



## A MICROENCAPSULAÇÃO A SERVIÇO DA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

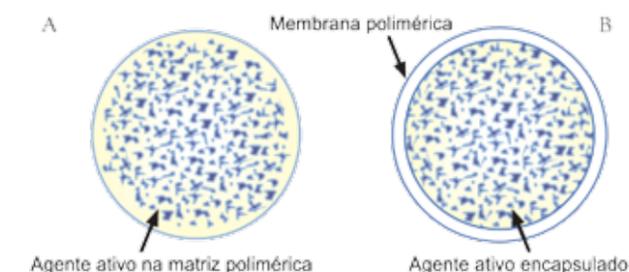
*A microencapsulação é uma técnica relativamente recente. Trata-se de uma tecnologia que permite o revestimento fino de partículas sólidas, gotas de líquidos e dispersões, com um filme protetor. Na indústria alimentícia, essa técnica tem solucionado limitações no emprego de ingredientes, visto que pode suprimir ou atenuar flavors indesejáveis, reduzir a volatilidade e a reatividade e aumentar a estabilidade destes em condições ambientais adversas, como na presença de luz, oxigênio e pH extremos.*

### A TECNOLOGIA DA MICROENCAPSULAÇÃO

A tecnologia associada à modificação da liberação de princípios ativos, como fármacos e pesticidas, corantes, aromatizantes etc., é vasta. Entre essas tecnologias, os sistemas matriciais poliméricos são amplamente aplicados na forma de micropartículas.

As micropartículas são subdivididas em microesferas e microcápsulas, segundo a sua estrutura. São denominadas microesferas as partículas compactas constituídas por uma rede polimérica, na qual a substância ativa se encontra distribuída no seu estado sólido ou molecular. Já as microcápsulas são as partículas constituídas por um núcleo interno contendo o agente ativo recoberto por uma camada de polímero de espessura variável. A Figura 1 representa a estrutura de uma microesfera e de uma microcápsula.

**FIGURA 1 - (A) MICROESFERA: O AGENTE ATIVO ESTÁ DISTRIBUÍDO EM UMA MATRIZ POLIMÉRICA; (B) MICROCÁPSULA, O AGENTE ATIVO ESTÁ ENVOLVIDO PELO AGENTE ENCAPSULANTE**



O conceito de microcápsula surgiu da idealização do modelo celular. Neste, a membrana que envolve e protege o citoplasma e os demais componentes exerce ao mesmo tempo outras funções, como controlar a entrada e a saída de material na célula. De modo semelhante, a microcápsula consiste em uma camada de um agente encapsulante, geralmente um material polimérico que atua como um filme protetor, isolando a substância ativa (gotículas líquidas, partículas sólidas ou material gasoso) e evitando o efeito de sua exposição inadequada. Essa membrana se desfaz sob estímulo específico, liberando a substância no local ou momento ideais.

De acordo com o seu tamanho, as cápsulas são classificadas como nanopartículas ou micropartículas, variando de 0,01 a 0,2  $\mu\text{m}$  e de 1 a 100  $\mu\text{m}$ . Acima de 100  $\mu\text{m}$ , são denominadas de macropartículas.

As primeiras pesquisas no campo da microencapsulação foram conduzidas na década de 30, pela empresa norte-americana National Cash Register Co., de Dayton, OH. O pesquisador da NCR, Barret K. Green, descobriu e desenvolveu o sistema de formação de microcápsulas através do processo de coacervação. A primeira aplicação comercial ocorreu em 1954, revolucionando o mundo dos negócios administrativos; tratava-se do papel de cópia sem carbono. Esse papel era coberto por uma fina camada de microcápsulas, as quais continham uma tinta incolor. Essa

se colorida, produzindo na folha de baixo uma cópia do que estava sendo escrito ou desenhado no primeiro papel. O princípio é usado até hoje.

Outra entidade norte-americana envolvida nas primeiras pesquisas sobre o tema microencapsulação foi o *Southwest Research Institute*, de San Antonio, TX, que desenvolveu um processo mecânico para encapsular líquidos e sólidos, empregando um envelope sólido a temperatura ambiente. O instituto desenvolveu a primeira aplicação na área alimentícia, com a microencapsulação de óleos essenciais para prevenir a oxidação e a perda de substâncias voláteis e controlar a liberação do aroma.

A National Research Corp., de Boston, MA, foi outra empresa que conduziu extensivas pesquisas sobre microencapsulação. Em 1940, já tinha diversas patentes cobrindo a tecnologia de encapsular substâncias com metais, utilizando um processo a vácuo. Esses trabalhos serviram de verdadeiro trampolim para o desenvolvimento de pesquisas sobre microencapsulação, as quais iniciaram-se verdadeiramente em 1955, com a encapsulação de partículas abrasivas com um agente umidificante para ajudar a mantê-las com adesivos.

Ainda nos anos 50, Dale E. Wurster, professor de farmacologia na Universidade de Wisconsin, inventou um processo para cobrir comprimidos e pílulas para aplicação farmacêutica. Em sua essência, esse processo envolvia a vaporização de uma cober-

tura sobre partículas em suspensão em uma coluna de ar. Esse princípio básico é hoje amplamente aplicado na microencapsulação de vários ingredientes alimentícios.

No início dos anos 70, a microencapsulação era definida como a tecnologia de empacotamento com finas coberturas poliméricas aplicáveis em sólidos, gotículas de líquidos ou material gasoso, formando pequenas partículas denominadas microcápsulas, que podem liberar seu conteúdo sob velocidade e condições específicas.

Já em 1993, as microcápsulas eram descritas como embalagens extremamente pequenas, compostas por um polímero como material de parede e um material ativo chamado de núcleo. Enquanto as embalagens convencionais normalmente são empregadas para facilitar transporte, armazenagem, manipulação e apresentação dos alimentos, as microcápsulas são geralmente empregadas para melhorar a performance do material ou criar novas aplicações.

Em 2005, pesquisadores afirmaram que, através de propriedades de liberação controlada finamente ajustadas, a microencapsulação deixa de ser somente um método de agregação de substâncias a uma formulação alimentícia, e se torna uma fonte de ingredientes totalmente novos com propriedades únicas.

As microcápsulas têm a capacidade de modificar e melhorar a aparência e as propriedades de uma substância. O uso da microencapsulação na indústria de alimentos era justificado para atender diversas necessidades, como para reduzir a reatividade do material de núcleo com o ambiente; diminuir a velocidade de evaporação ou de transferência do material de núcleo para o meio; facilitar a manipulação do material encapsulado; promover liberação controlada de determinadas substâncias; mascarar sabor e odor desagradáveis; e promover a diluição homogênea do material encapsulado em uma formulação alimentícia.



a fase chamada interna, onde o polímero se encontra dissolvido, é um solvente orgânico que apresenta uma solubilidade limitada na fase externa da emulsão, a qual pode ser água, formando uma emulsão o/a, ou óleo, formando uma emulsão o/o.

Outros procedimentos que utilizam emulsões múltiplas também têm sido reportados na literatura, tais como os processos água/óleo/água (a/o/a), água/óleo/óleo (a/o/o), água/óleo/água/óleo (a/o/a/o) e ainda água/óleo/óleo/óleo (a/o/o/o).

Na microencapsulação por emulsificação-evaporação do solvente, primeiramente o agente ativo é disperso ou dissolvido na fase interna em que há o polímero. Em seguida, a fase interna é emulsificada na fase externa, que contém um estabilizante da emulsão (tensoativo), para prevenir a agregação e a coalescência. O solvente orgânico é então removido por evaporação sob agitação, favorecendo a formação de glóbulos poliméricos compactos nos quais o agente ativo se encontra encapsulado. As partículas formadas passam posteriormente por operações complementares, como separação, lavagem e secagem. A Figura 3 representa esquematicamente o processo de emulsificação-evaporação do solvente em uma emulsão o/a.

Outro processo para microencapsulação bastante usado é o *spray drying*. Nele, o material ativo a ser encapsulado é misturado a uma solução do composto que constitui o material encapsulante, formando uma

emulsão. Ao ser atomizado dentro do secador, ocorre a evaporação do líquido da solução do agente encapsulante com a formação da membrana ao redor das gotas do material ativo. A Figura 4 ilustra esquematicamente o processo de microencapsulação por *spray drying*.

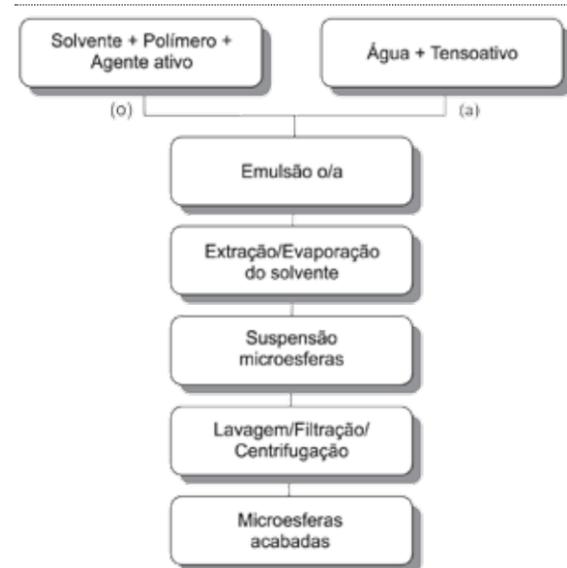
Esse processo apresenta algumas vantagens sobre os outros métodos: as propriedades e a qualidade do produto são mais eficientemente controladas; podem ser usados produtos sensíveis ao calor; há possibilidade de grandes produções em operação contínua com equipamento simples; produção de partículas relativamente uniformes e esféricas; boa eficiência e baixo custo do processo.

## APLICAÇÕES DA MICROENCAPSULAÇÃO NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

Entre os materiais que podem ser encapsulados para aplicação na indústria alimentícia incluem-se ácidos, bases, óleos, vitaminas, sais, gases, aminoácidos, óleos essenciais, corantes, enzimas e microorganismos.

A seguir são apresentados alguns dos principais aditivos encapsulados disponíveis para a indústria alimentícia.

FIGURA 4 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO SPRAY DRYING



**Acidulantes.** São usados por vários motivos, como por exemplo, modificadores de aromas e sabores, agentes de conservação ou auxiliares de processo. Além disso, facilitam o desenvolvimento de uma grande variedade de efeitos de textura devido as suas interações com outros ingredientes, como gomas, pectinas, proteínas e amidos. Quando não encapsulados, esses ácidos alimentícios podem reagir com os outros ingredientes e produzir efeitos indesejáveis, incluindo redução do *shelf life* de alimentos aromatizados cítricos ou contendo amido, perda de aroma, degradação da cor, e separação dos próprios ingredientes. O uso de ácidos alimentícios encapsulados resolve esses e outros problemas, pois evitam a oxidação e proporcionam a

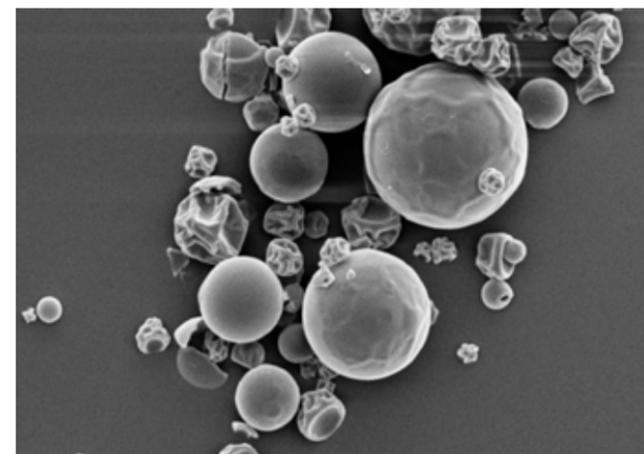
liberação controlada, tendo invólucro formulado para dissolver-se espontaneamente ou derreter em temperatura específica. Além disso, os ácidos encapsulados reduzem a higroscopicidade, ocasionam menos sujeira e proporcionam melhor vazão no sistema sem formar grumos.

Os principais ácidos alimentícios, como o adípico, ascórbico, cítrico, fumárico, láctico e málico, são hoje disponíveis na forma microencapsulada. Três aplicações específicas se destacam nesse caso: o condicionamento de massas, o complemento de aroma, e como agente auxiliar no processamento de carnes.

O uso de ácido ascórbico (vitamina C) como agente oxidante de ação intermediária em massa para pães tem muitos efeitos positivos no produto final. Produz uma crosta mais resistente e com cor uniforme, melhora o fatiamento e oferece ao conjunto uma resistência maior, permitindo assim a adição de outros ingredientes ricos em proteínas, como a farinha de soja, germen de trigo, etc.

Na prática, o ácido ascórbico sofre rápida degradação na presença de água e oxigênio e, por isso, boa parte dele já se encontra degradada antes de agir. A forma encapsulada protege o ácido desses fatores de degradação, liberando-o nas fases onde é mais necessário, ou seja, na fermentação e no cozimento.

Já o ácido cítrico usa-se para conferir ao chá um sabor ligeiramente amargo. Na forma não encapsulada, observa-se que o ácido pode reagir com certos componentes do chá, chamados de taninos, provocando a descoloração dos pacotinhos, antes mesmo de mergulhá-los para a preparação da bebida. O uso de ácido cítrico encapsulado evita essa reação, liberando o ácido somente na hora da dissolução e continuando a realçar o sabor levemente amargo.



Historicamente, os produtos cárneos curados, especialmente produtos de salsicharia secos ou semi secos, são produzidos utilizando-se o ácido láctico para produzir culturas bacterianas que desenvolverão aroma e diminuirão o pH. Frequentemente, esses produtos apresentam certa inconsistência de aroma, cor e textura de um lote para outro. Os ácidos láctico e cítrico, quando não encapsulados, reagem quase que instantaneamente com a carne, tornando-a imprópria para futuro processamento. No entanto, uma alternativa para as culturas bacterianas é o uso de ácido encapsulado com liberação programada para as temperaturas das câmaras de defumação. O ácido encapsulado sempre produzirá o mesmo pH e eliminará a necessidade de fermentação, diminuindo o tempo de produção.

**Corantes.** Alguns corantes naturais, como o urucum, o betacaroteno e a cúrcuma, apresentam problemas de solubilidade durante seu uso.

Os corantes encapsulados são mais fáceis de manipular no decorrer do processo, e melhoram a solubilidade e a estabilidade frente a oxidação. Outra vantagem que pode ser associada ao seu uso está no prolongamento do *shelf life*, o qual pode exceder a dois anos, comparado ao prazo de seis meses para os não encapsulados.

**Aromatizantes e especiarias.** Nesse campo de aplicação extrema-

mente rico, os produtos são encapsulados por uma grande variedade de processo e oferecem numerosas vantagens para os processadores de alimentos.

Em óleos cítricos e outros aromas, por exemplo, a encapsulação propicia maior estabilidade à oxidação, volatilização e luz; permite liberação controlada; oferece maior resistência à aglutinação e formação de grumos; e

aumenta substancialmente o *shelf life* do produto final.

Produtos que apresentam reação de Maillard empregados em aromas cárneos, *savory* ou de frutos do mar são altamente instáveis na forma líquida e precisam ser convertidos para uma forma sólida ou oleosa. A encapsulação confere-lhes estabilidade ainda maior.

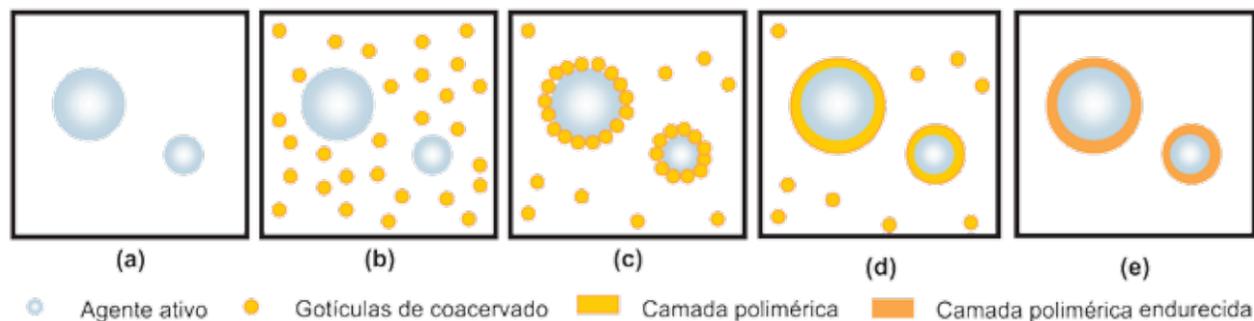
Embora a encapsulação de aromas possa ser usada em muitas aplicações distintas, tem merecido considerável atenção por sua estabilidade em processos usando altas temperaturas por curtos períodos de tempo, como os usados na fabricação de alimentos extrusados ou preparados no microondas.

Já as especiarias são encapsuladas para prolongar o *shelf life*, manter sua potência e inibir reações com outros ingredientes. O cinamaldeído, por exemplo, agente aromático presente na canela e que possui propriedades antimicrobianas naturais, pode retardar o crescimento de leveduras em produtos de panificação. O uso de canela na forma encapsulada proporciona aroma ao produto, porém sem interferir no processo de levedação.

**Agentes de levedação.** São amplamente usados em produtos de panificação e influenciam diretamente o volume e a textura.

O uso de bicarbonato de sódio encapsulado protege a massa de uma reação prematura, poster-

FIGURA 3 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO POR EMULSÃO O/A



# Microencapsulação

gando a liberação de seu conteúdo até que sejam atingidas as condições ótimas do processo. Isso garante que seja atingido o ponto ideal de levantamento da massa e prova ser economicamente atrativo.



biodegradável totalmente solúveis em água, utilizadas com alimentos secos, *blisters* e componentes eletrônicos.

## CONCLUSÃO

Existe um consenso mundial de que os alimentos não devem mais ser vistos somente como uma fonte de nutrientes com apelo sensorial, mas que também sejam fonte

## Vitaminas e minerais.

São adicionadas em misturas nutricionais secas para fortificar grande variedade de alimentos, como cereais matinais, laticínios, alimentos infantis, etc.

Tanto as vitaminas solúveis em óleo quanto em água, assim como os minerais, podem ser encapsulados com uma variedade de encapsulantes.

A encapsulação reduz o ressaibo gerado por certas vitaminas e minerais, permite a liberação gradual dos nutrientes, aumenta a estabilidade à temperatura e umidade, e diminui reações possíveis de certos nutrientes com outros ingredientes.

## APLICAÇÕES DA MICROENCAPSULAÇÃO EM EMBALAGENS DE ALIMENTOS

As tecnologias de encapsulamento e fixação demandam biopolímeros, não porque sejam biodegradáveis, mas por possuírem propriedades

adequadas para a aplicação. Existem pesquisas com biopolímeros produzidos por organismos geneticamente modificados, nanocompósitos e nanofibras naturais.

As estratégias para o desenvolvimento de algumas embalagens incluem fixar os componentes bioativos em uma matriz biodegradável que libera os componentes pela influência da umidade do alimento quando a embalagem é aberta ou, ainda, encapsular os componentes para atravessarem intactos o estômago e serem liberados adequadamente no intestino, sendo particularmente importantes quando se deseja adicionar probióticos e prebióticos à formulação. Pacotes enzimáticos integrados à camada plástica em contato com o alimento estão sendo desenvolvidos, com o objetivo de degradar o açúcar indesejado para pessoas intolerantes à lactose.

No campo dos biopolímeros, há os polilactídeos à base de amido de milho que se decompõem em dióxido de carbono, água e material orgânico nas condições de compostagem, e polímeros biodegradáveis à base de amido de batata. A novidade mais revolucionária são as bandejas de polímero

de bem estar e saúde. Esse novo conceito requer mudanças de paradigmas no desenvolvimento de novos produtos, aplicando as tecnologias tradicionais, aliadas aos novos métodos de conservação, preservando o máximo possível os componentes que cada alimento possui.

Nos métodos mais tradicionais, várias vitaminas e aromas eram parcialmente perdidas, e o resultado, além de uma valiosa perda de nutrientes importantes ao organismo, era um produto muito distante do produto original, em termos de características sensoriais. Além da perda de alguns nutrientes importantes, a cor, o sabor e o odor originais eram modificados. Havia então uma grande necessidade de se implementar métodos que pudessem deixar esses componentes nutricionais mais bioacessíveis, preservando as características originais de cor, sabor e odor do alimento. O método de microencapsulação possui várias aplicações, tanto na indústria de alimentos, como em indústrias farmacêuticas, de cosméticos, têxteis, de agrotóxicos, de tintas, entre outras.

O método de microencapsulação de alimentos e outras substâncias possui ampla aplicabilidade, caracterizando-se como um método eficaz e de extrema importância na preservação de vários componentes nutricionais, microorganismos, enzimas, corantes, etc., protegendo o alimento contra os métodos mais agressivos de processamento.

