>

Verlinden, S. (2020). *Microgreens: Definitions, Product Types, and Production*

Practices. <https://doi.org/10.1002/9781119625407.CH3>

Xiao, Z., Lester, G. E., Luo, Y., & Wang, Q. (2012). Assessment of Vitamin and Carotenoid Concentrations of Emerging Food Products: Edible Microgreens.

Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60(31), 7644–7651.

<https://doi.org/10.1021/jf300459b>

Zeb, A., Liu, W., Wu, J., Lian, J., & Lian, Y. (2021). Knowledge domain and emerging trends in nanoparticles and plants interaction research: A scientometric analysis.

NanoImpact, 21, 100278. <https://doi.org/10.1016/j.impact.2020.100278>

Material suplementar 2. Tabela com a descrição dos dez artigos publicados com maior número de citações na pesquisa com o termo *microgreen* entre janeiro de 2004 e 25 de maio de 2022.

Rank	Title	Author	Institution	Country
1	Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: edible microgreens	Xiao Z, Lester GE, Lou Y, Wang Q.	University of Maryland, U.S. Department of Agriculture	United States of America
2	Increases in Shoot Tissue Pigments, Glucosinolates, and Mineral Elements in Sprouting Broccoli after Exposure to Short-duration Blue Light from Light Emitting Diodes	Kopsell DA, Sams CE.	University of Tennessee	United States of America
3	The effects of LED illumination spectra and intensity on carotenoid content in Brassicaceae microgreens	Brazaitytė A, Sakalauskienė S, Samuolienė G, Jankauskienė J, Viršilė A, Novičkovas A, Sirtautas R, Miliauskienė J, Vaštakaitė V, Dabašinskas L, Duchovskis P.	Research Centre for Agriculture and Forestry, Vilnius University	Lithuania
4	Blue and Red LED Illumination Improves Growth and Bioactive Compounds Contents in Acyanic and Cyanic <i>Ocimum basilicum</i> L. Microgreens	Lobiuc A, Vasilache V, Pintilie O, Stoleru T, Burducea M, Oroian M, Zamfirache MM.	Stefan Cel Mare University, Alexandru Ioan Cuza University	Romania
5	Sprouting Broccoli Accumulate Higher Concentrations of Nutritionally Important Metabolites under Narrow-band Light-emitting Diode Lighting	Kopsell DA, Sams CE, Barickman TC, Morrow RC.	University of Tennessee, Orbital Technologies Corporation	United States of America
6	LED irradiance level affects growth and nutritional quality of <i>Brassica</i> microgreens	Samuolienė G, Brazaitytė A, Jankauskienė J, Viršilė A, Sirtautas R, Novičkovas A, Sakalauskienė S, Sakalauskienė J, Duchovskis P.	Research Centre for Agriculture and Forestry, Vilnius University	Lithuania

7	Profiling polyphenols in five Brassica species microgreens by UHPLC-PDA-ESI/HRMS(n.)	Sun J, Xiao Z, Lin LZ, Lester GE, Wang Q, Harnly JM, Chen P.	U.S. Department of Agriculture	United States of America
8	Comparison between the mineral profile and nitrate content of microgreens and mature lettuces	Pinto E, Almeida AA, Aguiar AA, Ferreira IMPLVO.	Universidade do Porto	Portugal
9	Functional quality in novel food sources: Genotypic variation in the nutritive and phytochemical composition of thirteen microgreens species	Kyriacou MC, El-Nakhel C, Graziani G, Pannico A, Soteriou GA, Giordano M, Ritieni A, De Pascale S, Roupael Y.	Agricultural Research Institute, University of Naples Federico II	Cyprus, Itália
10	Blue light dosage affects carotenoids and tocopherols in microgreens	Samuolienė G, Viršilė A, Brazaitytė A, Jankauskienė J, Sakalauskiene S, Vaštakaitė V, Novičkovas A, Viškelienė A, Sasnauskasa A, Duchovskis P.	Research Centre for Agriculture and Forestry, Vilnius University, Aleksandras Stulginskis University	Lithuania
