

MICROENCAPSULAÇÃO DE BETALAÍNAS: uma análise bibliométrica global da produção científica nas bases web of science e scopus

Gean Carlos Targino Paixão^{1*}, Williany Gomes Leal², Maria Paula Lopes dos Anjos³, Raeliton da Silva Tomaz⁴, Nathan Reges Fontes dos Santos⁵, Ana Clara Silva da Cruz⁶

¹ Universidade Federal da Paraíba, Campus III, Bananeiras, Paraíba, Brasil, ORCID: 0000-0002-4467-7158, E-mail: carlosgean31@gmail.com

² Universidade Federal da Paraíba, Campus III, Bananeiras, Paraíba, Brasil, ORCID: 0009-0009-6041-7565, E-mail: willianyneves@gmail.com

³ Universidade Federal da Paraíba, Campus III, Bananeiras, Paraíba, Brasil, ORCID: 0009-0008-7703-5603, E-mail: maripaula409@gmail.com

⁴ Universidade Federal da Paraíba, Campus III, Bananeiras, Paraíba, Brasil, ORCID: 0009-0008-1937-5466, E-mail: raelitontomaz@gmail.com

⁵ Universidade Federal da Paraíba, Campus III, Bananeiras, Paraíba, Brasil, ORCID: 0000-0001-6858-3327, E-mail: nathanregis.2015@gmail.com

⁶ Universidade Federal da Paraíba, Campus III, Bananeiras, Paraíba, Brasil, ORCID: 0000-0001-7657-499X, E-mail: cruzanacaa8@gmail.com

RESUMO

Pigmentos naturais de vegetais e frutas vêm se destacando como alternativa para colorir alimentos, substituindo gradualmente os corantes artificiais devido às preocupações com a saúde, com destaque atual para as betalaínas microencapsuladas devido sua sensibilidade. Por ser um tema recente, um mapeamento bibliométrico se fez necessário, da qual objetivou identificar na Web of Science (WoS) e Scopus a distribuição anual de documentos, países mais produtivos, citados e colaborações, principais instituições e áreas de pesquisa, tendências de pesquisas futuras e principais fontes de betalaínas microencapsuladas. O método empregado foi uma busca por termos, filtragem dos dados, exportação e análise no software VOSviewer e Excel. Os resultados encontrados mostraram que a predominância de registros na Web of Science indica uma maior exploração do tema nessa base, refletindo o crescimento da pesquisa nos últimos anos. Os países como México, Brasil e Índia se destacam na produção científica, com variações na representatividade entre Web of Science e Scopus. Embora o número de citações indique relevância, a colaboração internacional amplia significativamente o impacto global. O Chile lidera em citações, mas sem cooperação expressiva, enquanto o Brasil e a Índia combinam alta citação com forte colaborações. O México lidera a produtividade em ambas as bases, com a WoS apresentando maior diversidade institucional, enquanto a Scopus destaca principalmente universidades do Brasil e México. A WoS foca em Tecnologia de Alimentos e Química, enquanto a Scopus prioriza Ciências Agrárias e Biológicas, ambas ressaltando Engenharia e Bioquímica. As tendências indicam um crescente interesse na microencapsulação de betalaínas de fontes vegetais como *Myrtillocactus geometrizans*, *Opuntia ficus-indica*, *Amaranthus spp.*, *Hylocereus polyrhizus* e beterraba. Estudos recentes priorizam bioacessibilidade, estabilidade e aplicação das betalaínas em alimentos funcionais, além do uso de tecnologias emergentes, como ultrassom e FTIR, para otimizar extração e encapsulação.

Palavras-chave: Bibliometria; Base de dados; Compostos fenólicos; Pigmentos naturais.

INTRODUÇÃO

Conforme Lombardelli *et al.* (2020) os pigmentos naturais, oriundos de vegetais e frutas, estão se tornando uma alternativa crescente na coloração de alimentos, à medida que os corantes artificiais, considerados prejudiciais à saúde, são gradualmente substituídos. Entre os corantes naturais, destacam-se as betalaínas, que são compostos pigmentares naturais amplamente distribuídos em diferentes partes das plantas, incluindo frutas, flores, raízes e folhas, classificadas com base em sua composição em betacianinas e betaxantinas, sendo as primeiras responsáveis pela coloração vermelho-púrpura e as segundas pela tonalidade amarela (Gengatharan *et al.*, 2015; Villaño; Viguera e Mena, 2016).

Pesquisas recentes indicam que as betalaínas possuem características antioxidantes e anti-inflamatórias (Gonçalves *et al.*, 2020, Nirmal *et al.*, 2024 e Abarna *et al.*, 2023). Os compostos fenólicos, dos quais as betalaínas fazem parte, são facilmente degradados durante sua extração, processamento e no armazenamento de alimentos. Eles são muito sensíveis a fatores como luz, pH, temperatura, oxigênio e enzimas (Renard, 2018). Como solução para tal, a microencapsulação se destaca como uma técnica importante para preservar essa estabilidade. Sua aplicação permite protegê-los, controlar sua liberação e atenuar sabores indesejáveis, tornando-se uma estratégia valiosa para os setores alimentício, farmacêutico e cosmético (Timilsena *et al.*, 2020).

Por se tratar de um tema ainda pouco estudado e recente, a realização de uma pesquisa bibliométrica torna-se essencial, pois fornecerá dados relevantes que poderão direcionar estudos futuros e permitir uma melhor compreensão do desenvolvimento acadêmico nessa área. Seu uso é particularmente relevante em ambientes científicos e tecnológicos, onde exerce uma função essencial na análise e no gerenciamento da ciência e da tecnologia em diversas situações (Corrêa *et al.*, 2024).

Nesse contexto, este estudo tem como objetivo mapear a produção científica global sobre a microencapsulação de betalaínas nas bases de dados Web of Science (WoS) e Scopus. A análise busca identificar os países mais produtivos, suas redes de colaboração e impacto em citações, a distribuição anual das publicações, as principais áreas de pesquisa, as instituições envolvidas, as tendências emergentes e as principais fontes de matéria-prima utilizadas para a extração de betalaínas.

METODOLOGIA

A análise bibliométrica foi realizada no mês de fevereiro de 2025 na base de dados Scopus e Web of Science (WoS). A busca ocorreu usando os termos “*betalains*” AND

“*microencapsulation*”, buscando dentro dos títulos, resumos e palavras-chave dos documentos. Não utilizou-se filtros de ano para garantir que todos os estudos presentes nas bases de dados fossem coletados.

Devido a pouca quantidade de documentos encontrados, não aplicou-se filtros para selecionar apenas determinados tipos de documentos, contemplando todos presentes nas bases. Após essa etapa inicial, as informações referentes à publicações anuais, países mais produtivos, instituições, áreas temáticas de publicações foram extraídas diretamente das base de dados.

Os dados coletados na base de dados foram então processados usando o software VOSviewer (Van Eck & Waltman, 2010) (Java versão 1.8.0_261) para coletar informações sobre a cooperação entre países, citações, palavras-chave em escala temporal. O software Excel versão 2408 foi empregado para criar os gráficos na presente pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados após a busca retornaram para a Web of Science um total de 85 documentos (74 artigos, 9 revisões e 1 documento de procedimento). Na Scopus, retornaram-se um total de 47 documentos (34 artigos, 7 capítulos de livro e 6 revisões). Todos os trabalhos retornados estavam escritos no idioma inglês. Os tópicos seguintes apresentam os dados da bibliometria.

ANÁLISES DA DISTRIBUIÇÃO ANUAL DAS PUBLICAÇÕES

Na Figura 1, apresenta-se a distribuição de publicações ao longo dos anos nas bases Web of Science (WoS) e Scopus, permitindo uma análise quantitativa da produção científica sobre betalainas e a microencapsulação. Observa-se que, em todo o período de existência das plataformas, as primeiras publicações sobre o tema ocorreram apenas em 2007 e 2009, o que demonstra a recente popularização e o crescente interesse científico por essa área de pesquisa. Desde então, houve um crescimento gradual no número de publicações na WoS, com um aumento mais acentuado com início em 2018. Partindo de 2020, observa-se um pico mais expressivo publicações na WoS, enquanto na Scopus esse aumento se intensifica a partir de 2021 de forma não gradual. Em 2024, a WoS alcança o maior número de publicações em um único ano, com 17 registros, enquanto a Scopus registra um pico de 8 publicações em 2021 e 2024.

A ausência de publicações ou números muito baixos antes de 2007 e o crescimento recente indicam que o tema ganhou maior atenção científica nos últimos anos. A partir de 2016, a Web of Science mantém uma quantidade de registros mais consistente em comparação com a Scopus, sugerindo uma maior exploração do tema em periódicos indexados nesta base. A

aparente redução no número de publicações em 2025 é esperada, pois ainda estamos no primeiro trimestre do ano, e novos registros podem ser adicionados ao longo do tempo. Esse crescente esforço da comunidade científica nos últimos anos pode estar associada a demanda por alimentos mais saudáveis, buscando uma forma de manter sua estabilidade por meios de métodos como a microencapsulação.

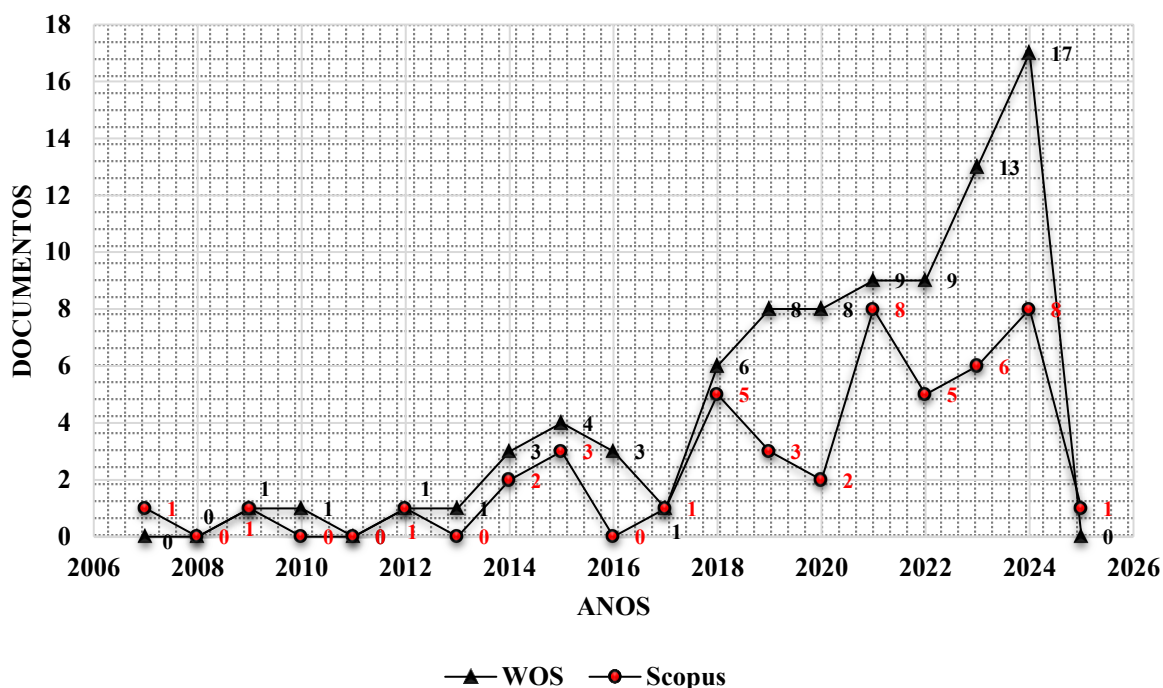


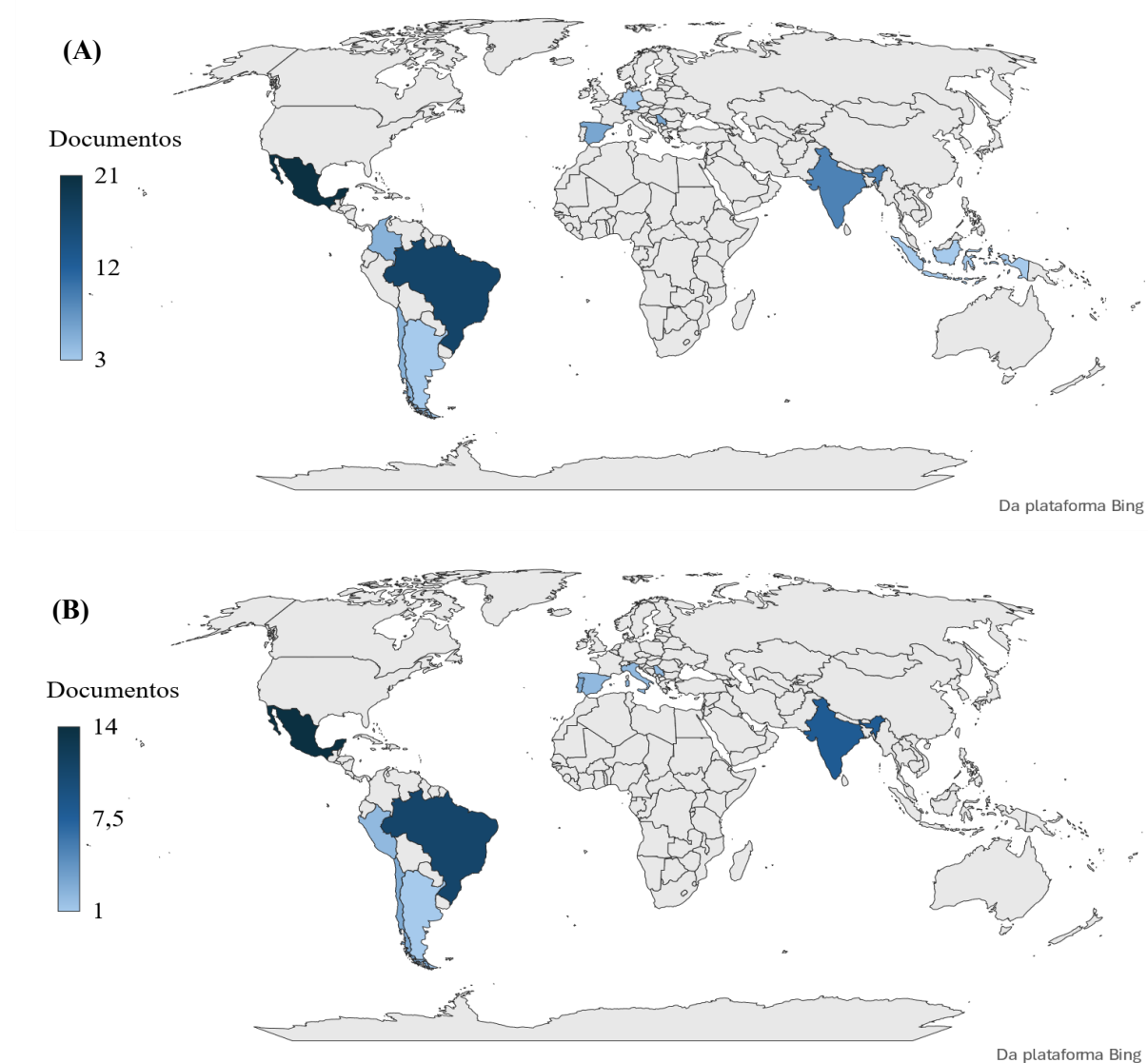
Figura 1- Distribuição anual das publicações na WoS e Scopus

Fonte: Bases de dados WoS e Scopus (2025)

PAÍSES MAIS CITADOS, PRODUTIVOS E SUAS REDES COLABORATIVAS

A busca retornou um total de 36 países que publicam na WoS e 24 na Scopus. Desse montante estão apresentados o top 10 dos países mais produtivos na Figura 2. O México lidera em ambas, com 21 publicações no WoS e 14 no Scopus, seguido pelo Brasil, que apresenta 17 e 11 publicações, respectivamente. A Índia ocupa a terceira posição em ambos os bancos, com 9 registros no WoS e 8 no Scopus. No WoS, Sérvia e Montenegro e Espanha possuem 6 publicações cada, enquanto no Scopus esse número cai para 2. Chile e Colômbia aparecem com 5 registros no WoS, mas no Scopus o Chile possui 3, enquanto a Colômbia não figura entre os mais produtivos. Portugal e Itália aparecem apenas no Scopus, com 3 e 2 publicações, respectivamente, enquanto Alemanha e Indonésia aparecem apenas no WoS, ambas com 3 registros. A Argentina mantém 3 publicações no WoS, mas no Scopus conta com apenas 1.

Figura 2- Mapa de densidade dos 10 dos países mais produtivos na (A) WoS e (B) Scopus



Fonte: Bases de dados WoS e Scopus (2025)

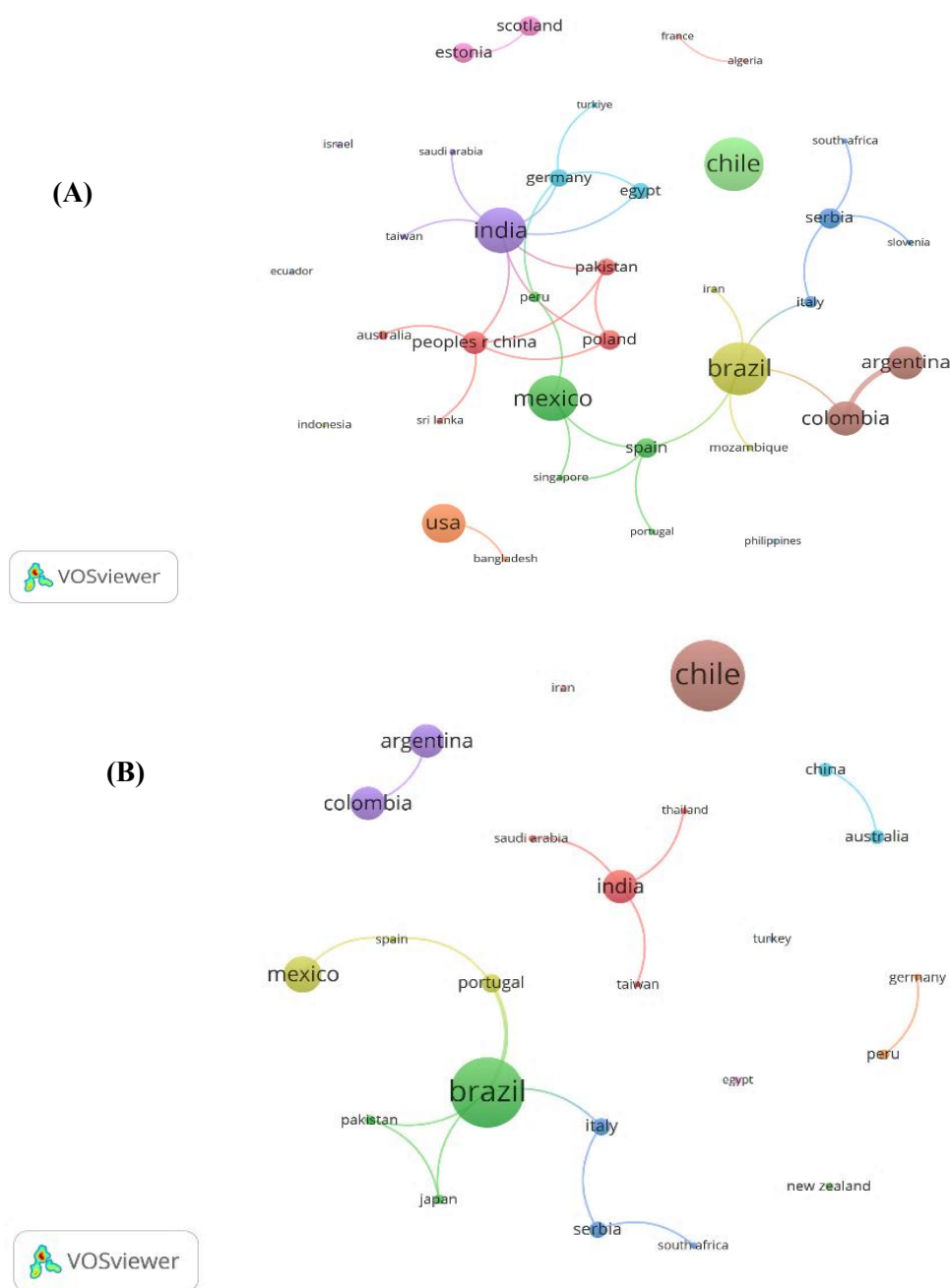
Além disso, na Figura 3, observa-se uma rede de *clusters* onde os nós (círculos) representam a quantidade de citações dos países, enquanto os links indicam a intensidade das interações (colaborações) entre eles e as cores destacam os países que apresentam colaborações mais fortes entre si.

Na WoS o Chile se destaca como o país com o maior número de citações (574), porém sem registros de colaborações internacionais, indicando que seus estudos são amplamente referenciados, mas com pouca interação direta com outros países. O Brasil, por sua vez, possui 565 citações e 5 colaborações, evidenciando um impacto significativo aliado a uma

interação moderada com outros pesquisadores. A Índia, com 457 citações e 7 colaborações, demonstra não apenas uma forte influência científica, mas também uma ampla rede de cooperação, sendo um dos países mais conectados na área.

Apesar de ser o país mais produtivo, o México registra 454 citações e 3 colaborações, o que sugere uma relevância científica expressiva, mas com menor interação internacional.

Figura 3- Países mais citados e suas redes colaborativas na (A) WoS e (B) Scopus



Fonte: Bases de dados WoS e Scopus (2025)

A Colômbia, com 299 citações e 4 colaborações, apresenta um equilíbrio entre impacto e cooperação científica. Outros países com alta citação incluem os Estados Unidos (368), Argentina (283) e China (165), sendo que a China se destaca por suas 5 colaborações, indicando um bom nível de interação com outros países. Em contraste, países como Indonésia (17 citações, sem colaborações) e Israel (12 citações, sem colaborações registradas) possuem impacto limitado e baixa interação científica. Esses dados mostram que, embora o número de citações reflita a relevância de um país na área, a colaboração internacional pode ampliar sua visibilidade e impacto global. Isso é evidente no caso da Índia e da China, que combinam um volume expressivo de citações com uma forte interação em redes de pesquisa.

A análise dos dados da Scopus revela que o Chile, com 550 citações, apresenta o maior impacto em termos de citações. No entanto, não há registros de colaborações com outros países, indicando que seus estudos são amplamente referenciados, mas sem interação científica significativa. O Brasil, com 540 citações e 5 colaborações, também se destaca, combinando um alto impacto com uma interação considerável com outros pesquisadores.

A Argentina e a Colômbia, ambas com 189 citações, possuem um impacto relevante, mas contam com apenas 1 colaboração, sugerindo uma interação científica mais limitada. A Índia, com 186 citações e 3 colaborações, demonstra uma participação expressiva tanto em impacto quanto em cooperação internacional. O México, com 212 citações, e Portugal, com 84 citações, apresentam um número moderado de citações e colaborações, sendo 1 para o México e 3 para Portugal, o que indica um nível de interação científica variável.

Outros países, como Egito, Irã, Tailândia e Turquia, possuem poucas citações, com impacto reduzido nas redes de colaboração científica, registrando de 0 a 1 colaboração. Esses dados mostram que o número de citações nem sempre está diretamente relacionado a uma forte cooperação internacional. Países como Brasil e Índia, que combinam um alto número de citações com colaborações significativas, ampliam sua influência no campo científico. Em contraste, o Chile, apesar de seu alto número de citações, não demonstra interação relevante, o que pode indicar uma influência mais restrita.

PRINCIPAIS INSTITUIÇÕES DE PESQUISAS

A WoS apresentou um total de 153 instituições e a Scopus 85 que publicam nessa temática. Essa grande quantidade de instituições são justificáveis devido as mesmas colaborarem entre si publicando artigos em conjunto. Na tabela 1, tem-se o top 10 das instituições em ambas bases de dados que apresentaram maior número de documentos publicados sobre

microencapsulação de betalaínas.

Tabela 1- Top 10 das instituições de pesquisas mais produtivas na WoS e Scopus.

WoS		
Instiuições	Documentos	País
1º Instituto Politécnico Nacional México	6	México
2º Universidad de Chile	5	Chile
3º Universidade de Novi Sad	5	Sérvia
4ª Tecnol Nacl México	4	México
5º Cimav Centro de Investigación en Materiales Avanzados S C	3	México
6º Instituto Federal do Sertão Pernambucano	3	Brasil
7º Tecnológico de Monterrey	3	México
8º Univ Autónoma Chihuahua	3	México
9º Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	3	México
10º Universidad Nacional de Colombia	3	Colômbia
Scopus		
1º Instituto Politécnico Nacional	4	México
2º Universidad de Chile	3	Chile
3º Tecnológico Nacional de México	3	México
4º TecNM en Celaya	2	México
5º Universidade Federal de Campina Grande	2	Brasil
6º Universidade Veracruzana	2	México
7º Universidade de São Paulo	2	Brasil
8º Universidade Estadual de Campinas	2	Brasil
9º Universidad de las Américas Puebla	2	México
10º Universidade Federal da Fronteira Sul	2	Brasil

Fonte: Bases de dados WoS e Scopus (2025).

Os dados da Tabela 1 corroboram com as tendências observadas na Figura 2, evidenciando o México como o país mais produtivo em ambas as bases de dados. Na Web of Science (WoS), o México se destaca com múltiplas instituições altamente produtivas, como o

Instituto Politécnico Nacional (1º), o Tecnológico Nacional de México (4º) e o Cimav Centro de Investigación en Materiales Avanzados (5º). A Universidad de Chile aparece em 2º lugar, representando o Chile, enquanto o Brasil figura na lista com o Instituto Federal do Sertão Pernambucano (6º). A Universidade Nacional da Colômbia (10º) também marca presença, demonstrando a participação de outros países latino-americanos.

Na base Scopus, o Brasil apresenta um maior equilíbrio na distribuição das publicações entre suas instituições, com quatro universidades entre as mais produtivas: Universidade Federal de Campina Grande (5º), Universidade de São Paulo (7º), Universidade Estadual de Campinas (8º) e Universidade Federal da Fronteira Sul (10º). O México mantém a liderança em número de instituições listadas, com destaque para o Instituto Politécnico Nacional (1º) e o Tecnológico Nacional de México (3º). O Chile continua presente com a Universidad de Chile (2º). Essa distribuição indica que, enquanto o México tem maior quantidade de instituições produtivas, o Brasil demonstra uma produção científica mais distribuída entre diferentes universidades.

A WoS parece abranger uma gama mais diversificada de instituições, incluindo centros de pesquisa menores, enquanto a Scopus traz destaque de instituições apenas do México, Brasil e Chile. Assim, enquanto a WoS reflete um cenário acadêmico mais distribuído na América Latina, a Scopus reforça a dominância das universidades brasileiras e mexicanas na produção científica.

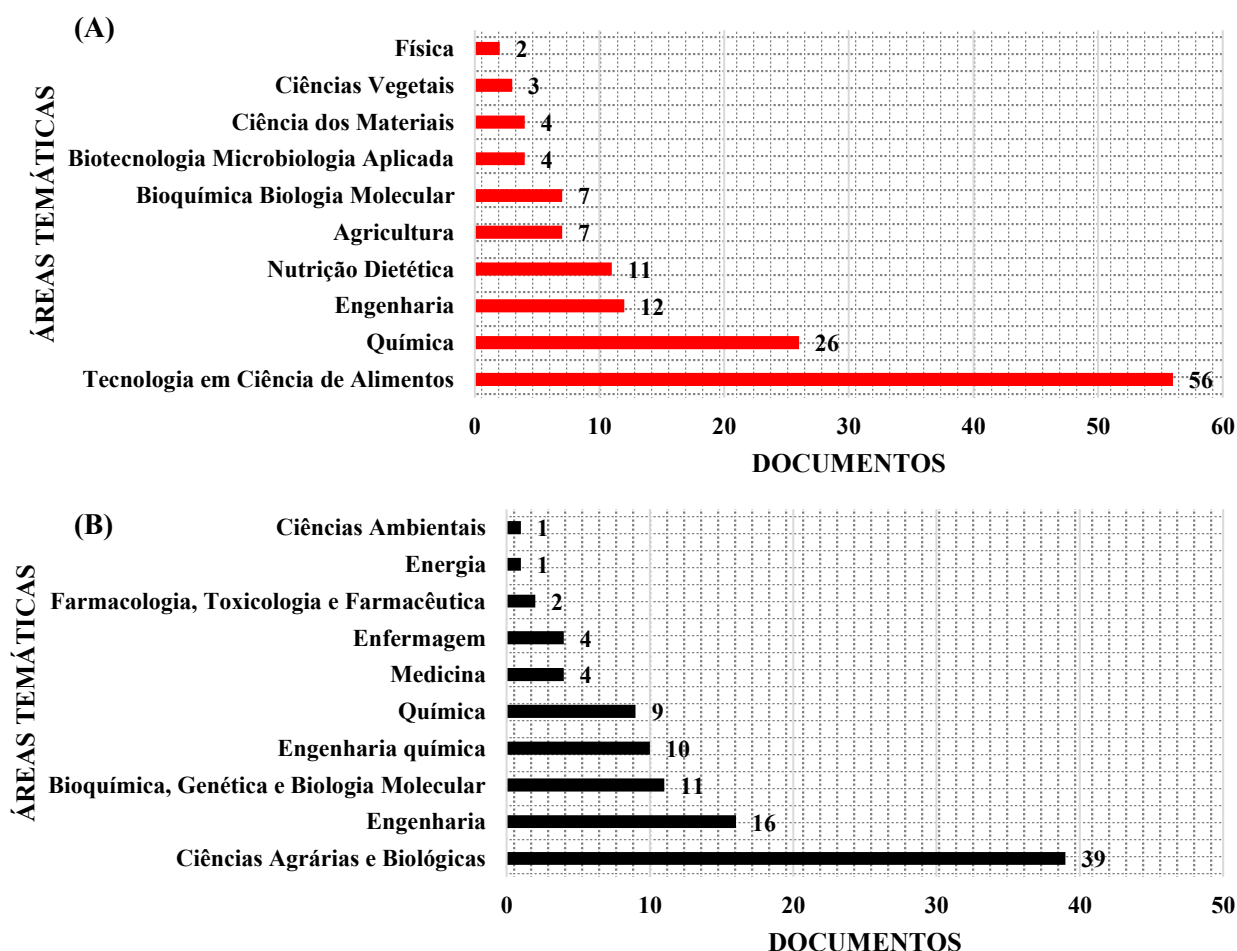
ÁREAS TEMÁTICAS MAIS PRODUTIVAS

A WoS apresentou um total de 17 áreas temáticas enquanto a Scopus apenas 14. Dessas, estão apresentadas na Figura 4 o top 10 das áreas mais produtivas de ambas as bases de dados.

Na Web of Science, a área de Tecnologia em Ciência de Alimentos concentra o maior número de publicações, totalizando 56 documentos, seguida por Química, com 26, e Engenharia, com 12. Outras áreas relevantes incluem Nutrição e Dietética, com 11 publicações, e Agricultura, com 7, além de Bioquímica e Biologia Molecular, Biotecnologia e Microbiologia Aplicada, Ciência dos Materiais, Ciências Vegetais e Física, que apresentam menor representatividade. No caso da Scopus, a distribuição dos documentos evidencia uma maior concentração na área de Ciências Agrárias e Biológicas, com 39 publicações, seguida por Engenharia, com 16, e Bioquímica, Genética e Biologia Molecular, com 11. Outras áreas de destaque incluem Engenharia Química, Química, Medicina, Enfermagem, Farmacologia, Toxicologia e Farmacêutica, além de Energia e Ciências Ambientais, que apresentam menor

número de documentos indexados. Enquanto a Web of Science evidencia uma predominância de publicações relacionadas à Tecnologia em Ciência de Alimentos e Química, a Scopus apresenta um maior número de estudos voltados para Ciências Agrárias e Biológicas. Algumas áreas aparecem em ambas as bases, como Engenharia, Bioquímica e Química, indicando que a pesquisa analisada transita por diferentes campos do conhecimento. A presença de publicações nas áreas de Nutrição e Dietética, Farmacologia, Toxicologia e Farmacêutica sugere um interesse em aspectos que envolvem a aplicação dos estudos na área da saúde e segurança alimentar.

Figura 4- Top 10 áreas temáticas mais produtivas nas bases de dados (A) WoS e (B) Scopus



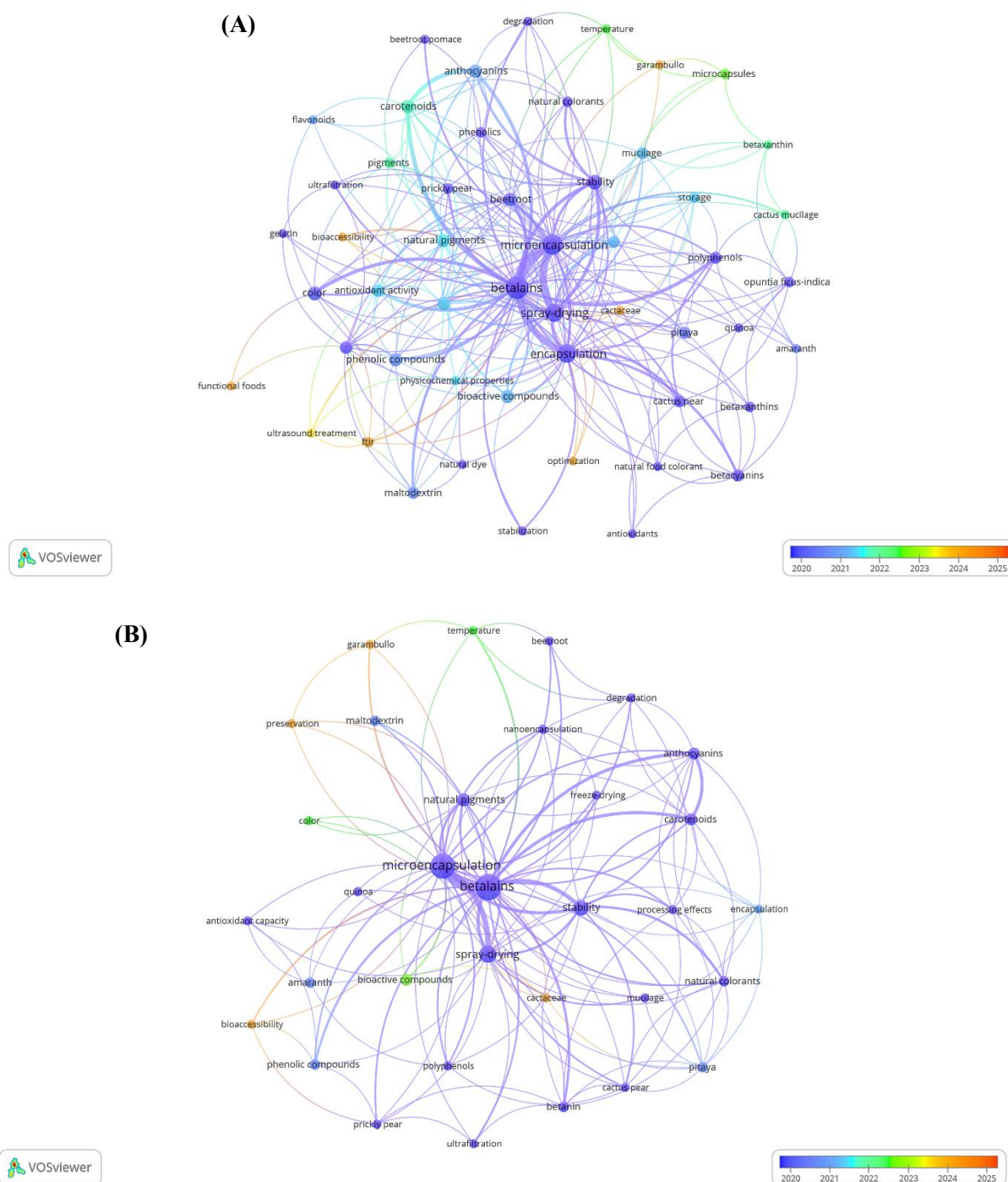
Fonte: Bases de dados WoS e Scopus (2025)

ANÁLISE DE PALAVRAS-CHAVE E TENDÊNCIAS FUTURAS EM PESQUISAS SOBRE BETALAÍNAS MICROENCAPSULADAS

Analisando as palavras-chave nos 85 documentos da WoS, temos um total de 241 termos, onde na Figura 5 apresentam-se apenas aqueles que tiveram no mínimo 2 ocorrências.

Ainda, temos representação dos termos mais recentes estudados e os menos estudados pelo lastro temporal dos últimos anos (2021-2025), mostrando dessa forma, as tendências futuras de pesquisas nessa temática. No Scopus, nos 47 documentos, obtivemos um total de 158 palavras-chave em que mostra-se na Figura 5 aquelas com no mínimo 2 ocorrências.

Figura 5- Termos mais estudados entre 2021-2025 nas bases de dados (A) WoS e (B) Scopus



Fonte: Bases de dados WoS e Scopus (2025).

Os termos mais recentes estudados na temática da microencapsulação de betalaínas incluem *Cactaceae*, *garambullo* (*Myrtillocactus geometrizans*), *optimization*, *bioaccessibility*, *functional foods*, *FTIR* e *ultrasound treatment*, conforme identificado na Web of Science. Já na Scopus, os termos mais recentes incluem *preservation*, *Cactaceae*, *bioaccessibility* e *garambullo* (*Myrtillocactus geometrizans*).

Na Web of Science estudos recentes destacam o uso de *Cactaceae*, como *Myrtillocactus geometrizans* (*garambullo*), na extração e aplicação de betalaínas, evidenciando seu potencial na indústria alimentícia. A avaliação da bioacessibilidade das betalaínas encapsuladas tem sido um dos principais focos de investigação, visando compreender sua liberação e absorção em diferentes matrizes alimentares.

Além disso, a técnica analítica como FTIR (Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier) têm sido amplamente aplicadas recentemente para caracterizar as interações químicas entre os pigmentos e os agentes encapsulantes, auxiliando na compreensão da estabilidade estrutural dos compostos conforme a rede de termos e em vários estudos como o de Delia *et al.* (2019) e Espinoza *et al.* (2024), entre outros. O uso de tecnologias emergentes, como o ultrassom, também tem sido explorado para melhorar a dispersão e a eficiência da encapsulação, influenciando diretamente a retenção e a funcionalidade das betalaínas. Pesquisas futuras devem aprofundar esses aspectos, buscando aprimorar a estabilidade dos pigmentos encapsulados e expandir suas aplicações em alimentos funcionais.

Na Scopus o uso de *Cactaceae*, particularmente *Myrtillocactus geometrizans* (*garambullo*), tem sido destacado para a extração dessas betalaínas e sua posterior aplicação em alimentos funcionais. Além das metodologias tradicionais, a Scopus tem mostrado o crescente interesse em tecnologias emergentes, como o ultrassom, que visa otimizar a encapsulação e garantir maior eficiência na preservação e liberação das betalaínas. O uso de FTIR também tem sido um método importante para analisar as interações entre os pigmentos encapsulados e os agentes de encapsulação, aumentando a compreensão da estabilidade estrutural dessas moléculas. Pesquisas futuras na Scopus apontam para a continuidade da investigação sobre a melhoria da bioacessibilidade e estabilidade dos pigmentos encapsulados, visando a sua utilização em alimentos funcionais, aproveitando as características únicas das betalaínas para oferecer benefícios à saúde.

Os estudos que apresentaram vegetais como matéria-prima para extração de betalaínas foram: *garambullo* (*Myrtillocactus geometrizans*) como estudos de Aguilar *et al.* (2024), pitayas do tipo *Stenocereus stellatus* de Dagnino *et al.* (2024) e *Hylocereus polyrhizus* (Vieira *et al.*, 2024) e outros. A *Opuntia ficus-indica*, estudada por Otálora *et al.* (2015) e outros.

O amaranthus (*hypochondriacus* Var. *Nutriso*) estudada por García *et al.* (2023), a beterraba estudada por Santos *et al.*, (2025) e a quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) pesquisado por Tuesta *et al.*(2018).

A utilização dessas plantas como matéria-prima para a extração de betaláinas pode oferecer alternativas naturais e sustentáveis para o desenvolvimento de produtos funcionais, além de valorizar subprodutos agrícolas e contribuir para a sustentabilidade do setor.

CONCLUSÃO

A predominância de registros na Web of Science indica uma maior exploração do tema nessa base, refletindo o crescimento da pesquisa nos últimos anos. México, Brasil e Índia se destacam na produção científica, com variações na representatividade entre WoS e Scopus. Embora o número de citações indique relevância, a colaboração internacional amplia significativamente o impacto global. O Chile lidera em citações, mas sem cooperação expressiva, enquanto Brasil e Índia combinam alta citação com forte interação científica.

O México lidera a produtividade em ambas as bases, com a WoS apresentando maior diversidade institucional, enquanto a Scopus destaca principalmente universidades do Brasil e México. A WoS foca em Tecnologia de Alimentos e Química, enquanto a Scopus prioriza Ciências Agrárias e Biológicas, ambas ressaltando Engenharia e Bioquímica.

As tendências indicam um crescente interesse na microencapsulação de betaláinas de fontes vegetais como *Myrtillocactus geometrizans*, *Opuntia ficus-indica*, *Amaranthus spp.*, *Hylocereus polyrhizus* e beterraba. Estudos recentes priorizam bioacessibilidade, estabilidade e aplicação das betaláinas em alimentos funcionais, além do uso de tecnologias emergentes, como ultrassom e FTIR, para otimizar sua extração e encapsulação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR, I.R; MÁRQUEZ, O.G.M.; REVILLA, G.O.; VELÁZQUEZ, T.G.; MONROY, O.A.R. Phytochemical Compounds, and Antioxidant, Anti-Hyperglycemic, and Anti-Inflammatory Activity of Microencapsulated Garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*) Extract During In Vitro Digestion and Storage. **Processes**, [S. l.], v. 12, n. 11, p. 2526, 2024.
- ABARNA, S.; JOSHI, A; SETHI, S; KAUR, C; TOMAR, B.S; KUMAR, R; VARGHESE, E. Beetroot Betalains and Antioxidant Potential: A Function of Maturity Stage. **National Academy Science Letters**, [S. l.] v. 46, n. 5, p. 457–460, 2023.
- CORRÊA, N.F.; FILHO, A.C.P; RIBEIRO, V.O.; DIODATO, J.O. Cienciometria E Bibliometria Do Estudo De Geotecnologias E Saneamento Na Região De Porto Murtinho-MS. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, [S. l.], v. 18, n. 2, p. e04937, 2024.
- DAGNINO, M.S. A.; SÁNCHEZ-MADRIGAL, M. Á.; HEREDIA-OLEA, E.; MELÉNDEZ-

PIZARRO, C. O.; ORTIZ-BASURTO, R. I.; LARDIZÁBAL-GUTIÉRREZ, D.; PARAGUAY-DELGADO, F.; NEDER-SUÁREZ, D.; QUINTERO-RAMOS, A.. Microencapsulation of pitaya juice (*Stenocereus stellatus*) by spray drying using mixtures of fructans, whey protein, and modified starch as carrier agents. **Biotecnia**, [S. l.], v. 26, p. e2268, 2024.

DELIA, S.C.; CHÁVEZ, G.M.; LEÓN-MARTÍNEZ FRANK, M.; ARACELI, S. García P.; IRAIS, A.L.; FRANCO, A.A.. Spray drying microencapsulation of betalain rich extracts from *Escontria chiotilla* and *Stenocereus queretaroensis* fruits using cactus mucilage. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 272, p. 715–722, 2019.

ESPINOZA, D.G; GONZALEZ-CALDERON, J. A.; RIVERA-VÁZQUEZ, R.; AGUIRRE-MANCILLA, C.L.; DELGADO-ALVARADO, E.; HERRERA-MAY, A.L.; PÉREZ-PÉREZ, M.C.I. Microencapsulation of Betalains Extracted from *Garambullo* (*Myrtillocactus geometrizans*) to Produce Active Chitosan–Polyvinyl Alcohol Films with Delayed Release of Bioactive Compounds. **Antioxidants** **2024**, Vol. **13**, Page **1031**, [S. l.], v. 13, n. 9, p. 1031, 2024. ISSN: 2076-3921. DOI: 10.3390/ANTIOX13091031. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3921/13/9/1031/htm>. Acesso em: 9 mar. 2025.

GARCÍA, D.T.; PARAGUAY-DELGADO, F.; LARDIZÁBAL-GUTIÉRREZ, D.; QUINTERO-RAMOS, A.; MELÉNDEZ-PIZARRO, C. O.; OCHOA-MARTÍNEZ, L. A.; SÁNCHEZ-MADRIGAL, M.; RUIZ-GUTIÉRREZ, M. G.; ESPINOZA-HICKS, J. C. Effectiveness of *Opuntia ficus-indica* mucilage as a carrier agent in microencapsulation of bioactive compounds of *Amaranthus hypochondriacus* var. Nutrisol. **Food Bioscience**, [S. l.], v. 52, p. 102368, 2023.

GENGATHARAN, A.; DYKES, G.A; TECHNOLOGY, WS Choo-LWT-Food Science and; 2015, Undefined. Betalains: Pigmentos naturais de plantas com potencial aplicação em alimentos funcionais. **LWT - Food Science and Technology**, [S. l.], p. 645-649, 2015.

GONÇALVES, L.C.P.; LOPES, N.B.; AUGUSTO, F.A.; PIOLI, R.M.; MACHADO, C.O.; FREITAS-DÖRR, B.C.; SUFFREDINI, H.B.; BASTOS, E.L. Phenolic betalain as antioxidants: Meta means more. **Pure and Applied Chemistry**, [S. l.], v. 92, n. 2, p. 243–253, 2020.

LOMBARDELLI, C.; LIBURDI, K.; BENUCCI, I.; ESTI, M. Tailored and synergistic enzyme-assisted extraction of carotenoid-containing chromoplasts from tomatoes. **Food and Bioproducts Processing**, [S. l.], v. 121, p. 43–53, 2020.

NIRMAL, N.P.; MEDHE, S.; DAHAL, M.; KOIRALA, P.; NIRMAL, S.; AL-ASMARI, F.; XU, B. Betalains protect various body organs through antioxidant and anti-inflammatory pathways. **Food Science and Human Wellness**, [S. l.], v. 13, n. 3, p. 1109–1117, 2024.

OTÁLORA, M.C.; CARRIAZO, J.G.; ITURRIAGA, L.; NAZARENO, M.A.; OSORIO, C. Microencapsulation of betalains obtained from cactus fruit (*Opuntia ficus-indica*) by spray drying using cactus cladode mucilage and maltodextrin as encapsulating agents. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 187, p. 174–181, 2015.

RENARD, C.M.G.C. Extraction of bioactives from fruit and vegetables: State of the art and perspectives. **LWT-Food Science and Technology**, [S. l.], v. 93, p. 390–395, 2018.

SANTOS, N. C.; ALMEIDA, R. L. J.; MONTEIRO, S. S.; LIMA, T. L. B.; FIGUEIRA, J. G.

S.; MARTINS, A. N. A.; PAIVA, Y. F.; PINHEIRO, L. S. S.; MORAIS, S. K. Q.; CARVALHO, R. O.; DIAS, R. A. L.; SILVA, H. A.; MOTA, M. M. A.; GOUVEIA, D. S.; PASQUALI, M. A. B.; ROCHA, A. P. T.. Ultrasound combined with chemical hydrolysis as a pretreatment for microencapsulation of beetroot waste by spray and freeze drying. **Chemical Engineering and Processing - Process Intensification**, [S. l.], v. 208, p. 110082, 2025.

TUESTA, S.A.; NAVARRO, W.M.; SILVA, C.E; ATENCIO, J.B; HOYOS, L.C. Microencapsulated betacyanin from colored organic quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): optimization, physicochemical characterization and accelerated storage stability. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [S. l.], v. 98, n. 15, p. 5873–5883, 2018.

TIMILSENA, Y. P.; HAQUE, M. A.; ADHIKARI, B.; TIMILSENA, Y. P.; HAQUE, M. A.; ADHIKARI, B. Encapsulation in the Food Industry: A Brief Historical Overview to Recent Developments. **Food and Nutrition Sciences**, [S. l.], v. 11, n. 6, p. 481–508, 2020.

VAN ECK, N.J.; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, [S. l.], v. 84, n. 2, p. 523–538, 2010.

VIEIRA, T.R.R.; LIMA, A.B.; RIBEIRO, C.M.C.M.; MEDEIROS, P.V.Q.; CONVERTI, A.; LIMA, M.S.; MACIEL, M.I.S. Red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) as a source of betalains and phenolic compounds: Ultrasound extraction, microencapsulation, and evaluation of stability. **LWT-Food Science and Technology**, [S. l.], v. 196, p. 115755, 2024.

VILLANO, D.; VIGUERA, C.G.; MENA, P. Colors: Health Effects. **Encyclopedia of Food and Health**, [S. l.], p. 265–272, 2016.