

MICROENCAPSULAÇÃO COMO ALTERNATIVA PARA ESTABILIDADE DE CORANTES NATURAIS: UMA REVISÃO

MICROENCAPSULATION AS AN ALTERNATIVE FOR THE STABILITY OF NATURAL COLORANTS: A REVIEW

DOI: 10.65747/conali2025v3c14

Flávia Luiza Araújo Tavares da Silva¹; Taís Letícia de Oliveira Santos²; Maria Sza Amaral Santos Ferreira³; Anna Santos Costa⁴; Roberto Rodrigues de Souza⁵; Patrícia Beltrão Lessa Constant⁶

¹Estudante do Programa de Pós Graduação em Biotecnologia – RENORBIO/SE – UFS; flavialuats@hotmail.com

²Estudante do Programa de Pós Graduação em Tecnologia de Alimentos – PPGTA/FEA – UNICAMP; taisleticia12@hotmail.com

³Estudante do Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos – CCET/DTA – UFS; mszaamara@gmail.com

⁴Estudante do Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos - PROCTA – UFS; annasantos616@gmail.com

⁵Docente do Programa de Pós Graduação em Biotecnologia – RENORBIO/SE – UFS.

⁶Docente do Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – PROCTA– UFS.

Resumo: A cor dos alimentos influencia diretamente a decisão de compra, e a crescente demanda por ingredientes naturais impulsiona estudos sobre o uso de corantes naturais em alimentos. Apesar de seu valor nutricional, esses compostos são instáveis frente a calor, luz e oxigênio. A microencapsulação surge como técnica promissora para preservar suas propriedades. Este trabalho tem como objetivo revisar a literatura e realizar uma análise bibliométrica sobre a microencapsulação de corantes naturais, destacando sua eficácia na estabilidade e os principais marcadores científicos. A revisão foi ampla e sem restrições de base ou período; a análise utilizou as bases *Scopus* e *Web of Science*, com tratamento no *RStudio* e *Biblioshiny*. A revisão de literatura permitiu caracterizar os corantes naturais quanto a tipos, fontes, cores e aplicações, além de destacar a microencapsulação como estratégia para estabilidade. A técnica mais empregada foi *spray drying*, enquanto a gelificação iônica se destacou pela viabilidade econômica, e a liofilização, pela preservação da cor. A análise bibliométrica revelou forte coocorrência entre termos como *food dye*, *color*, *anthocyanins* e *food coloring agents*, com *microencapsulation*, *stability* e *color* também evidenciados. A partir de 2018, observou-se um crescimento expressivo das publicações sobre o tema. O Brasil liderou em volume de produção e produtividade de autores. Entre os dez artigos mais citados, mais de 60% pertencem à área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com predominância de periódicos relevantes da mesma área. Concluiu-se que a

microencapsulação apresenta elevada viabilidade técnica e econômica para promover a estabilidade dos corantes naturais.

Palavras-chave: Tecnologia de alimentos; pigmentos naturais; análise bibliométrica; indicadores.

Abstract: The color of food directly influences consumer purchasing decisions, and the growing demand for natural ingredients has driven research on the use of natural colorants in food products. Despite their nutritional value, these compounds are unstable when exposed to heat, light, and oxygen. Microencapsulation has emerged as a promising technique to preserve their properties. This study aims to conduct a literature review and a bibliometric analysis on the microencapsulation of natural colorants, highlighting its effectiveness in improving stability and identifying key scientific markers. The review was broad, with no restrictions on databases or time frame. The bibliometric analysis was based on the *Scopus* and *Web of Science* databases, with data processing performed in *RStudio* and *Biblioshiny*. The literature review allowed for the characterization of natural colorants in terms of types, sources, colors, and applications, and emphasized microencapsulation as a stabilization strategy. Spray drying was the most widely used technique, while ionic gelation stood out for its economic feasibility, and freeze-drying for its effectiveness in preserving color. The bibliometric analysis revealed strong co-occurrence of terms such as food dye, color, anthocyanins, and food coloring agents, with microencapsulation, stability, and color also prominently featured. Since 2018, there has been a significant increase in publications on the topic. Brazil led in research output and author productivity. Among the ten most cited articles, over 60% belong to the field of Food Science and Technology, with a predominance of highly relevant journals in the same area. It is concluded that microencapsulation offers high technical and economic feasibility for enhancing the stability of natural colorants.

Keywords: Food technology; natural pigments; bibliometric analysis; indicators

INTRODUÇÃO

A perspectiva mundial de cuidado com a saúde vem crescendo significativamente. O consumidor tem se tornado mais criterioso com as formulações dos alimentos. Nesse viés, os produtos que utilizam corantes sintéticos ou artificiais apresentaram uma queda em relação ao consumo. Em contrapartida, a procura de produtos com formulações naturais aumentou (1).

A cor é um dos principais atributos sensoriais de um alimento. Além de ser um apelo para aceitabilidade, muitas vezes também é um parâmetro que determina indicação de qualidade. Apesar da grande estabilidade dos corantes sintéticos e artificiais em relação aos corantes naturais, vários estudos vêm sendo desenvolvido ao longo dos anos para garantir estratégias que atuem melhorando a estabilidade dos corantes naturais (2).

Os corantes naturais são normalmente muito sensíveis a altas temperaturas, luz e oxigênio, sendo sujeitos a perda de pigmentos durante o armazenamento. No entanto, além da função característica de colorir, eles possuem compostos bioativos que atuam

comumente como antioxidantes. Dessa forma, além de garantir a coloração e o alcance sensorial dos produtos, os corantes naturais apresentam um potencial para enriquecimento nutricional onde são incorporados, alcançando a alegação de alimento funcional (3,4).

Para que esses compostos não sejam degradados tão facilmente e sua cor apresente aspectos indesejáveis aos produtos são utilizadas técnicas que protegem esses compostos para que eles atinjam o objetivo no tempo estimado. Uma dessas técnicas é a microencapsulação. A microencapsulação atua revestindo o composto ativo, evitando que haja degradação na presença dos fatores externos. A técnica de encapsulamento não se limita apenas a corantes, vários estudos apresentam sua utilização para aromas, lipídeos e proteínas do leite, assim também como diversos compostos nutricionais (5).

Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão de literatura acerca da relação dos corantes naturais com as técnicas de microencapsulação, assim como definir indicadores de produção de trabalhos científicos sobre o tema através de uma análise bibliométrica. Dessa forma, justificar a eficiência e viabilidade da aplicação da técnica da microencapsulação como fator de garantia da estabilidade para os corantes naturais. Além de servir para fomentar o desenvolvimento de estudos futuros.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho teve como objetivo identificar, na literatura científica, o estado da arte, bem como os principais trabalhos e periódicos de maior relevância relacionados à técnica de microencapsulação aplicada a corantes naturais. Buscou-se investigar a relação entre a aplicação da microencapsulação e a estabilidade desses corantes, abordando suas definições, técnicas envolvidas e, adicionalmente, mapeando os autores, artigos, periódicos e países com maior produção científica sobre o tema, no período de 2004 a 2025.

Como parte da metodologia, foi realizada uma revisão de literatura seguida de uma análise bibliométrica, com o objetivo de responder à pergunta de pesquisa. A análise foi conduzida nas bases de dados científicas **Scopus** e **Web of Science**. Para a busca, foram utilizados os seguintes descritores em inglês: "*microencapsulation*" AND "*natural dye**" OR "*microencapsulation*" AND "*natural*" AND "*dye**", com aplicação de filtros para delimitação dos resultados (Figura 1).

Após a obtenção dos dados, os arquivos foram importados para o *software RStudio* para unificação dos dados provenientes das duas bases e eliminação de duplicatas. Em seguida, os dados tratados foram analisados por meio da plataforma **Biblioshiny**, possibilitando a geração de gráficos e a extração de informações bibliométricas relevantes

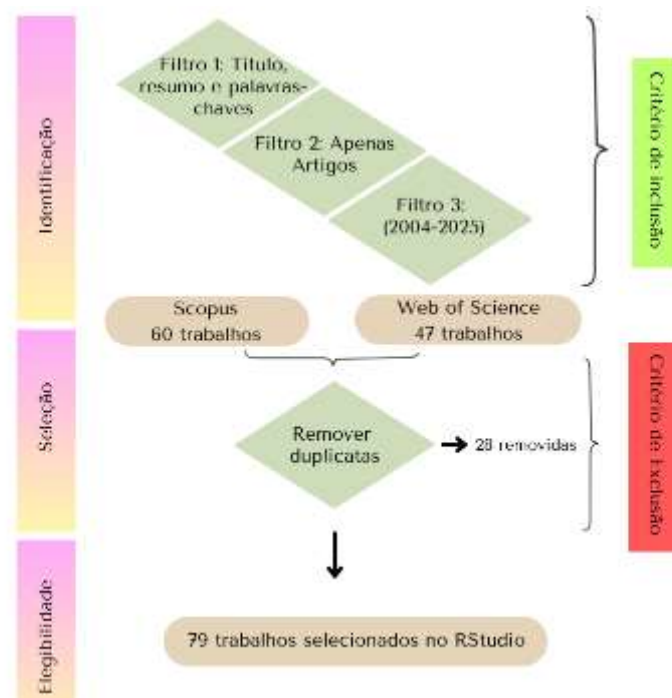


Figura 25 – Fluxograma da metodologia aplicada
 Fonte: Autores, 2025

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Corantes Naturais

Segundo (6), os registros do surgimento dos corantes naturais aparecem por volta de 3000 a.C., nessa época sua utilização significava poder e a divisão entre povos. Como as formas de obtenções eram mantidas em segredo, raramente eram mencionadas. Posteriormente, há relatos sobre a extração de variados tipos como: vegetal (frutos, flores, cascas e raízes) e animal (insetos). Dos corantes mais antigos e com grande relevância na história apresentam-se o azul índigo e a púrpura, respectivamente. Através da fermentação das folhas da *Indigofera tinctoria* era obtido o azul índigo, esse corante contribuiu com a economia Europeia nos séculos XVIII e XIX devido a sua popularidade. O púrpura, corante extraído de animal, moluscos de gênero Murex, além do título de um dos mais antigos, também é conhecido como o mais caro e relativo a realeza. No entanto, devido a necessidade da utilização de bastantes moluscos, essa espécie foi extinta (7).

Os índios utilizavam os corantes para pintar vestimentas, artefatos e os próprios corpos. A pintura corporal possuía princípios de proteção contra insetos, proteção contra raio solares ou estado de espírito. De acordo com (8), há diversos sentidos na pintura corporal feita pelos índios, como: cerimônias (casamento, luto), cura, proteção, ritos de passagem, função guerreira ou religiosa. A cultura indígena aumenta a notoriedade dos corantes, devido à importância da sua utilização como marco na sociedade. A maneira que os indígenas extraíam os corantes são variadas de acordo com cada tribo. (9) afirmam que os corantes eram depositados em cuias e que a variação da

intensidade era em relação ao estágio de maturação do fruto. A cor mais intensa era obtida de um fruto mais verde.

Como definição, corantes são substância ou mistura de substâncias que tem como objetivo conferir ou intensificar a cor de um alimento. A Resolução CNNPA nº 44, de 1997, classifica-os em: artificial, orgânico (natural, sintético e sintético idêntico ao natural), inorgânico e os caramelos (10).

De acordo com (11), os corantes sintéticos apresentam uma grande vantagem devido a sua estabilidade quando comparado aos corantes naturais. Os custos de produção também são considerados menores, pois apresentam maior uniformidade durante a produção e aplicação em produto. No entanto, o consumo a longo prazo desses corantes implica em efeitos maléficos a saúde humana, como alergias.

Por outro lado, os corantes naturais não apresentam toxicidade em relação ao consumo diário e a longo prazo, além de possuir um ampla aplicação e poder de conferir cor. São obtidos de matérias primas presente na natureza, e garante benefícios à saúde de quem consome (12,13).

Os tipos de corantes naturais alimentícios estão representando conforme a Tabela 1.

Tabela 19 – Tipos de corantes e suas fontes			
Corante	Fonte	Cor	Aplicação comercial
Antocianinas	Flores, frutos e plantas superiores	Infinidade de cores, desde o laranja, vermelho, purpura e azul.	Indústria alimentícia
Urucum	Semente do urucuzeiro (<i>Bixa orellana</i> , L.)	Amarelo-alaranjado	Indústria alimentícia, cosméticos, indústria farmacêutica e indústria têxtil
Carmin	Fêmeas dessecadas de insetos da espécie <i>Dactylopius coccus</i>	pH ácido: Laranja pH básico: Azul pH entre 5,0 e 7,0: Vermelho	Indústria alimentícia
Curcumina	Rizomas da cúrcuma (<i>Curcuma longa</i>)	pH ácido: amarelo limão pH básico: laranja	Indústria alimentícia, indústria farmacêutica, cosméticos e biotecnologia

Betalaínas	Vegetais da ordem Centrospermeae	Vermelho e Amarelo	Indústria alimentícia e indústria farmacêutica
Páprica	Páprica doce	Vermelho alaranjado	Indústria alimentícia
Clorofila	Plantas verdes e algas	Verde	Indústria alimentícia
Azul de genipina	Fruto da Gardênia (<i>Gardenia jasminoides</i>) e do fruto verde de jenipapo (<i>Genipa americana</i> L.)	Azul marinho	Indústria alimentícia

Fonte: Elaboração própria, 2025

Os corantes naturais apresentam uma grande qualificação de serem utilizados. As antocianinas, flavonoides solúveis em água, com a sua alteração de pH mostra-se em cores do azul ao vermelho. Assim como as antocianinas, o carmin apresenta 3 cores distintas quando submetido a diferentes pH, laranja, azul e vermelho. A curcumina também expõe uma variação de cor que vai do laranja para o amarelo limão, no entanto, essa variação é ainda menor que as citadas (14,15).

A indústria de alimentos utiliza com maior frequência antocianinas, betalaínas, carotenoides e clorofilas. Cada um desses pigmentos possui especificidades distintas. As antocianinas, por exemplo, apresentam diferença em relação a sua estrutura e propriedades. As betalaínas apresentam uma maior sensibilidade à presença de luz e altas temperaturas, parâmetros que podem conferir sabor indesejado ao corante quando aplicadas em alimentos. Ainda em relação as betalaínas, sua aplicação não requer um valor de Ingestão Diária Aceitável (IDA), em virtude da possível não-toxicidade demonstrada em diversos estudos (15,16,17).

Dentre as diversas técnicas de extração dos corantes naturais, uma que está em destaque é a de reaproveitamento de resíduos, pois além de consistir em um método de baixo custo, possui compostos bioativos presentes, evita desperdício e que sejam descartados. No entanto, há tecnologias que empregam o uso de solventes, altas temperaturas e extração aquosa. O que se leva em consideração é a técnica que obtém o melhor rendimento, estabilidade dos compostos bioativos e a sensibilidade dos corantes naturais (18).

Vários estudos demonstram os efeitos benéficos dos corantes naturais como a capacidade antioxidante e antiinflamatória. De acordo com os seus compostos bioativos, (19), afirmam a eficiência dos corantes naturais em relação a impedir os radicais livres e evitar a progressão de doenças. Outros trabalhos

corroboram com a relação entre o consumo dos corantes naturais e o potencial para prevenção de doenças, como alguns tipos de câncer e doenças cardiovasculares (20).

Microencapsulação

O processo de microencapsulação consiste no empacotamento de partículas minúsculas de ingredientes ativos em um segundo material. Esses ingredientes podem ser sólidos, líquidos ou gases. A principal finalidade da encapsulação é proteger o princípio ativo e liberar no tempo determinado para atingir seus objetivos naquele alimento. É um processo utilizado para dar maior estabilidade e evitar a degradação de ingredientes sensíveis. O princípio ativo encapsulado pode ser localizado na região central da cápsula ou disperso na matriz, o primeiro sendo chamado de microcápsula e o segundo micropartículas ou microesferas (21,22).

Estudos mostram que os primeiros registros sobre as tentativas de microencapsulação são da década de 30, desde então as pesquisas explorando cada vez mais possibilidade de encapsular para diversas finalidades, sendo de aplicação farmacêutica, química, alimentícias como também na agroindústria química (23). A microcápsula é definida como uma estrutura que possui um núcleo com o princípio ativo envolto por uma membrana feita do agente de parede (24).

A maltodextrina é descrito por (25) como um agente carreador vantajoso e eficiente, dado que em seu estudo pode-se observar que o teste de estabilidade não obteve variações nos parâmetros colorimétricos. Este agente também é citado por (26), devido a seu custo acessível, sabor e aroma neutro, o que não interfere na formação da microcápsula, como também sua proteção contra oxidação.

Existem vários métodos de escolha de processo para a microencapsulação, desde químicos, físicos e físico-químicos. A técnica de *spray drying* é a mais estudada e utilizada atualmente por diversas áreas industriais, devido ao baixo custo do processo, a estabilidade do produto final, retenção satisfatória de compostos voláteis e disponibilidade dos equipamentos. Em contrapartida, a gelificação iônica é uma técnica que vem apresentando resultados satisfatórios na encapsulação do setor alimentício por possuir uma metodologia simples e ser economicamente viável, além de conferir a estabilidade proposta pela microencapsulação. A escolha da técnica é de acordo com as propriedades físico-químicas do material que pretende encapsular (27). No entanto, há métodos específicos e utilizados para microencapsulação de alimentos, como além dos citados, a coacervação e liofilização.

Spray Drying

Sendo uma das técnicas de microencapsulação mais antigas, a *spray drying* utiliza a retirada de água através de secagem, isso assegura prevenção de degradação, redução de custos e estabilidade microbiológica. Compreende-se por *spray drying* uma operação que tem como finalidade a transformação de um fluido para forma em pó dentro de uma câmara que fará uma dispersão das

gotículas presente no material com o gás aquecido. A microencapsulação vai revestir esse pó formando uma barreira física de proteção evitando a exposição e liberando o material ativo quando desejado (28,29).

Envolvendo quatro etapas, essa técnica é a mais utilizada pela indústria. A emulsão é preparada através da seleção de um material de parede que deve ser hidratado e inserido do material ativo para encapsulação. É feita a homogeneização dessa emulsão e através da bomba de alimentação levada para a câmara de secagem. Na atomização haverá a formação de gotículas, quando se inicia a secagem a água das gotículas será evaporadas e formará na superfície da gotícula uma crosta seca. O produto segue para o ciclone coletor de pó que fará a separação do produto seco e do ar desejado (28,29).

Com base em exemplos de estudos encontrados a cerca dessa técnica, (30) realizaram o microencapsulamento por *spray drying* da *Momordica Charantia* Linn para disfarçar o gosto amargo apresentado pela mesma. Através dessa técnica pôde-se obter um pó com características sensoriais aceitáveis e com potencial para aplicação em alimentos.

(31) utilizaram a técnica de microencapsulação por *spray drying* em uma cultura probiótica para adicioná-la a uma bebida a base de soro de leite e foi possível observar que essa técnica possibilitou preservação celular tanto na produção quanto no armazenamento. Também concluíram que a adição do encapsulado da cultura probiótica em bebidas possui uma alta viabilidade.

De acordo com (25) a técnica de *spray drying* permitiu uma estabilidade maior do microencapsulado do pigmento do urucum em relação ao pigmento não microencapsulado. O que propõe um grande avanço para utilização dos corantes naturais que possui um limite de uso devido a sua instabilidade.

Afirmando ainda mais a eficiência da técnica, (32) realizou a microencapsulação do extrato hidroetanólico da torta de juçara e pôde observar que os compostos fenólicos foram preservados, como também a capacidade de uso em produtos alimentícios como alternativa de garantir um enriquecimento funcional.

Gelificação iônica

A técnica de gelificação iônica é outra alternativa de microencapsulação com o processo mais simplificado e de custo baixo. As microcápsulas são formadas através de uma membrana de gel que encapsula o composto ativo devido a reação de um hidrocoloide com a solução iônica, normalmente utilizada, cloreto de cálcio. Alguns requisitos para o agente encapsulante devem ser respeitados para que o processo possibilite tanto revestimento excelente quanto a liberação correta do composto ativo. É necessário um agente encapsulante que apresente baixa viscosidade, baixa higroscopicidade, seja de fácil manipulação, não reaja com o composto ativo, ser próprio conter o composto ativo e hábil para dispersá-lo quando preciso (33,34).

Para formar gel utilizasse polissacarídeos que possuem essa capacidade quando em contato com íons polivalentes, como o alginato de sódio, pectina e carragena. O processo é feito por aspersão ou gotejamento dos mesmo sobre uma solução iônica. A gelificação iônica apresenta dois tipos: interna e externa.

A gelificação externa não faz uso de solventes orgânicos, o que demonstra uma grande alternativa para a indústria alimentícia, farmacêutica e biomédica (35).

Como exemplo da viabilidade dessa técnica, (36) elaboraram microcápsulas de cúrcuma longa através de gelificação iônica para adição em vinagre de álcool, onde as características físico-químicas do pó e das microcápsulas se assemelharam, divergiram apenas nos resultados de carotenoides e capsaicina. No mais, o produto final obteve resultado satisfatório em relação a técnica de microencapsulação e aumentou o teor de carotenoides no vinagre após sete dias de armazenamento.

(37) realizou a microencapsulação de pimenta cheiro verde adicionadas de espinafre com a técnica de gelificação iônica e armazenadas em meio ácido. Assim, foi possível observar que os teores de compostos bioativos encontrados nas microcápsulas obtiveram um potencial adequado de estabilidade.

No trabalho realizado por (38) foi comprovado a viabilidade da microencapsulação de mamão dado as características similares entre a polpa de mamão e as microcápsulas. A comparação entre o armazenamento em embalagens de polipropileno e vidro a 5 °C, o polipropileno apresentou melhor condição de conservação para os nutrientes presente.

Segundo (39) o Brasil conta com 17 depósitos de patentes de produtos da microencapsulação por gelificação iônica. Apesar do grande número de pesquisas desenvolvidas a cerca desse método, há uma falta de preocupação com a proteção desses produtos.

De acordo com (40) através de uma revisão sobre encapsulação pela técnica de gelificação iônica, concluíram que sua utilização garante um grande potencial principalmente na área de alimentos devido aos benefícios observados como: aumento de vida útil de compostos sensíveis, baixo custo, execução e manipulação simples, como também a não necessidade de utilizar altas temperaturas.

Coacervação

Sendo uma das mais importantes e antiga técnicas de microencapsulação, a coacervação vem sendo utilizada desde os anos 60. É baseada na separação de fases de hidrocoloides por meio de uma solução, resultando em uma nova fase, coacervada, rica em coloides, que formará uma parede em torno de um ingrediente ativo suspenso ou emulsificado. Após a formação da parede, é realizado o endurecimento da mesma e a separação das cápsulas obtidas (41,42).

Essa técnica é utilizada para diferentes áreas da indústria, desde alimentícia e farmacêutica até química e cosmética. Apresenta-se de duas formas: simples ou complexa. A coacervação simples, uma única substância é usada como agente encapsulante, à medida que a coacervação complexa são necessários dois polímeros diferentes, com cargas opostas, onde irão formar as microcápsulas através da ligação iônica entre si. Esse processo é embasado no efeito da dessolvatação parcial de polímeros, onde ocorre a dissolução do polímero em um solvente, resultando na redução da solubilidade e precipitação de parte do solvente formando uma fase sólida (43,44,45,46).

A adição do material ativo a ser encapsulado pode ocorrer de formas diferentes.

1. Diretamente à fase líquida;
2. Em um dos polímeros;
3. Antes da separação de fases;
4. Depois da separação de fases;

Para garantir a uniformidade da formação das microcápsulas, é necessário assegurar uma agitação contínua em todo o processo. Além disso, é preciso atentar-se a parâmetros como pH, força iônica, a massa molar dos polímeros utilizados, o tempo da reação, a fim de evitar perdas estruturais nas microcápsulas e a concentração dos polímeros polieletrólitos (47).

Tabela 2 – Vantagens e desvantagens da técnica de coacervação

Vantagens		Desvantagens
Condições brandas de processo		Rápido aumento de viscosidade
Variedade de biopolímeros compatíveis		Custo elevado
Muito eficiente		Poucas informações sobre sistema de liberação de hidrofóbicos
Potencial para flavorizantes		Dificuldade quanto à quantidade de núcleo

Fonte: Elaboração própria, 2025

Apesar das vantagens apresentadas na Tabela 2, a técnica de coacervação apresenta problema de resultam na razão pela qual não é normalmente empregada nas indústrias alimentícias.

Liofilização

Os primeiros registros da utilização adequada da liofilização são de 1911, sendo o vírus da raiva o primeiro produto. No entanto, pouco antes, em 1906, essa mesma técnica era utilização como forma de preservação de vacinas. Apenas durante a Segunda Guerra Mundial é que a liofilização começa a atuar em escala industrial. Apesar disso, foi na década de 60 que se iniciou o desenvolvimento da técnica no setor alimentício e, assim, sua utilização foi propagada para várias aplicações (48).

O ciclo da liofilização consiste na remoção de água por sublimação. Esse método apresenta a habilidade de secar e reidratar o produto depois de seco. O ciclo começa com o congelamento do produto, a solidificação desse material. Em seguida, ocorre a primeira secagem, onde é realizada a sublimação de gelo, e, por fim, a segunda secagem, na qual ocorre a absorção da água

descongelada. Essa técnica utiliza temperaturas baixas, baixa pressão atmosférica e vácuo (49).

Por utilizar baixas temperaturas, também é conhecida como criodesidratação ou criosecação. Entre as vantagens que essa técnica proporciona para a microencapsulação, as principais são produtos com alta solubilidade e com estabilidade perante a oxidação (50).

Análise bibliométrica da microencapsulação relacionada a corantes naturais no período de 2004 à 2025

A análise bibliométrica permitiu mapear o tema trabalhado, além de gerar indicadores distintos ao longo de aproximadamente 20 anos. Observa-se a rede de coocorrência nos títulos, resumos e palavras-chave dos artigos selecionados nas bases *Web of Science* e *Scopus*, representadas nas Figuras 2 e 3, respectivamente. Para os dados da *Web of Science*, essa rede foi obtida com a adoção de um critério mínimo de três ocorrências, dentre 340 palavras-chave, resultando na identificação de 17 termos mais relevantes para a formação do mapa. Já na *Scopus*, devido ao maior volume de publicações, adotou-se o mesmo critério mínimo, entre 897 palavras-chave, resultando em 94 termos representativos.

De acordo com os dados da *Web of Science*, observa-se que, apesar da existência de cinco clusters distintos, estes estão interconectados, e os termos encontram-se no âmbito da área de alimentos, com elevada incidência em *encapsulation*, *antioxidant activity*, *maltodextrin*, *bioactive compounds* e *pigments*. Esse padrão pode ser justificado pela riqueza nutricional dos corantes naturais, uma vez que a técnica de microencapsulação assegura não apenas a estabilidade da cor, mas também a preservação dos compostos bioativos, conferindo uma vantagem em relação aos corantes sintéticos.

O mapa obtido com os dados da *Scopus* apresentou semelhanças ao da *Web of Science*, com cinco clusters distintos, todos interconectados. Entretanto, os termos de maior incidência foram: *microstructure*, *spray drying*, *color*, *differential scanning calorimetry*, além de outros similares ao mapa da *Web of Science*. Na Figura 3, observa-se a ocorrência de diferentes técnicas de microencapsulação, bem como diversas análises que abrangem áreas além da alimentícia.

A unificação dos dados provenientes das duas bases utilizadas possibilitou a identificação da densidade de coocorrência dos termos mais recorrentes. Verifica-se maior concentração nos termos *food dye*, *color*, *anthocyanins* e *food coloring agents*, os quais também se destacaram nas análises individuais realizadas por meio do *VOSviewer*.

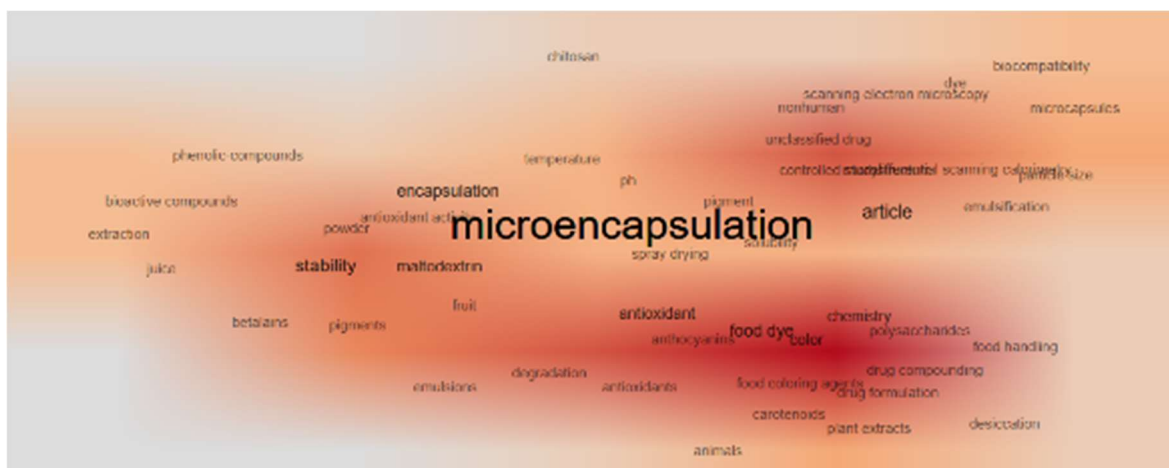


Figura 4 – Densidade da coocorrência de palavras da unificação das bases de dados
 Fonte: Elaborado pelos autores e extraído do pacote *Bibliometrix R*, 2025

A nuvem de palavras obtida pela unificação dos dados provenientes da *Web of Science* e da *Scopus* revelou uma frequência de 46% para o termo *microencapsulation*, que corresponde à palavra de busca, seguida por *stability* com 19%, *encapsulation* com 18% e *color* com 14%. A associação desses termos evidencia a interação entre eles nos trabalhos selecionados. Dessa forma, a microencapsulação se apresenta como uma técnica que assegura a estabilidade dos pigmentos coloridos naturais em diversos estudos. Observa-se também a frequência do termo *maltodextrin*, que tem sido o agente encapsulante mais utilizado nos processos de microencapsulação.

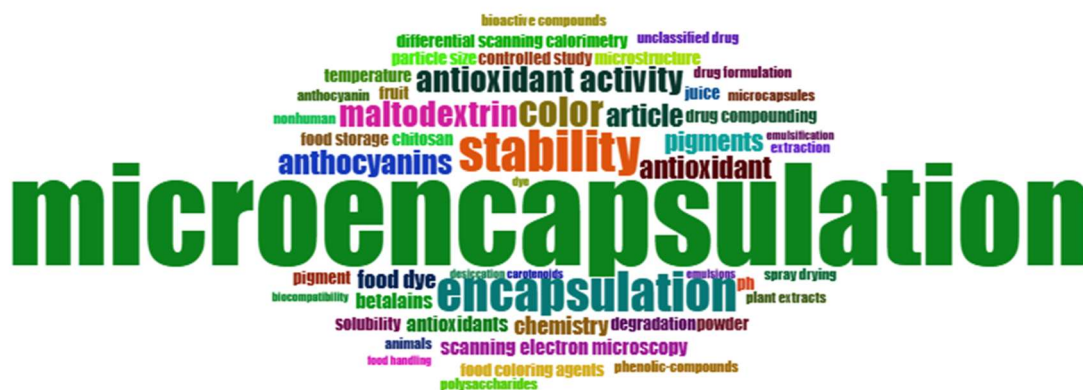


Figura 5 – Nuvem de palavras
 Fonte: Elaborado pelos autores e extraído do pacote *Bibliometrix R*, 2025

A produção científica no período entre 2004 e 2025 está representada na Figura 6. Observa-se que, entre 2004 e 2017, a produção manteve-se baixa. No entanto, a partir de 2018, ocorreu um crescimento significativo. Ao longo dos últimos sete anos, a produção de trabalhos científicos sobre microencapsulação de corantes naturais atingiu, em quatro ocasiões, mais que o dobro em relação aos anos iniciais, sendo por duas vezes a produção máxima. Essa tendência indica uma intensificação na busca por técnicas que garantam a estabilidade dos corantes naturais, em função dos malefícios associados aos corantes sintéticos e artificiais.

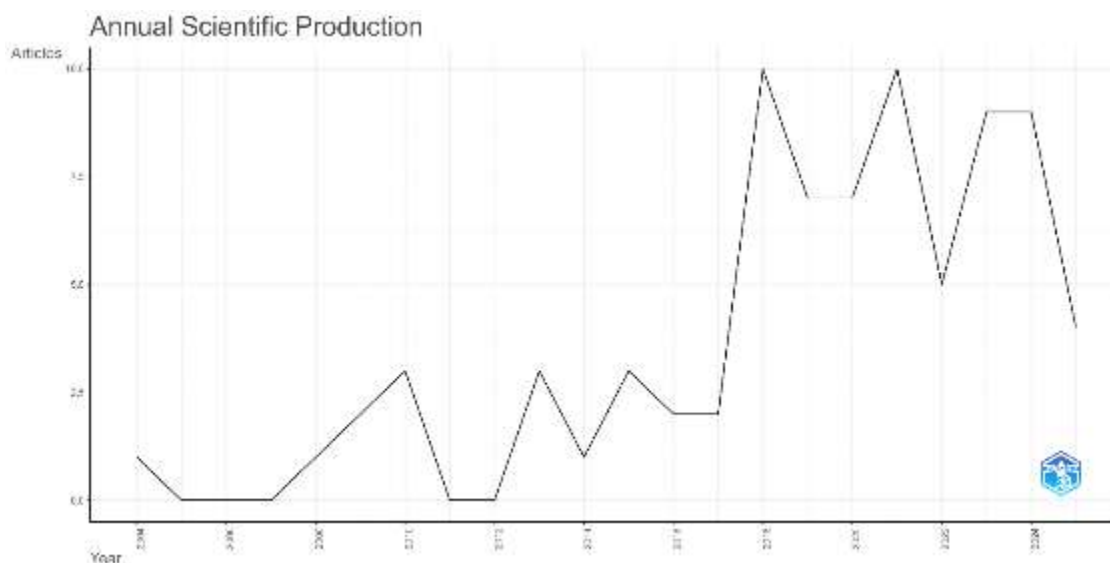


Figura 6 – Produção científica anual
Fonte: Elaborado pelos autores e extraído da plataforma *Biblioshiny R*, 2025

A produção científica por país está representada na Figura 7, que lista os 25 países com maior contribuição no tema estudado. O Brasil ocupa a primeira posição, com um número significativamente superior ao dos demais países. A Colômbia aparece em segundo lugar, enquanto China, Indonésia e Espanha compartilham a terceira posição com contribuições semelhantes. A elevada frequência de 68 produções científicas brasileiras pode ser justificada pela diversidade das matérias-primas utilizadas para obtenção dos corantes naturais e, conseqüentemente, pelo interesse em prolongar a vida útil desses pigmentos por meio da técnica de microencapsulação.

Country Scientific Production



Figura 7 – Produção científica por país
 Fonte: Elaborado pelos autores e extraído da plataforma *Biblioshiny R*, 2025

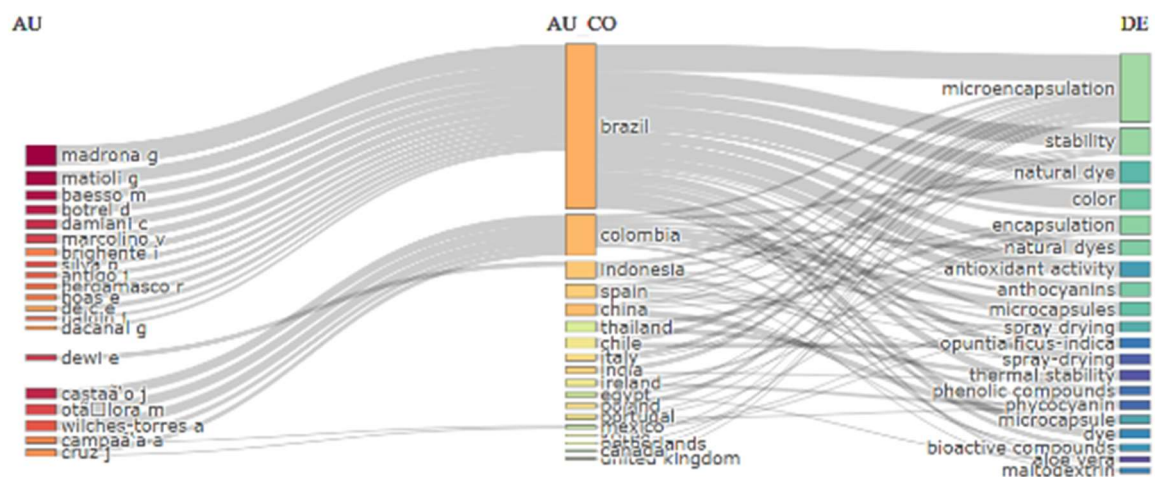


Figura 8 – Gráfico de 3 campos
 Fonte: Elaborado pelos autores e extraído da plataforma *Biblioshiny R*, 2025

Na Figura 8, observa-se a distribuição da produção por país, conforme apresentada anteriormente, em relação aos autores e às palavras-chave utilizadas nos trabalhos analisados. Os autores destacados pertencem ao grupo com maior número de publicações, majoritariamente vinculados a instituições brasileiras, o que corrobora a predominância da produção nacional em comparação aos demais países.

Entre os dez artigos mais citados sobre a técnica de microencapsulação, mais de 60% estão relacionados a corantes naturais e/ou compostos bioativos (Tabela 03). Esses autores são referências em diversos estudos que investigam essa técnica.

(51) destaca, em seu artigo, a grande diversidade estrutural dos pigmentos naturais presentes em alimentos, assim como aspectos relacionados à estabilidade e influências que podem provocar efeitos desejados ou indesejados. Além disso, como os estudos sobre a microencapsulação desses compostos concentram-se predominantemente em pesquisas voltadas para corantes naturais.

(52) apresentam relatos sobre a aplicação da técnica de *spray drying* em antocianinas, promovendo o uso da microencapsulação para garantir a estabilidade de compostos sensíveis.

(53) descrevem a utilização do extrato microencapsulado de jabuticaba como corante natural em linguiça fresca. Além da eficiência das microcápsulas na coloração, também foi observada a atividade antioxidante e antimicrobiana proveniente do extrato utilizado como corante.

Tabela 03 – Dez artigos mais citados

Título	Autoria	Total de citações
<i>Update on natural food pigments-A mini-review on carotenoids, anthocyanins, and betalains</i>	(Rodriguez-Amaya, 2019)	348
<i>Spray-drying microencapsulation of anthocyanins by natural biopolymers: A review.</i>	(Mahdavi et al., 2014)	280
<i>Experimental assessment of heat storage properties and heat transfer characteristics of a phase change material slurry for air conditioning applications</i>	(Diaconu, Varga, & Oliveira, 2010)	184
<i>The adhesive properties of coacervated recombinant hybrid mussel adhesive proteins</i>	(Lim et al, 2010)	141
<i>Green natural colorants</i>	(Viera, Pérez-Gálvez, & Roca, 2019)	117
<i>Characterization of microencapsulated and impregnated porous host materials based on calcium chloride for thermochemical energy storage</i>	(Gaeini, et al., 2018)	113
<i>Microencapsulated jabuticaba (Myrciaria cauliflora) extract added to fresh sausage as natural dye with antioxidant and antimicrobial activity.</i>	(Baldin et al., 2016)	107
<i>Carotenoids microencapsulation by spray drying method and supercritical micronization.</i>	Janiszewska-Turak, E. (2017)	84

<i>Nanoencapsulation improved water solubility and color stability of carotenoids extracted from Cantaloupe melon (Cucumis melo L.).</i>	Medeiros et. al, (2019)	69
<i>Novel all-natural microcapsules from gelatin and shellac for biorelated applications.</i>	Patel, et. al, (2013)	67

Fonte: Autores, 2025

Dentre os dez periódicos mais relevantes para o tema proposto, observa-se a maior incidência de publicações nas áreas de alimentos, ciência e tecnologia de alimentos, bem como biotecnologia (Figura 9). Entretanto, percebe-se que a técnica de microencapsulação pode abranger e beneficiar diversas outras áreas além da aplicação em corantes naturais.

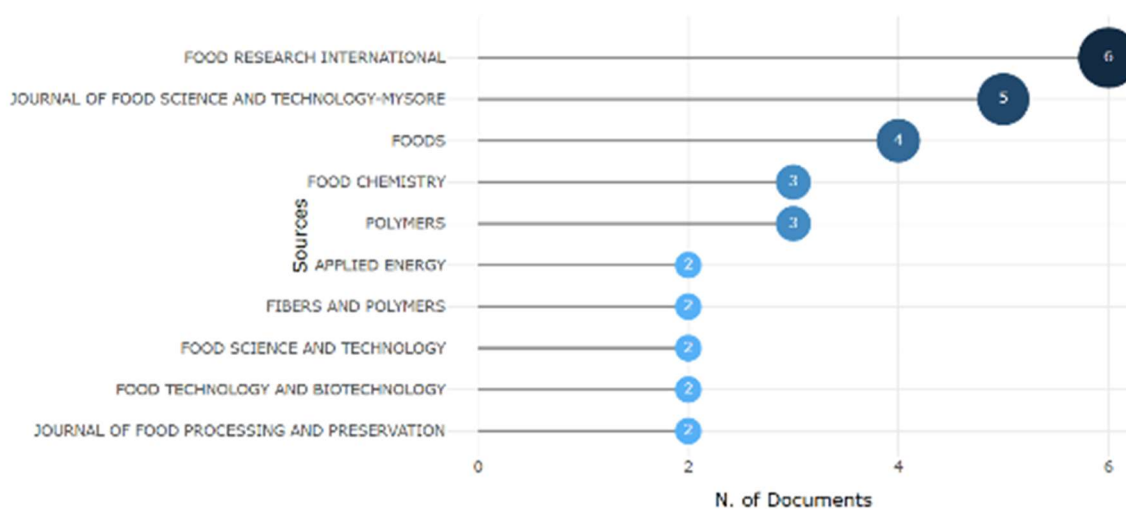


Figura 9 – Periódicos mais relevantes

Fonte: Elaborado pelos autores e extraído da plataforma Biblioshiny, 2025.

CONCLUSÕES

Por meio da revisão de literatura, foi possível obter o histórico dos corantes naturais, bem como seus tipos, fontes, cores e possíveis áreas de aplicações. Também foram observados os parâmetros de estabilidade investigados nos estudos que utilizaram a técnica de microencapsulação. Dentre as principais técnicas identificadas, a técnica de *spray drying* foi a mais utilizada. No entanto, em relação a maior viabilidade econômica, a técnica de gelificação iônica apresentou maior destaque. A liofilização também sobressaiu por garantir menor degradação da cor, uma vez que não envolve altas temperaturas.

No que se refere à análise bibliométrica, o mapeamento de termos realizado com o *Vosviewer*, a partir das bases de dados *Scopus* e *Web of Science*, revelou a incidência significativa de termos semelhantes, também se observou que todos os *clusters* estavam interligados. Apenas o mapa gerado a partir da base *Scopus* apresentou um *cluster* com área tematicamente distinta. A unificação dos dados, realizada por meio do

RStudio, permitiu identificar, a partir da densidade de coocorrências obtida no Biblioshiny, os termos com maior incidência: *food dye*, *color*, *anthocyanins* e *food coloring agents*. A nuvem de palavras também evidenciou resultados semelhantes, destacando os termos de maior frequência: *microencapsulation*, *stability* e *color*.

A produção científica registrada no período de 2004 a 2025 demonstrou que nos primeiros houve um crescimento mínimo. A partir de 2018, observou-se um aumento expressivo, aproximadamente quatro vezes maior, no número de publicações relacionadas ao tema. O Brasil foi o País com maior volume de produção sobre microencapsulação de corantes naturais, além de concentrar os autores mais produtivos. Entre os dez artigos mais citados, mais de 60% pertencem à área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com destaque para os periódicos mais relevantes, predominantemente vinculados a essa mesma área.

REFERÊNCIAS

1. MORDOR INTELLIGENCE. *Tamanho do mercado de corantes alimentares e análise de participação – tendências e previsões de crescimento (2024–2029)*. (S. I.), 2024. Disponível em: <https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/food-colorants-market>. Acesso em: 18 maio 2025.
2. PRABHU, K. H.; BHUTE, A. S. Plant based natural dyes and mordants: a review. *Journal of Natural Products and Plant Resources*, v. 2, n. 6, p. 649–664, 2012.
3. PHAN, K.; RAES, K.; VAN SPEYBROECK, V.; ROOSEN, M.; DE CLERCK, K.; DE MEESTER, S. Non-food applications of natural dyes extracted from agro-food residues: a critical review. *Journal of Cleaner Production*, v. 301, p. 126920, 2021.
4. DURAZZO, A.; CAROCHO, M.; HELENO, S.; BARROS, L.; SOUTO, E. B.; SANTINI, A. et al. Food dyes and health: literature quantitative research analysis. *Measurement: Food*, v. 7, p. 100050, 2022.
5. RIBEIRO, J. S.; VELOSO, C. M. Microencapsulation of natural dyes with biopolymers for application in food: a review. *Food Hydrocolloids*, v. 112, p. 106374, 2021.
6. LE COUTER, P.; BURRESON, J. *Os botões de Napoleão: as 17 moléculas que mudaram a história*. Tradução de Maria Luiza X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2006.
7. SANTOS, N. S.; SILVA, F. L. A. T.; NETA, M. T. S. L. Corantes naturais: importância e fontes de obtenção. *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar*, v. 3, n. 3, e331165, 2022.
8. DEMARCH, A. Artes da cura: pinturas corporais em alguns grupos. *Revista de Antropologia da UFSCar*, v. 11, n. 2, 2019.
9. PENALBER, T. J. A.; SADALA, M. A. C.; CASTRO, M. S.; FARIA, L. J. G. Ensaios, extração e aplicação de corantes do fruto jenipapeiro (*Genipa americana* L.). *Revista Brasileira de Corantes Naturais*, v. 2, p. 129–135, 1996.
10. BRASIL. Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Resolução CNNPA nº 44, de 1977. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/>. Acesso em: 25 set. 2024.

11. EL-WAHAB, H. M. F. A.; MORAM, G. S. E. Toxic effects of some synthetic food colorants and/or flavor additives on male rats. *Toxicology and Industrial Health*, v. 29, n. 2, p. 224–232, 2013.
12. FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. *Química de alimentos de Fennema*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.
13. CHR. Corantes naturais: tecnologia a serviço de uma alimentação saudável. *Food Ingredients Brasil*, n. 18, 2011.
14. CASTAÑEDA-OVANDO, A.; PACHECO-HERNÁNDEZ, M. de L.; PÁEZ-HERNÁNDEZ, M. E.; RODRÍGUEZ, J. A.; GALÁN-VIDAL, C. A. Chemical studies of anthocyanins: a review. *Food Chemistry*, v. 113, n. 4, p. 859–871, 2009.
15. MARTINS, N.; RORIZ, C. L.; MORALES, P.; BARROS, L.; FERREIRA, I. C. F. R. Food colorants: challenges, opportunities and current desires of agro-industries to ensure consumer expectations and regulatory practices. *Trends in Food Science & Technology*, v. 52, p. 1–15, 2016.
16. MAZZA, G. *Anthocyanins in fruits, vegetables, and grains*. Boca Raton: Routledge, 2018.
17. DE MEJIA, E. G.; ZHANG, Q.; PENTA, K.; EROGLU, A.; LILA, M. A. The colors of health: chemistry, bioactivity, and market demand for colorful foods and natural food sources of colorants. *Annual Review of Food Science and Technology*, v. 11, p. 145–182, 2020.
18. JÚNIOR, O. V.; ABRANTES, K. N. C.; MATIAS, K. S.; RIBEIRO, K. S. Oficina temática: obtenção e aplicação de corantes naturais no cotidiano. *Brazilian Journal of Development*, v. 5, n. 7, p. 8522–8533, 2019.
19. PEREIRA, A. L. F.; VIDAL, T. F.; CONSTANT, P. B. L. Dietary antioxidants: chemical and biological importance. *Nutrire*, v. 34, n. 3, p. 231–247, 2009.
20. BERGMANN, A.; EYMAEL, D. A.; GOMES, N. R.; FRASSON, S. F.; SILVA, C. S. Benefits of carotenoid consumption from native fruits in Brazil: a literature review. *Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento*, v. 15, n. 97, p. 1158, 2021.
21. ESTEVINHO, B.; ROCHA, F.; SANTOS, L.; ALVES, A. Microencapsulation with chitosan by spray drying for industry applications: a review. *Trends in Food Science & Technology*, v. 31, p. 138–155, 2013.
22. OZKAN, G.; FRANCO, P.; MARCO, I.; XIAO, J.; CAPANOGLU, E. A review of microencapsulation methods for food antioxidants: principles, advantages, drawbacks and applications. *Food Chemistry*, v. 272, p. 494–506, 2019.
23. FAVARO, T. C. S.; PINHO, S. C.; ROCHA, G. A. (Sem título). *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 11, p. 103, 2008.
24. RODRÍGUEZ-NÚÑEZ, J. R.; MADERA-SANTANA, T. J.; SÁNCHEZ-MACHADO, D. I.; LÓPEZ-CERVANTES, J.; SOTO VALDEZ, H. Chitosan/hydrophilic plasticizer-based films: preparation, physicochemical and antimicrobial properties. *Journal of Polymers and the Environment*, v. 22, n. 1, p. 41–51, 2014.
25. CONSTANT, P. B. L.; SILVA, A. G.; BORGES, Â. S.; MELO, F. O.; FANCHIOTTI, F. E.; SILVA, F. L. A. T.; STRINGHETA, P. C. Microencapsulação de pigmento natural de

urucum e avaliação de sua estabilidade. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 9, e51910918179, 2021.

26. KRISHNAN, S.; KRISHIRSAGAR, A. C.; SINGHAL, S. The use of gum arabic and modified starch in the microencapsulation of food flavor agent. *Carbohydrate Polymers*, v. 62, p. 309–315, 2005.

27. DAVIDOV-PARDO, G.; AROZARENA, I.; MARÍN-ARROYO, M. R. Optimization of a wall material formulation to microencapsulate a grape seed extract using a mixture design of experiments. *Food and Bioprocess Technology*, v. 6, n. 4, p. 941–951, 2013.

28. GHARSALLAOUI, A.; ROUDAUT, G.; CHAMBIN, O.; VOILLEY, A.; SAUREL, R. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: an overview. *Food Research International*, v. 40, n. 9, p. 1107–1121, 2007.

29. DRUSCH, S.; REGIER, M.; BRUHN, M. Recent advances in the microencapsulation of oils high in polyunsaturated fatty acids. In: **NOVEL TECHNOLOGIES IN FOOD SCIENCE**. New York: Springer, 2012. p. 159–181.

30. GOYAL, S.; SONAWANE, S.; NACHAL, N.; ARYA, S. Encapsulation of *Momordica charantia* Linn. (Bitter Gourd) juice by spray drying technique. *Journal of Food Measurement and Characterization*, v. 14, n. 6, p. 3529–3541, 2020.

31. OBRADOVIĆ, N.; VOLIĆ, M.; NEDOVIĆ, V.; RAKIN, M.; BUGARSKI, B. Microencapsulation of probiotic starter culture in protein–carbohydrate carriers using spray and freeze-drying processes: implementation in whey-based beverages. *Journal of Food Engineering*, v. 321, p. 110948, 2022.

32. RIBEIRO, L. D. O.; BRITO, M. O. D.; FREITAS, S. P.; JUNG, E. P.; KUNIGAMI, C. N. Microencapsulação do extrato de torta de juçara por spray drying. *Higiene Alimentar*, v. 34, p. 3469–3473, 2019.

33. O'DONNELL, P. B.; MCGINITY, J. W. Preparation of microspheres by the solvent evaporation technique. *Advanced Drug Delivery Reviews*, v. 28, p. 45–42, 1997.

34. KRASAEKOOPT, W.; BHANDARI, B.; DEETH, H. Evaluation of encapsulation techniques of probiotics for yoghurt. *International Dairy Journal*, v. 13, p. 3–13, 2003.

35. MCCLEMENTS, D. J. *Food emulsions: principles, practice, and techniques*. Boca Raton: CRC Press, 2005.

36. FRANÇA ANDRADE, S.; NASCIMENTO, R. S.; CARVALHO, F. A.; SANTOS, A. M.; PAGANI, A. A. C. Microencapsulação de cúrcuma longa (*açafrão*) pelo método de gelificação iônica. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 3, p. 12387–12398, 2020.

37. SANTOS, A. M. D. Microcápsulas de pimenta-de-cheiro (*Capsicum chinense* Jacquin): quantificação dos compostos bioativos e aromáticos. 2020. Dissertação (Mestrado) – (informar instituição), 2020.

38. PAGANI, A. A. C.; OLIVEIRA, M. C.; XAVIER, A. C. R.; MORAIS, A. L. B.; NUNES, T. P.; SILVA, G. F. Study of the process of getting the drops of papaya (*Carica papaya* L.) per basic spherification. *International Journal of Engineering and Innovative Technology*, v. 4, n. 6, 2014.

39. MELO, F. O.; CONSTANT, P. B. L. Microencapsulação por gelificação iônica: uma prospecção tecnológica com base no INPI. *Cadernos de Prospecção*, v. 14, n. 4, p. 1236–1247, 2021.

40. REIS, A. A.; SANTOS, J. M.; FANCHIOTTI, F. E.; SILVA, A. G.; CONSTANT, P. B. L. Encapsulação por gelificação iônica: uma revisão narrativa. In: CORDEIRO, C. A. M.; SILVA, E. M.; BARRETO, N. S. E. (org.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos: pesquisa e práticas contemporâneas*. 2021. p. 503–516.
41. GOUIN, S. Microencapsulation: industrial appraisal of existing technologies and trends. *Trends in Food Science & Technology*, v. 15, p. 330–347, 2004.
42. AZEREDO, H. M. C. Encapsulação: aplicação à tecnologia de alimentos. *Alimentos e Nutrição*, v. 16, n. 1, p. 89–97, 2005.
43. SCHROOYEN, P. M. M.; MEER, R. V. D.; KRUIF, C. G. Microencapsulation: its application in nutrition. *Proceedings of the Nutrition Society*, v. 60, p. 475–479, 2001.
44. DONG, W.; BODMEIER, R. Encapsulation of lipophilic drugs within enteric microparticles by a novel coacervation method. *International Journal of Pharmaceutics*, v. 326, p. 128–138, 2006.
45. MADENE, A.; JACQUOT, M.; SCHER, J.; DESOBRY, S. Flavour encapsulation and controlled release – a review. *International Journal of Food Science & Technology*, v. 41, p. 1–21, 2006.
46. ONWULATA, C. I. Microencapsulation and functional bioactive foods. *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 37, p. 510–532, 2013.
47. CONSTANT, P. B. L.; STRINGHETA, P. C. Microencapsulação de ingredientes alimentícios. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 36, n. 1, p. 12–18, 2002.
48. TERRONI, H. C.; JESUS, J. M.; ARTUZO, L. T.; VENTURA, L. V.; SANTOS, R. F.; DAMY-BENEDETTI, P. C. L. Liofilização. *Revista Científica da UNILAGO*, v. 1, n. 1, p. 271–284, 2013.
49. STRALLER, G.; LEE, G. Shrinkage of spray-freeze-dried microparticles of pure protein for ballistic injection by manipulation of freeze-drying cycle. *International Journal of Pharmacology*, v. 532, n. 1, p. 444–449, 2017.
50. SCHAFFAZICK, S. R.; GUTERRES, S. S.; FREITAS, L. D. L.; POHLMANN, A. R. Caracterização e estabilidade físico-química de sistemas poliméricos nanoparticulados para administração de fármacos. *Química Nova*, v. 26, n. 5, p. 726–737, 2003.
51. RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Update on natural food pigments: a mini-review on carotenoids, anthocyanins, and betalains. *Food Research International*, v. 124, p. 200–205, 2019.
52. MAHDAVI, S. A.; JAFARI, S. M.; GHORBANI, M.; ASSADPOOR, E. Spray-drying microencapsulation of anthocyanins by natural biopolymers: a review. *Drying Technology*, v. 32, n. 5, p. 509–518, 2014.
53. BALDIN, J. C.; MICHELIN, E. C.; POLIZER, Y. J.; RODRIGUES, I.; GODOY, S. H. S.; FREGONESI, R. P.; TRINDADE, M. A. Microencapsulated jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) extract added to fresh sausage as natural dye with antioxidant and antimicrobial activity. *Meat Science*, v. 118, p. 15–21, 2016.