



sua decomposição. No organismo humano também atuam como antioxidantes, protegendo as membranas celulares da ação dos radicais livres.

Os fitoesteróis possuem estrutura molecular bastante semelhante ao colesterol, no entanto, exercem efeito contrário, diminuindo os níveis de colesterol. São particularmente ativos no intestino, onde o colesterol é separado por cristalização

Existem vários métodos que podem ser empregados para incorporar compostos bioativos em alimentos de forma eficiente e segura.

e sua absorção intestinal é impossível. Também atuam no metabolismo do colesterol no fígado, inibindo uma enzima-chave que intervém em sua formação.

As fitosubstâncias secundárias em alimentos vegetais não são os únicos compostos bioativos benéficos para a saúde presentes na alimentação. Também devem ser considerados como compostos bioativos a fibra alimentar, presente em plantas, e as bactérias ácidas, presentes em alimentos fermentados.

Alimentos como iogurte, leite fermentado e outros vegetais acidificados (em conserva) devem seu sabor fresco e sua longa estabilidade e conservação as bactérias que produzem o ácido láctico que contêm. No organismo, essas bactérias constituem, juntamente com outros microrganismos,

a flora intestinal, e exercem uma importante função defensiva. Os lactobacilos ativam determinadas células do sistema imunológico do intestino para que produzam mais anticorpos do tipo IgA (Imunoglobulina A). A ingestão dessas bactérias aumenta significativamente o número de anticorpos, reforçando o sistema imunológico para combater possíveis patógenos invasores. Além disso, produzem bacteriocinas e outros compostos que podem tornar as bactérias indesejáveis inofensivas.

## MÉTODOS DE EXTRAÇÃO

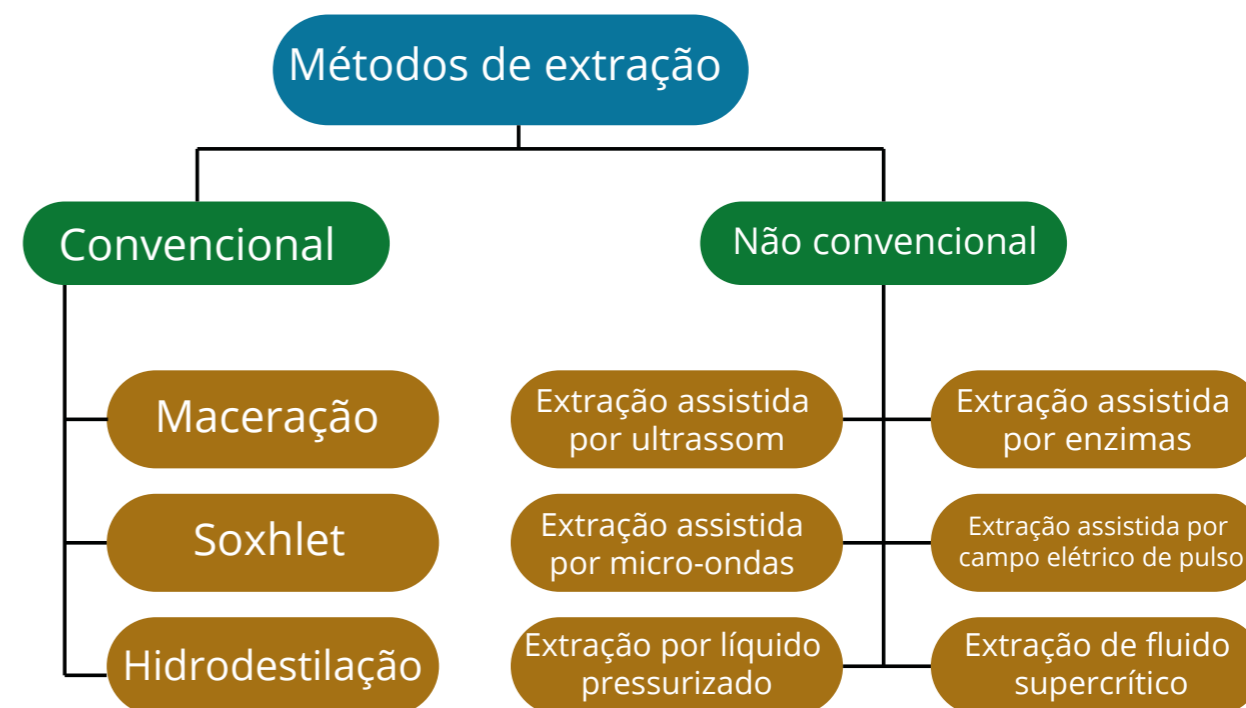
A identificação, caracterização e adição de compostos bioativos só é possível após a realização de um processo adequado de extração, sendo que a maioria baseia-se no uso de diferentes solventes e na aplicação de calor, e/ou na mistura de ambas.

Para a extração de compostos bioativos de plantas, as técnicas clássicas existentes são extração por Soxhlet, maceração e hidrodestilação. Além dos métodos convencionais, novas técnicas de extração foram introduzidas, destacam-se entre as mais promissoras a extração assistida por ultrassom, a extração assistida por micro-ondas e a extração por fluido supercrítico.

Para a extração de compostos bioativos de plantas, a primeira é o reservatório de vidro, que contém um tubo na parte lateral, o qual pode esvaziar ou preencher o espaço no qual o composto é colocado. O reservatório de vidro é envolto por outras duas partes: o condensador, que ocasiona o refluxo do solvente que é posto na concentração, e o balão, que fica concentrado na parte de baixo e destila o

composto para extrair valiosos compostos bioativos de várias fontes naturais.

A extração por maceração é a operação na qual a extração da matéria-prima vegetal é realizada em recipiente fechado, em temperatura ambiente, durante um período prolongado (horas ou dias), sob agitação ocasional e sem renovação do líquido extrator. Pela sua natureza, não conduz ao



A extração por Soxhlet consiste no uso de um extrator que possui três partes, sendo que cada uma delas realiza o processo sem ne-

cessidade de manipulação. A primeira é o reservatório de vidro, que contém um tubo na parte lateral, o qual pode esvaziar ou preencher o espaço no qual o composto é colocado. O reservatório de vidro é envolto por outras duas partes: o condensador, que ocasiona o refluxo do solvente que é posto na concentração, e o balão, que fica concentrado na parte de baixo e destila o

composto com a adição do solvente. Projetado originalmente para a extração de lipídios de materiais sólidos, tem sido amplamente utilizado para extrair valiosos compostos bioativos de várias fontes naturais.



entre o meio extrator e o interior da célula. Diversas variações conhecidas desta operação objetivam, essencialmente, o aumento da eficiência de extração, entre elas, a digestão, que consiste na maceração realizada em sistema aquecido a 40°C - 60°C; a maceração dinâmica, feita sob agitação mecânica constante; e a remaceração, quando a operação é repetida utilizando o mesmo material vegetal, renovando-se apenas o líquido extrator. Este processo fica restrito quando se trabalha com substâncias ativas pouco solúveis, plantas com elevado índice de intumescimento e possíveis proliferações microbianas.

Apesar dos inconvenientes apresentados, ainda é uma das técnicas extrativas mais usuais devido a simplicidade e custos reduzidos.

A extração por hidrodestilação é um método tradicional para extração de compostos bioativos e óleos essenciais de plantas. Existem três tipos de hidrodestilação: destilação por água, destilação à vapor e água, e destilação direta à vapor. Na hidrodestilação, em primeiro lugar, os materiais vegetais são acondicionados em um compartimento imóvel; em seguida, a água é adicionada em quantidade suficiente e depois levada à ebulição. Alternativamente, o vapor direto é injetado na

amostra da planta. A água quente e o vapor atuam como os principais fatores de influência para liberar compostos bioativos do tecido vegetal. O resfriamento indireto por água condensa a mistura de vapor de água e óleo. A mistura condensada flui do condensador para um separador, onde o óleo e os compostos bioativos separam-se automaticamente da água. A hidrodestilação envolve três processos físico-químicos principais: hidrodifusão, hidrólise e decomposição pelo calor.

A eficiência da extração de qualquer método convencional depende princi-

A adição de compostos bioativos a alimentos processados pode melhorar significativamente o valor nutricional e funcional dos produtos finais, sem comprometer a praticidade e conveniência do consumo.

palmente da escolha dos solventes, bem como a polaridade do composto alvo é o fator mais importante para a escolha do solvente.

A extração assistida por ultrassom constitui um processo extrativo onde se utilizam correntes de alta frequência que promovem com mais efetividade a fragmentação das estruturas e membranas celulares do material vegetal, liberando com mais facilidade os constituintes químicos.

A extração assistida por micro-ondas e por líquido pressurizado utiliza solventes de muitas polaridades, tendo a temperatura como suporte, na qual o aquecimento do solvente é viabi-

lizado pelo uso contínuo de pressão. A temperatura acelera a extração, mas pode, em alguns casos, promover degradações inconvenientes, como a hidrólise ou racemizações indesejáveis.

Por fim, a extração por fluido supercrítico é uma técnica que pode ser aplicada em compostos quimicamente estáveis, sendo empregada fundamentalmente para compostos de baixa polaridade. Pode-se alcançar uma maior seletividade na extração e obter-se produtos mais puros escolhendo-se condições adequadas de pressão e temperatura. Os índices de recuperação são maiores do que os das extrações convencionais

e poluem menos o meio ambiente, já que o uso de solventes clorados é reduzido. Exemplos de fluidos supercríticos são o dióxido de carbono, óxido nitroso e amoníaco.

## MÉTODOS DE ADIÇÃO

O uso de compostos bioativos no enriquecimento de alimentos tem ganhado cada vez mais destaque na indústria alimentícia. Conhecidos por seus benefícios à saúde, sua adição a alimentos processados pode melhorar significativamente o valor nutricional e funcional dos produtos finais, sem comprometer a praticidade e conveniência



do consumo. Podem ser incorporados em diversos tipos de alimentos, como bebidas, pães, cereais, laticínios, snacks e produtos de confeitaria.

Existem vários métodos que podem ser empregados para incorporar esses compostos em alimentos de forma eficiente e segura.

A fortificação é um método comum em que os compostos bioativos são adicionados diretamente aos alimentos. Vitaminas, minerais

e outros nutrientes são frequentemente adicionados a alimentos básicos, como farinhas, cereais, óleos vegetais e leite, para melhorar seu valor nutricional.

A adição direta de compostos também é muito utilizada. Nesse método, os compostos bioativos são

adicionados diretamente aos alimentos durante a fabricação. Pode-se adicionar antioxidantes, como vitamina C ou E, a alimentos processados, como sucos, molhos ou produtos de panificação.

O encapsulamento é uma técnica que envolve a



proteção dos compostos bioativos em uma matriz, como lipídios ou proteínas, para garantir sua estabilidade durante o processamento e o armazenamento dos alimentos, permitindo uma liberação controlada dos compostos bioativos no organismo, aumentando sua eficácia e disponibilidade.

A fermentação é um processo biotecnológico em que microrganismos, como bactérias ou fungos, são utilizados para metabolizar os compostos bioativos presentes nos alimentos. Essa técnica leva à produção de metabólitos bioativos adicionais, podendo aumentar a disponibilidade de compostos bioativos, como vitaminas, aminoácidos e antioxidantes, além de melhorar a digestibilidade dos alimentos.

A modificação genética é um método avançado para enriquecer os alimentos com compostos bioativos. Por meio da engenharia genética, é possível introduzir genes específicos em plantas ou animais para aumentar a produção de compostos desejados, como polifenóis, carotenoides ou ácidos graxos ômega 3.

Entre os principais compostos bioativos incluem-se os glicosinolatos, os fenóis, os isotiocianatos, os monoterpenos, os fitoestrógenos, as saponinas, os carotenóides, os fitoesteróis, os fitatos, os inibidores de protease e as bactérias ácido lácticas.



O uso de extratos de plantas é uma maneira popular de enriquecer os alimentos com compostos bioativos. Obtidos a partir de uma variedade de fontes, como frutas, legumes, ervas e especiarias, podem ser adicionados a alimentos ou utilizados no desenvolvimento de produtos alimentícios específicos, como chás, suplementos ou alimentos funcionais.

Os óleos essenciais extraídos de plantas podem ser utilizados para enriquecer alimentos com compostos bioativos, como terpenos e fenóis. Esses óleos podem ser incorporados em alimentos, como pães, bolos e laticínios, conferindo aroma e sabor, além de benefícios para a saúde.

A combinação de diferentes alimentos ricos em compostos bioativos pode ser uma estratégia eficaz para aumentar seu teor em produtos alimentícios. A adição de frutas, nozes e sementes a cereais ou saladas pode fornecer uma variedade de compostos benéficos.

Alguns aditivos naturais, como extratos de frutas ou ervas, podem ser utilizados para enriquecer os alimentos com compostos bioativos. Esses aditivos podem fornecer antioxidantes, vitaminas ou outros compostos benéficos, melhorando o perfil nutricional dos alimentos.

As algas marinhas são uma excelente fonte de compostos bioativos, como

polissacarídeos, carotenoides e minerais. Sua incorporação em alimentos, como pães, massas ou barras de cereais, pode aumentar o teor desses compostos e fornecer benefícios adicionais à saúde.

O uso de prebióticos, como fibras alimentares, e probióticos, como culturas de bactérias benéficas, é uma abordagem eficaz para enriquecer os alimentos com compostos bioativos. Os prebióticos fornecem substrato para o crescimento de bactérias benéficas no intestino, enquanto os probióticos introduzem essas bactérias diretamente nos alimentos, promovendo a saúde digestiva.

A incorporação de microrganismos probióticos

em alimentos, como iogurtes ou queijos, pode aumentar o teor de compostos bioativos, como peptídeos bioativos ou vitaminas produzidas por esses microrganismos durante a fermentação.

Alguns aditivos alimentares, como corantes naturais, antioxidantes ou conservantes, podem conter

A influência dos compostos bioativos na textura dos alimentos é um aspecto essencial a ser considerado na indústria alimentícia, contribuindo para consistência, maciez e *mouthfeel*.

compostos bioativos. A sua adição aos alimentos pode aumentar a quantidade de compostos benéficos disponíveis para consumo.

## ALIMENTOS ENRIQUECIDOS COM COMPOSTOS BIOATIVOS

Os compostos bioativos presentes em alimentos exercem uma ampla variedade de mecanismos de ação que contribuem para seus efeitos benéficos à saúde. Esses mecanismos podem ser diretos, como a neutralização de radicais livres e a inibição de enzimas pró-inflamatórias, ou indiretos, como a regulação de vias metabólicas e a modulação da expressão gênica.

Um dos principais mecanismos de ação dos compostos bioativos em alimentos é a ação antioxidante. Muitos compostos bioativos, como polifenóis, carotenoides e vitamina C, atuam como antioxidantes, protegendo as células contra danos causados pelos radicais livres. Esses compostos neutralizam os radicais livres, impedindo sua reatividade prejudicial e reduzindo o estresse oxidativo.

Alguns compostos bioativos também possuem propriedades anti-inflamatórias, reduzindo a produção de citocinas pró-inflamatórias e a atividade de enzimas inflamatórias, como a ciclo-oxigenase-2 (COX-2) e a lipoxigenase (LOX). Essas propriedades auxiliam a prevenir doenças crônicas relacionadas à inflamação, como a artrite, doenças cardiovasculares e certos tipos de câncer.

Alguns compostos bioativos possuem capacidade de modulação, como por exemplo, da expressão gênica, através da regulação da transcrição de genes envolvidos em processos celulares importantes. Um exemplo são alguns polifenóis que podem modular a expressão de genes relacionados à resposta antioxidante e à inflamação, resultando em efeitos benéficos à saúde.

Ácidos graxos ômega 3 e fitoesteróis possuem a capacidade de modular o metabolismo lipídico, podendo reduzir os níveis de coles-

terol LDL (colesterol ruim) e triglicerídeos, aumentar os níveis de colesterol HDL (colesterol bom) e regular a síntese e o transporte de lipídios no organismo. Os ácidos graxos ômega 3 também possuem efeitos positivos sobre a função cerebral, podendo melhorar a cognição, proteger as células cerebrais contra o estresse oxidativo e reduzir o risco de doenças neurodegenerativas, como o Alzheimer e o Parkinson.

As fibras alimentares prebióticas atuam na modulação da microbiota intestinal, resultando na produção de metabólitos benéficos, como ácidos graxos de cadeia curta, que podem exercer efeitos positivos na saúde intestinal, melhorando a função imunológica, reduzindo a inflamação e promovendo a saúde geral.

Outro importante mecanismo de ação é o efeito antimicrobiano. Alguns compostos bioativos pos-

suem propriedades antimicrobianas, podendo inibir o crescimento de bactérias patogênicas e fungos, o que pode ajudar a prevenir infecções gastrointestinais e outras doenças causadas por microrganismos patogênicos.

Os compostos bioativos também estimulam o sistema imunológico. As beta-glucanas e os polissacarídeos podem aumentar a atividade de células de defesa, como os macrófa-

### Compostos bioativos para saúde

Alimentação (vegetais)	Propriedades	Prevenção
Carotenoides	Antioxidantes	Diabetes
	Anti-inflamatória	Hipertensão arterial
Compostos fenólicos	Anti-plaquetária	Síndrome metabólica
		Doenças cardiovasculares
Glicosinolatos	Vasodilatadores	Câncer
	Anticarcinogênica	Doença de Alzheimer