

ELIS CRISTINE DE SOUZA SOBRINHO¹
MELINA CAMPAGNARO FARIAS²

1. Farmacêutico, docente, Universidade Estácio de Sá, Campus Rebouças, RJ.
2. Farmacêutico, docente da disciplina de Bromatologia, Faculdade de Farmácia, Universidade Estácio de Sá, RJ.

Autor Responsável: M. C. Farias. E-mail: melcampagnaro@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A microencapsulação é definida como a tecnologia de empacotamento de partículas sólidas, líquidas ou gasosas em microcápsulas seladas e diminutas onde seus índices são liberados em taxas controladas sob a influência de determinados estímulos (POTHAKAMURY & BARBOSA-CÁOVAS, 1995).

Ingredientes funcionais como, vitaminas, antimicrobianos, antioxidantes, corantes e conservantes, são componentes essenciais de uma larga escala de produtos industrializados, incluindo fármacos, cosméticos e alimentos. Um grande desafio para as indústrias tem sido manter a estabilidade desses ingredientes nas condições desejadas, e assim transformá-los em substâncias mais estáveis melhorando sua rentabilidade e controlando sua liberação. Com isso a microencapsulação pode ser uma tecnologia com grande potencial nesse sentido, carregando o ingrediente ativo ao local desejado de ação, controlando sua liberação e protegendo-o da degradação química ou biológica durante o seu processamento, armazenamento e/ou utilização (WEISS *et al.* 2006).

A escolha do agente encapsulante depende de uma série de fatores, entre eles a não reatividade com o material a ser encapsulado, o processo utilizado e o mecanismo de liberação ideal. O tamanho e a forma das microcápsulas podem variar; de acordo com o método e o agente encapsulante utilizados. Técnicas como: *spray drying*, *spray cooling*, coacervação, extrusão, extrusão centrífuga, recobrimento em leite fluidizado, lipossomas e complexação por inclusão têm sido empregadas na elaboração das microcápsulas (AZEREDO, 2005). De maneira geral, a escolha do método vai depender dos tamanhos das partículas a serem encapsuladas, suas propriedades físicoquímicas, e sua aplicação. As técnicas de encapsulação incluem soluções simples, colóides de associações com emulsões, matrizes de biopolímeros, e assim por diante (WEISS *et al.* 2006).

A microencapsulação na indústria alimentícia tem se mostrado uma alternativa viável para solucionar dificuldades na incorporação de alguns ingredientes e aditivos em alimentos (FAVARO-TRINDADE *et al.* 2008). Desenvolvimento de produtos fortificados com propriedades funcionais, inserção de microorganismos probióticos, melhoras das características sensoriais do alimento e garantia de biosegurança alimentar são outros benefícios da microencapsulação nesse segmento industrial (WEISS *et al.* 2006).

O desenvolvimento de novos produtos alimentícios tem se mostrado cada vez mais desafiador, uma vez que procura atender a busca dos consumidores por produtos atrativos e saudáveis. Assim, indivíduos que visam um estilo de vida saudável encontram na alimentação um ato prazeroso e ao mesmo tempo, visa saúde e bem estar (KOMATSU *et al.* 2008).

Seguindo esse princípio, muitas indústrias no seguimento alimentício vêm utilizando a microencapsulação para o desenvolvimento de novos produtos, conferindo-lhes um aumento no seu valor nutricional, além de permitir bioacessibilidade a substâncias que em outras condições seriam degradadas. Outro fator importante é o aumentando na vida de prateleira do produto. Isso facilitará o armazenamento e transporte por tempos mais prolongados, em paralelo ajuda a manutenção da sanidade do produto (FARIAS *et al.* 2007).

O objetivo deste trabalho é demonstrar as possíveis aplicações da microencapsulação na indústria alimentícia, bem como a sua efetividade para o fim a que se destina.

MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de um estudo de revisão de base bibliográfica, realizado através de artigos, livros, científicos publicados em jornais e revistas especializadas. A coleta de dados aconteceu na biblioteca da Universidade Estadual do Rio

de Janeiro (UERJ) e Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) na base de dados da BIRENE, BVS, MEDLINE, LILACS e SCIENCE DIRECT.

MICROENCAPSULAÇÃO

A microencapsulação centra-se sobre a caracterização, fabricação, e manipulação de estruturas extremamente pequenas e com propriedades funcionais originais de grande relevância para a indústria alimentícia. Consiste, basicamente, no envolvimento do material ativo por um agente encapsulante com maior estabilidade, conferindo-lhe propriedades físico-químicas diferentes (WEISS *et al.* 2006).

A microcápsula mais simples pode ser constituída de um núcleo cercado por uma parede ou por uma barreira de espessura uniforme. O núcleo pode ser composto de apenas um ou diversos tipos de ingredientes e a parede pode ter uma ou múltiplas camadas. A forma e o tamanho das microcápsulas obtidas estão relacionados ao material a ser encapsulado. Seu tamanho varia de um micrão (um milésimo de milímetro) a sete milímetros, e o seu conteúdo é liberado por meios apropriados à aplicação (POTHAKAMURY & BARBOSA-CÁOVAS, 1995).

O calor, a umidade e a oxidação podem afetar alguns ingredientes durante o processamento ou estocagem. Com a microencapsulação muitas formulações podem ter sua liberação controlada e seus agentes ativos protegidos. É possível fornecer a essas formulações aplicações específicas relacionadas à sua composição, solubilidade, mecanismo de liberação, tamanho e forma das partículas. Assim a microencapsulação favorece o aumento da vida útil, manutenção do aroma, sabor e cor dos alimentos, formulação a partir de ingredientes naturais reduzindo o uso dos sintéticos e a melhora dos valores nutricionais dos alimentos (DAIÚTO & CEREDA, 2003).

Para a preparação de um produto microencapsulado é importante identificar a necessidade para a aplicação da técnica, a escolha do agente encapsulante adequado e a seleção do processo de preparação das microcápsulas (FRANJIONE *et al.* 1995).

Ao se iniciar um processo de microencapsulação é necessário saber que funcionalidade o ingrediente encapsulado deve fornecer ao produto final; que tipo de agente encapsulante deve ser selecionado; a que condições de processamento bem como condições biológicas o ingrediente encapsulado deve suportar antes da sua liberação; a melhor concentração do material ativo na microcápsula; o mecanismo de liberação do ingrediente ativo; o tamanho de partícula, densidade, e exigências para a estabilidade do ingrediente encapsulado; custo do processo e se o ingrediente encapsulado encontrará os regulamentos padrões para ser considerados como um ingrediente de alimento funcional (PEGG & SHAHIDI, 2007).

AGENTES ENCAPSULANTES

Os Agentes encapsulantes são basicamente substâncias que formam uma película em torno do ingrediente funcional conferindo-lhe as características físico-químicas desejadas melhorando assim o seu desempenho dentro do que foi proposto, uma vez que sua composição é quem irá determinar a propriedade funcional da microcápsula (PEGG & SHAHIDI, 2007).

As características do agente encapsulante é um fator muito importante que influenciará na eficácia do ingrediente funcional de muitos produtos industrializados. Uma grande variedade de agentes encapsulantes foi desenvolvida incluindo soluções simples, colóides de associação, emulsões, matrizes de biopolímeros, e assim por diante. Cada tipo de agente encapsulante tem suas próprias vantagens e desvantagens específicas para a encapsulação, a proteção, e a entrega de ingredientes funcionais, assim como o custo, o status regulador, a facilidade de utilização, a biodegradabilidade, e a biocompatibilidade (WEISS *et al.* 2006).

O agente encapsulante é também classificado como matriz alimentícia, material de parede ou material de revestimento. Existem vários tipos de agentes encapsulantes. O que realmente irá definir o tipo de matriz utilizada, bem como o processo de microencapsulação utilizado será a aplicação do produto final (FARIAS *et al.* 2004).

O agente encapsulante ideal deve manter as propriedades desejadas em concentrações elevadas; fáceis de trabalhar; capacidade de dispersar ou emulsionar o material ativo e assim estabilizar a emulsão produzida; ausência de reatividade com o material encapsulado durante o processamento e por períodos de armazenamento prolongado; capacidade para selar e prender o material ativo dentro de sua estrutura durante o processamento e o armazenamento; liberação completa do solvente ou de outros materiais, que são usados durante o processo de capsulagem; capacidade de oferecer proteção máxima, ao material ativo, frente às circunstâncias ambientais como oxigênio, calor, luz, e umidade; Solúvel nos solventes aceitáveis pela indústria alimentar como água e álcool etílico; Capacidade de promover liberação controlada no tempo, local e condições desejadas e baixo custo (PEGG & SHAHIDI, 2007; Desai & Park, 2005).

Substâncias como carboidratos, gomas, lipídios celulose e proteínas são exemplos de substâncias utilizadas como materiais de revestimento com grande aplicabilidade na encapsulação de alimentos. Os carboidratos de maneira geral apresentam grande habilidade em absorver e fixar voláteis do ambiente ou retê-los de maneira tênua durante o processo de secagem. Sustâncias como o amido, a malto-dextrina, a ciclodextrina e o amido modificado estão entre os carboidratos mais utilizados na indústria alimentícia (MATIOLI & RODRIGUES-AMAYA, 2002; BARBOSA & MERCADANE, 2008; FARIAS *et al.* 2004).

A ciclodextrina vem sendo testada como um agente antiescurecimento em alimentos que sofrem escurecimento enzimático, uma vez que o sulfito, substância comumente utilizada para esse propósito, possui restrições de uso devido a efeitos adversos causados em seres humanos. As reações de escurecimento enzimático estão entre as mais importantes sofridas no alimento provocando grandes alterações e comprometendo seu valor nutricional (CARNEIRO *et al.* 2006).

A goma arábica também tem grande aplicabilidade na encapsulação de alimentos, geralmente usada para a encapsulação do sabor através da secagem por pulverizador. Dissolve-se prontamente na água quente ou fria, é um emulsivo natural proeminente, ligeiramente viscosa, estável em meios ácidos, e atende aos critérios usados para encapsulação de compostos relacionados ao sabor. Uma propriedade interessante e original da goma arábica é sua baixa viscosidade em soluções aquosas. Embora as soluções que contenham goma até 50% possam ser utilizadas no processo de encapsulação, a viscosidade da solução se torna de difícil preparação em concentrações maiores de que 35%, enquanto que as outras gomas apresentam alta viscosidade em concentrações muito baixas como 1%. Seria impossível atomizar eficazmente emulsão muito viscosa, por esse motivo que a goma arábica se torna tão utilizada nos processos de microencapsulação (PEGG & SHAHIDI, 2007).

Ascheri *et al.* (2003) utilizaram a maltodextrina e a goma arábica na microencapsulação de óleo essencial de laranja com o objetivo de comparar o desempenho dos agentes encapsulantes em formar microcápsula uniformes e com maior retenção de material ativo. Em uma das amostras a goma arábica demonstrou que quanto menor a sua concentração menor a tendência em formação de dobras na superfície da cápsula e maior a eficácia na microencapsulação do óleo essencial.

Barbosa & Mercadante (2008) avaliou a estabilidade das microcápsulas de bixina em diferentes agentes encapsulantes. A bixina é um carotenóide susceptível a altas temperaturas, luminosidade, oxigênio e baixo pH, diminuindo sua estabilidade e limitando seu emprego em alguns produtos alimentícios. Com a finalidade de minimizar a degradação dessa substância utilizou-se goma arábica e maltodextrina como agente encapsulante e observou-se sua estabilidade frente a um sistema modelo aquosa e em gel. Os resultados desse experimento mostraram que o tipo de agente encapsulante influenciou a estabilidade das microcápsulas de bixina que se demonstraram mais estáveis em sistema modelo gel.

Alguns materiais utilizados como agentes encapsulantes e os prováveis mecanismos de liberação das microcápsulas estão listados na Tabela 1 (FAVARO-TRINDADE *et al.* 2008):

Tabela 1. Agente encapsulante e seus prováveis mecanismos de ação.

Agentes encapsulantes	Mecanismos de liberação			
	Mecânico	Térmico	Dissolução	Químico
Agentes encapsulantes hidrossolúveis				
Alginato	•		•	
Carragena	•		•	
Caseinato	•		•	
Celulose modificada	•		•	
Quitosana	•			
Gelatina	•		•	
Goma xantana	•	•		
Goma arábica	•	•		
Látex	•		•	
Polietileno-glicol	•	•	•	
Óxido de polietileno	•	•	•	
Polipeptato	•		•	
Polivinil-álcool	•		•	
Amido	•		•	
Açúcar derivatizado	•	•	•	•
Agentes encapsulantes insolúveis em água				
Etilcelulose	•			
Polímero de etileno-vinil acetato	•	•		
Ácidos graxos	•	•		•
Ácidos graxos	•	•		•
Resinas de hidrocarbonetos	•	•		
Ftalato de hidroxipropil metilcelulose	•			•
Mono, di e triacilgliceróis	•	•		
Parafina, ceras naturais	•	•		
Polianidridos	•		•	•
Polibuteno	•	•		
Poly lactide	•		•	•
Poly lactide-co-glycolide	•		•	•
Polietileno	•	•		
Ésteres de polimetacrilato	•		•	•
Poliortoésteres	•		•	•
Fitalato de polivinil-acetato	•			•
Saran®	•			
Shellac	•			•
Cloreto de vinilideno/acrilonitrilo	•			
Zelna	•			

Fonte: Brazil Journal Food Technol., v. 11, n. 2, p. 106, abr./jun. 2008 FAVARO-TRINDADE *et al.*

Difícilmente um agente encapsulante apresentará isoladamente todas as propriedades citadas, assim, na prática é comum empregar misturas de dois ou mais componentes (DAIÚTO & CEREDA, 2003).

TÉCNICAS DE ENCAPSULAÇÃO

Técnicas como spray drying, spray cooling, spray chilling; recobrimento em leiteo fluidizado, extrusão, extrusão centrífuga, liofilização coacervação podem ser aplicadas no preparo das microcápsulas (PEGG & SHAHIDI, 2007). Conforme ilustrado na tabela 2, porém o Spray Drying e a

liofilização vêm se destacando como umas das técnicas mais empregadas no processo de encapsulação (MATIOLI & RODRIGUEZ-AMAYA, 2002; ASCHERI *et al.*, 2003; SANTOS *et al.*, 2006; FARIAS *et al.* 2004; VALDUGA, 2008).

Tabela 2. Métodos de encapsulação

Métodos de encapsulação	Materiais encapsuláveis	Faixa de tamanho (µm)
Métodos físicos		
Extrusão estacionária	Líquido/sólido/gás	1.000-6.000
Bocal submerso	Líquido/sólido/gás	700-6.000
Extrusão centrífuga	Líquido/sólido/gás	125-3.000
Bocal vibrante	Líquido/sólido/gás	500-2.000
Spray drying	Líquido/sólido	5-150
Disco rotativo	Líquido/sólido	5-1.000
Pan coating	Sólido	>500
Suspensão por ar	Sólido	50-10.000
Spray chilling e spray cooling	Líquido/sólido	20-200
Leitoo fluidizado	Sólido	>100
Có-cristalização	Sólido/ Líquido	-
Liofilização	Líquido	-
Métodos químicos		
Polimerização interfacial	Líquido/sólido	1-500
Inclusão molecular	Líquido	5-50
Polimerização <i>in situ</i>	Líquido/sólido	1-500
Métodos físico-químicos		
Coacervação simples	Líquido/Sólido	20-500
Coacervação complexa	Líquido/Sólido	1-500
Lipossomas	Líquido/Sólido	0,02-3
Lipossomas (solid ipad nanoparticles e nanostructured lipid carriers)	Líquido/Sólido	0,02-10
Evaporação do sorvete	Líquido/Sólido	1-5.000

Fonte: Brazil Journal Food Technol., v. 11, n. 2, p. 105, abr./jun. 2008 FAVARO-TRINDADE *et al.*

A liofilização consiste na retirada da água do alimento sem o uso de aquecimento. As pequenas partes do alimento são congeladas rapidamente produzindo cristais de gelo, em seguida ocorre o processo de sublimação onde esses cristais congelados saem do estado sólido diretamente para o gasoso, e então a água é retirada. A ocorrência desse fenômeno é explicada pelo fato de que quando se tem a temperatura de aproximadamente 0°C e pressão de 47 mm Hg, chega-se ao chamado ponto triplice da água, fornecendo condições necessárias para a ocorrência da sublimação. Esse processo garante a as características sensoriais do alimento uma vez que não se utiliza altas temperaturas e conseqüentemente sem que haja a degradação de substâncias termolábeis presentes no alimento (PEGG & SHAHIDI, 2007).

FARIAS *et al.* (2007) estudou a estabilidade do α -Tocoferol, uma substância que apresenta a mesma atividade biológica da vitamina E. Para tal experimento, foram utilizados como agentes encapsulantes carboidrato e proteínas, maltodextrina e gelatina. A técnica empregada foi a de congelamento rápido seguido de liofilização. O α -Tocoferol foi encapsulado e estocado por um período de 90 dias em diferentes temperaturas protegidos da luz e gases. As

amostras foram quantificadas periodicamente durante todo o período de estocagem. Os resultados mostraram a eficiência da técnica empregada onde se obteve uma retenção de 100% do α -Tocoferol sem que se observasse nenhuma variação morfológica nas microcápsulas.

Outro processo de encapsulação que também vem se destacando entre os mais utilizados na indústria é o spray dryer ou atomização, consiste no contato entre o material a ser seco com o ar aquecido em temperaturas entre 180 e 230°C, desta forma esse contato entre o ar e a partícula úmida gera uma desidratação instantânea da gotícula e a evaporação da água na câmara de secagem em forma de névoa. O ar de secagem sai pela parte inferior do aparelho em temperaturas de 60 a 100°C passando por ciclones para recuperar as partículas finas através da força da gravidade e permitindo a saída do ar limpo para a atmosfera através de chaminés. A separação do Produto seco do ar de secagem tem grande influência sobre as características do pó obtido devido ao manuseio mecânico usado nesta separação, uma vez que o excessivo manuseio mecânico resultará em pós mais finos. O diâmetro do Bico atomizador é também responsável pela distribuição do tamanho das partículas no produto desidratado, podendo ser regulado de acordo com as partículas obtidas. A construção da câmara e as condições de trabalho são ajustadas de modo a permitir a total evaporação da água sem que se eleve em demasiada a temperatura do produto. (DAIÚTO & CEREDA, 2003).

MATIOLI & RODRIGUEZ-AMAYA (2002), com o objetivo estudar a estabilidade do licopeno extraído de goiaba vermelha, empregaram a técnica de liofilização e spray dryer para a encapsulação desta substância utilizando a ciclodextrina como agente encapsulante. O licopeno é um carotenóide susceptível à isomerização e oxidação durante o processamento e estocagem resultando na perda da cor e da atividade biológica. Os resultados desse experimento mostraram que o carotenóide encapsulado pelo processo de spray dryer apresentou um maior tempo de meia vida da microcápsula.

LIBERAÇÃO CONTROLADA

A liberação controlada do núcleo é definida como um método pelo qual um ou mais ingredientes ativos se encontram disponíveis no local desejado e numa taxa específica. A microencapsulação tem um papel fundamental para a obtenção da liberação controlada, sendo a tecnologia mais aplicada no âmbito da indústria alimentar para essa finalidade. Ela permite que os ingredientes ativos estejam separados do ambiente a que será exposto liberando-o no local determinado em um período dentro do esperado através de estímulos específicos de natureza química e/ou física.

Fatores como: formulação, local desejado de liberação e características do agente encapsulante estão diretamente envolvidos com determinação do mecanismo de liberação. Uma variedade de mecanismos de liberação foi proposta para as microcapsulas, sendo os mais comuns na indústria alimentícia a liberação por difusão, biodegradação, pressão ativada e pressão osmótica e dissolução por aquecimento ou solvente. Esses mecanismos podem ser ativados por umidade, variação de pH, temperatura, agitação, questões estruturas, etc. (PHOTHAKAMURY e BARBOSA-CÁNOVAS, 1995; GOUIN, 2004; PEGG & SHAHIDI, 2007).

MECANISMOS DE LIBERAÇÃO

Os mecanismos de liberação do material do núcleo devem ser sempre considerados quando se deseja encapsular uma substância, mesmo que embora, o objetivo do processo seja a proteção desta substância e a sua separação do meio que em outras condições a degradaria. Tanto o agente encapsulante como o ingrediente ativo deve ser selecionado de acordo com fatores que irão influenciar na sua liberação. Entre esses fatores estão a natureza química, morfologia, temperatura de transição, grau de entrelaçamento, entre outros que possam ser observados durante testes de desenvolvimento de forma a assegurar sua qualidade, eficiência e segurança (FERNÁNDEZ *et al.* 2002).

DIFUSÃO

No sistema de difusão o material ativo é liberado difundindo-se através do agente encapsulante por um gradiente de concentração ou por forças atrativas de interação (figura 4). O agente encapsulante funciona como uma membrana semipermeável controlando a taxa de difusão do ativo que dependerá da espessura, área e permeabilidade desse agente encapsulante. A difusão pode ser ativada quando o material de parede tem a sua concentração diminuída por ação de um líquido penetrante tornado o núcleo susceptível à permeação através da cápsula. De forma geral, a difusão depende do tamanho, forma, polaridade das moléculas penetrantes, a geometria do sistema, assim como a disposição do agente encapsulante (PHOTHAKAMURY e BARBOSA-CÁNOVAS, 1995; PEGG & SHAHIDI, 2007).

BIODEGRADAÇÃO

A liberação também pode ocorrer através de processos de biodegradação. Para que esse processo ocorra o agente encapsulante tem que apresentar mecanismo de degradação e a sua biodegradação deve conduzir a formação de componentes não tóxico, uma vez que sua aplicação esteja diretamente envolvida à indústria alimentícia (PEGG & SHAHIDI, 2007).

DISSOLUÇÃO POR SOLVENTE OU AQUECIMENTO

Segundo Pegg & Shahidi (2004), o processo de dissolução por solvente é o mais empregado na indústria alimentícia como mecanismo de liberação controlada. Ele parte de alimentos secos expostos ao processo de microencapsulação (bebidas, mistura para bolos e sopas) que, ao serem rehidratados, tem seus índices liberados. O que vai definir a natureza de solvente utilizado na rehidratação é o agente encapsulante, que na grande maioria, é solúvel em água.

Outro processo de dissolução empregado na liberação controlada é o tratamento térmico onde a integridade do revestimento pode ser destruída por aquecimento. Na sua grande maioria os revestimentos utilizados na indústria alimentícia são de natureza hidrofóbica, uma vez que visa à proteção de substâncias como sais, nutrientes e agentes flavorizantes dispersos no alimento, com isso diminui-se a taxa de degradação dessas substâncias aumentando o valor nutricional do alimento. A grande limitação é conseguir um material de revestimento de origem hidrofóbica que não interaja com o ingrediente ativo. Quando se deseja ter a liberação controlada por tratamento térmico substâncias como lipídios e ceras são muito utilizados (PEGG & SHAHIDI, 2007).

PRESSÃO ATIVADA E PRESSÃO OSMÓTICA

Ambos os mecanismos atuam sobre o agente encapsulante que liberam seus índices em função da pressão. Pode ocorrer por pressão ativada através de forças externas inerente ao sistema, causando uma ruptura nas paredes da microcápsula. Revestimentos impermeáveis como gorduras e ceras, podem ser liberados por esse processo. A pressão ativada é conveniente para alimentos os infredientes ativos podem se liberados por ação da mastigação ou do cozimento dos alimentos. Na pressão osmótica os índices são liberados através de forças exercidas na parede interna da microcápsula que em detrimento a essa força se rompe. Nesse processo haverá a penetração de um solvente para o interior da microcápsula e o ingrediente ativo, que deve ser solúvel a esse solvente, fará uma pressão osmótica nas paredes deste sistema causando a sua ruptura e consequentemente a liberação desse ativo (PHOTHAKAMURY e BARBOSA-CÁNOVAS, 1995; PEGG & SHAHIDI, 2007).

ALIMENTOS FUNCIONAIS

A Anvisa (Agencia Nacional de Vigilância Sanitária) define produto funcional todo aquele em que a ação metabólica ou fisiológica do nutriente ou não nutriente exerce no crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções normais do organismo (Brasil, 1999). Pode-se

acrescentar ainda, de acordo com a *European Commission Concerted Action on Functional Food Science in Europe* (1999), que os alimentos funcionais devem afetar benéficamente o organismo, garantindo efeitos nutricionais adequados, levando a uma melhoria do estado de saúde e bem estar além de reduzir riscos de doenças. Alguns autores como Tavares *et al.* (2000) e Anjo (2004), preferem se referir ao termo alimento funcional como aquele que, além das características citadas acima, ainda atue na prevenção e tratamento de doenças.

O fato, é que com o surgimento dessa concepção de alimento funcional, a microencapsulação pode contribuir amplamente no desenvolvimento de novos produtos como, por exemplo, os alimentos fortificados, enriquecidos e probióticos (WEISS *et al.* 2006; SOUTO *et al.* 2008; Garcia *et al.* 2005).

A prática de fortificação tem como objetivo adicionar aos alimentos nutrientes que originalmente eles não apresentam, seja essa ausência de nutrientes dada à natureza do alimento ou por perdas durante o seu processamento (BENDER & BENDER, 1999). O enriquecimento visa à adição de substâncias nutriente com finalidade de reforçar o valor nutritivo já presente nesse alimento (BRASIL, 1969). Já alimentos probióticos são preparações com culturas microbianas benéficas à saúde adicionadas ao alimento, restaurando desta forma o contrapeso à flora intestinal (ANVISA, 2002; BENDER & BENDER, 1999).

INGREDIENTES ENCAPSULADOS E SUAS APLICAÇÕES

Ingredientes ativos com propriedades cada vez mais complexas vêm sendo incorporados aos alimentos a fim de, entre outras finalidades, aumentar seu valor nutricional, melhorar o sabor e odor do alimento e conferir proteção e conservação frente a fatores ambientais (oxidação, umidade e calor). Um grande desafio para as indústrias alimentícias é impedir que esses ingredientes reajam com os componentes presentes no sistema do alimento, limitando sua disponibilidade biológica e funcionalidade ou mudando suas características organolépticas. Em muitos os casos, a microencapsulação pode fornecer a proteção necessária para estes ingredientes e pode ser amplamente utilizada no intuito de superar estes desafios (SCHROOYEN *et al.* 2001; GOUIN *et al.* 2003).

Segundo Schrooyen *et al.* (2001), veremos a seguir ingredientes ativos que podem ser encapsulados e incorporados aos alimentos.

Vitaminas – As vitaminas são substâncias instáveis, e por ação de fatores ambientais podem ser degradadas comprometendo o valor nutricional do alimento, por outro lado, elas também podem ser incorporadas ao alimento de forma a enriquecer suas propriedades nutricionais, podem ser utilizadas como acidulantes, antioxi-

dantes e suplemento alimentar. Elas podem ser solúveis ou insolúveis em água embora seja um verdadeiro desafio microencapsular substâncias solúveis em água devida dificuldade de encontrar um agente encapsulante que forneça uma barreira adequada e que possa ser usada na indústria alimentícia. Exemplo de vitaminas na qual a tecnologia é aplicada:

- Lipossolúvel: vitaminas A, D, E e K.
- Hidrossolúvel: vitaminas C, B1, B2, B6, B12, ácido fólico e ácido ascórbico.

A microencapsulação, é empregada como meio de proteção de uma matriz a ser preservada através de um encapsulante que o reveste é uma forma de que se dispõe para manter as características originais do produto por um tempo que se deseja o mais prolongado possível, necessário aos processos de armazenamento, transporte e comercialização (SCHROOYEN *et al.* (2001).

Para se incorporar vitaminas no alimento são necessários cuidados tecnológicos para que não ocorram perdas durante seu processamento e estocagem. É importante se conhecer suas propriedades físico-químicas, pois sua instabilidade mostra a necessidade de sobredosá-las para assegurar os níveis requeridos pela legislação e declarados na embalagem (GARCIA & PENTEADO, 2005).

Omega – 3 – É uma substância encontrada em determinados peixes e considerada essencial ao indivíduo. Em alguns países ocidentais, o seu consumo está abaixo da média recomendada. A fortificação de alimentos contendo óleo de peixe é uma alternativa eficaz para o aumento do consumo de omega-3, porém seu emprego direto como aditivo alimentar é limitado por se tratar de uma substância susceptível a oxidação. A microencapsulação pode aumentar a sua estabilidade desse composto e assim ampliar a sua utilização como aditivo alimentar.

HERMIDA *et al.* (2002), utilizaram a microencapsulação com o intuito de obter uma maior estabilidade do ômega-3 presente no óleo de peixe. A cápsula foi composta por uma associação de proteína e carboidrato e o método de secagem e obtenção foi o Spray Drying. Os resultados demonstraram que a técnica de microencapsulação se mostrou eficaz, uma vez que não produziu uma oxidação apreciável do óleo de peixe contendo ômega-3.

Metais – Ferro – A deficiência de ferro afeta uma boa parte da população mundial principalmente as crianças, ele está presente em uma gama de alimentos, porém sua disponibilidade biológica é influenciada negativamente devida sua oxidação no alimento por ação de substâncias como taninos e polifenóis. Além disso, o Ferro catalisa processos oxidativo de ácidos graxos, vitaminas e aminoácidos, alterando características sensoriais e diminuindo o valor nutritivo desse alimento. A fim de minimizar esse processo, produtos fortificados com sais de ferro microencapsulado têm sido cada vez mais constantes.

UMBELINO *et al.* (2001) realizara um estudo a fim de observar os efeitos de diferentes sais de ferro sobre as características sensoriais do “iogurte” de soja. Foram utilizados quatro tipos de sais de ferro: $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, NaFeEDTA, Ferrochel® e $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ microencapsulado. Os produtos foram avaliados quanto ao tempo de fermentação, pH, acidez titulável, viscosidade, consistência, concentração de ferro e propriedades sensoriais. Dentre todos os produtos testados o $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ microencapsulado foi o que apresentou no geral um melhor desempenho, embora todos os compostos testados com exceção do $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ mostraram-se viáveis para o processo de enriquecimento, pois não causaram alterações significativas.

No Brasil (2002) a ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária, regulamenta a adição de ferro em farinhas de milho e mandioca se uma obrigatoriedade devido aos altos índices de anemia ferropriva no país. Com isso muitos experimentos vêm sendo realizados para atender a essa demanda. Uma solução viável do ponto de vista econômico e fisiológico, foi a utilização de sais de ferro como $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, por se tratar de uma fonte de ferro acessível e de fácil absorção pelo organismo. De fato essa substância não poderá ser adicionada diretamente à farinha, pois, como dito anteriormente, acabaria oxidando e alterando as características do produto (NABESHIMA *et al.* 2005; ESCOBAR, 2004).

SOUTO *et al.* (2008) avaliaram a aceitabilidade do pão fortificado com ferro microencapsulado com crianças de creches das regiões sul e leste da cidade de São Paulo. Esse estudo demonstrou que apesar da alteração de sabor que confere ao alimento, os resultados se mostraram favoráveis à aplicação da técnica.

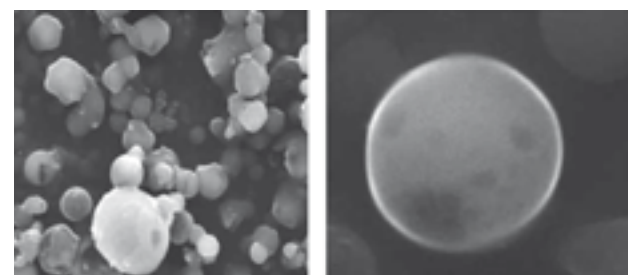
NABESHIMA *et al.* (2005) também no intuito de avaliar as propriedades tecnológicas e sensoriais de pães fortificados com ferro, observaram possíveis efeitos nas características sensoriais, cor e textura do alimento. Para esse experimento foram utilizados três diferentes fontes de ferro: ferro reduzido, pirofosfato de ferro e sulfato ferroso monohidratado microencapsulado. Os resultados não demonstraram discrepâncias significativas entre os pães enriquecidos com as diferentes fontes de ferro, principalmente quanto à aceitação pelo consumidor. Ainda que se tenha concluído que todas as fontes avaliadas possam ser empregadas para a produção de pães, a amostra fortificada com sulfato ferroso monohidratado microencapsulado foi a que demonstrou um maior índice de tolerância.

Acidulantes – O ácido láctico, vitamina C, ácido acético, cloreto de sódio são exemplos de substâncias microencapsuladas usada com acidulante. São empregados no desenvolvimento da cor e do sabor em emulsões da carne, e carnes processadas, nas indústrias de alimentos para estabilizar o bicarbonato de sódio e em misturas secas para controlar a liberação do dióxido de carbono durante o processamento e cozimento (DESAI & PARK, 2005).

Outras substâncias como corantes, enzimas e microorganismos, edulcorantes, entre outros podem ser vistos na tabela 3.

BARROS & STRINGHETA (2006) microencapsularam a antocianina para avaliarem a sua estabilidade frente a sua utilização como corante em alimento. A antocianina é um corante natural encontrada em diversas fontes de frutas e vegetais como morango, uva e berinjela. Para tal experimento foram utilizados polissacarídeos (goma arábica, maltodextrina, b – ciclodextrina) associados e separadamente. O produto microencapsulado (figura 1) foi exposto à luz e variações de temperatura e pH. Os resultados demonstraram que a Substância microencapsulada apresentou uma maior estabilidade, principalmente nas formações que continham a associação de agentes encapsulantes. Com isso, pode-se afirmar que a microencapsulação quando usada em pigmentos naturais pode oferecer proteção e tornar-los mais estáveis melhorando sua aplicação como ingrediente alimentício.

Figura 1. Fotomicrografia das microcápsulas de antocianina.



Fonte: Barros & Stringheta, Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento, n.36, 2006.

CONCLUSÕES

A microencapsulação tem um espaço promissor na indústria alimentícia, uma vez que demonstra ser uma alternativa eficiente para superar grandes desafios enfrentados por esse seguimento.

O ingrediente ativo quando microencapsulado apresenta propriedades essenciais para sua incorporação no alimento, conferindo estabilidade e protegendo da degradação química e biológica. Assim, tornam-se possível o desenvolvimento de técnicas como liberação controlada, enriquecimento e fortificação de produtos alimentícios.

Uma outra possibilidade é a promoção da manutenção do valor nutricional do alimento durante seu processamento e armazenamento, conferindo um aumento da vida de prateleira do produto bem como sua sanidade. A microencapsulação também está associada à manutenção do flavor nos alimentos industrializados, visto que uma grande maioria de compostos relacionados ao aroma e ao sabor, é

Tabela 3. Ingredientes alimentícios microencapsulados e sua aplicação na indústria alimentar.

Categoria de ingredientes	Exemplos	Aplicações
Acidulantes	Ácido láctico, glucono-d-lactona, vitamina C, ácido acético, sorbato de potássio, ácido sorbico, propionato do cálcio, e cloreto de sódio.	1. Usado para ajudar no desenvolvimento da cor e do sabor em emulsões da carne, produtos de salsicha seca, não cozinhado carnes processadas, e carne que contem produtos. 2. Ácidos do uso da indústria de cozimento e bicarbonato de sódio estáveis e nas misturas secas molhadas para controlar a liberação do dióxido de carbono durante o processamento e subsequente cozimento.
Edulcorantes	Açúcares, nutritivos ou açúcares artificiais: aspartame	1. Para reduzir o higroscopicidade, melhorar o fluididade e prolongue a percepção da doçura.
Colorantes	Urucueiro b-caroteno	1. As cores Encapsuladas são mais fáceis assegurar e oferecer uma solubilidade melhorada, a estabilidade à oxidação, e o controle sobre a estratificação das misturas secas.
Lipídios	Óleo de peixes, ácido linoléico, óleo do arroz, pó da clara de ovos, óleo de sardinha, ácido palmítico, óleo da gordura de baleia.	1. Para impedir a degradação oxidativa durante o processamento e o armazenamento.
Vitaminas e minerais	Lipossolúvel: vitamina A, D, E, e K Hidrossolúvel: vitamina A, vitamina B1, vitamina B2, vitamina B6, vitamina B12, ácido fólico.	1. Para reduzir aromas indesejáveis. 2. Para permitir tempo de liberação dos nutrientes. 3. Para realçar a estabilidade aos extremos de temperatura e umidade. 4. Para reduzir cada interação do nutriente com outros ingredientes.
Enzimas e microorganismos	Lipase, invertase, Linhos da brevivactéria, roqueforti do Penicillium	1. Para melhorar a estabilidade. 2. Para reduzir o tempo de amadurecimento

Fonte: Drying Technology, 23: 1361–1394, 2005, DESAI & PARK.

caracterizada por substâncias extremamente voláteis que através da técnica pode ser protegida da degradação.

Enfim, a microencapsulação pode oferecer um leque de possibilidades no que diz respeito a sua aplicação na indústria alimentícia, pode ser incorporada aos alimentos

industrializados e assim, tornar disponível no mercado, produtos que possam ser inseridos na alimentação de indivíduos que busquem um estilo de vida saudável, uma vez que esta pode estar associada à prevenção de doenças e promoção da saúde.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANJO, D. F. C. Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. **Sociedade Brasileira de Angiologia e Cirurgia Vascular**. V. 3(2), p.145-54, 2004.
- ASCHERI, D.P.R.; MARQUEZ, M.O. M.; MARTUCCI, E.T. Microencapsulação de Óleo Essencial de Laranja: Seleção de Material de Parede. **Ciência & Tecnologia Alimentícia**. Campinas, 23 (supl.): p. 1-6, dez. 2003.
- AZEREDO, H.M.C. Encapsulação: Aplicação à Tecnologia de Alimentos; **Alim. Nutr.** Araraquara, v.16, p. 89-97, jan-mar. 2005.
- BARBOSA, M.I., MERCADANTE, A. Z. Avaliação da estabilidade da microcápsulas de bixina em diferentes matrizes alimentícias. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**. João Pessoa. V.2, n.1, p.23-26. mar.2008.
- BARROS, F.A.R.; STRINGHETA, P.C. Microencapsulamento de Antocianinas. **Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento**. Ano IX, nº 36, p. 18-34, jan. jun 2006.
- BRASIL. Decreto-lei nº. 986, de 21 de outubro de 1969. Institui normas básicas sobre alimentos. **Diário Oficial da União; Poder Executivo**. Brasil 03 de maio de 1969.
- BRASIL. Resolução nº. 18, de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação

AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO DO DIABETES MELLITUS TIPO II EM IDOSOS EM NATAL, RN

FERNANDA PINTO GADELHA¹
PRISCILA GOMES DOS SANTOS²
MAGNUS SÉRGIO MARTINS DE PAIVA³

1. Farmacêutica Bioquímica, Natal, RN, Brasil.
2. Farmacêutica, Natal, RN, Brasil.
3. Farmacêutico Bioquímico, Docente da Universidade Potiguar, UnP, Natal, RN, Brasil.

Autor responsável: F. P. Gadelha. E-mail: fernandapgadelha@gmail.com

- de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos, constante do anexo desta portaria. **Diário Oficial da União; Poder Executivo**. Brasil 03 de maio de 1999.
- BRASIL, Resolução RDC nº. 2, de 07 de janeiro de 2002. Aprova o Regulamento Técnico de Substâncias Bioativas e Probióticos Isolados com Alegação de Propriedades Funcional e ou de Saúde. **D.O.U. – Diário Oficial da União; Poder Executivo**. Brasil 09 de janeiro de 2002.
- CARNEIRO, A.A J. Escurecimento enzimático em alimentos: Ciclodextrinas como agente antiescurecimento. **Alim. Nutr.** Araraquara, v.17, n.3, p.345-352, jul./set. 2006.
- DAIÚTO, E.R; CEREDA, M. P. Amido como suporte na desidratação por atomização e em microencapsulamento. In: FUNDAÇÃO CARGIL. **Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas Vol. 3**. São Paulo, Fundação Cargil, 2003 p.449-474.
- DESAI, K. G. H; PARK H. J. P. Recent Developments in Microencapsulation of Food Ingredients. **Drying Technology**. v.23, p. 1361–1394, 2005.
- ESCOBAR, H. Microcápsula misturada à farinha ajuda a combater anemia infantil. **O Estado de São Paulo** Disponível em: <http://txt.estado.com.br/editorias.> Acesso em: 05 Jun 2005.
- EUROPEAN COMMISSION CONCERTED ACTION ONFUNCTIONAL FOOD SCIENCE IN EUROPE. **Scientific Concepts of Functional Foods in Europe Consensus Document**. Br. J. Nutr., v.81, n.4, suppl.1, p.S1-S27, 1999.
- FARIAS, M.C ; et al. Encapsulation of the Alpha-Tocopherol in a glassy Food Model Matrix 2007. **Materials Research**. v. 10, n.1 p. 57-62, 2007.
- FAVARO-TRINDADE, C.S; PINHO, S. C.; ROCHA, G.A. Microencapsulação de ingredientes alimentícios. **Brazilian Journal of Technology**. V.11, n.2, p. 103-112, abr./jun. 2008.
- FELLOWS, P.J. Freeze drying freeze concentration. In:**Food Processing Technology**. New York Washington, DC: CCR Press, 2007. p. 441-443.
- FERNÁNDEZ, J.Y, et al. Aplicaciones biotecnológicas de la microencapsulación, **Avance y Perspectiva**. v. 21, p. 313 -319 Sep. – oct. 2002.
- FRANJIONE, J; VASISHTHA, N. Art & Science of Microencapsulation, **Technology Today**. Ed. SwRI, Summer 1995.
- GOUIN, S. Microencapsulation: industrial appraisal of existing technologies and trends. **Trends Food Sci. Technol.** v.15, n.7-8, p.330-347, 2004.
- GARCIA, T; PENTEADO, M.V.C. Qualidade de balas de gelatina fortificadas com vitaminas A, C e E!. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** Campinas, 25(4): p. 743-749, out. – dez. 2005.
- KOMATSU, T. R.; BURITI, F.C.A; SAAD, S.M.I. Inovação, persistência e criatividade superando barreiras no desenvolvimento de alimentos probióticos. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**. Vol. 44, n.3, jul./set., 2008.
- MATIOLI, G; RODRIGUES-AMAYA, D. B. Licopeno Encapsulado em Goma Arábica e Maltodextrina: Estudo da Estabilidade. **Brazilian Journal of Technology**. v.5 p.197-203, mai. 2002.
- NABESHIMA, E. Propriedades Tecnológicas e Sensoriais de pães fortificados com ferro. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** Campinas, v.25(3), p.506-511, jul. – set. 2005.
- PEGG, R.B.; SHAHIDI, F. Encapsulation, Stabilization, and Controlled Release of Food Ingredients and Bioactives. In: Rahman, M. S. **Handbook of Food Preservation**. New York Washington, DC: CCR Press, 2007. p. 510-528.
- PHOTHAKAMURY, Usha R.; BARBOSA-CÁNOVAS, Gustavo V. Fundamental aspects of controlled in foods. **Trends in Food Science & Technology**. Washington D.C., V.6, p. 397-406, Dec., 1995.
- SANTOS, A. B; FAVARO-TRINDADE, C.S; GROSSO, C. R.F. Funcionalidade da oleosina de páprica microencapsulada em goma-arábica e amido de arroz/gelatina. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 41, n.2, p.351 – 354, fev. 2006
- SCHROOYEN, P. M. M; MEER, R. van der; DE KRUIF C. G. Microencapsulation: its application in nutrition. **Proceedings of the Nutrition Society**. v.60, p. 475–479, 2001.
- SOUTO, T. S; BRASIL, A.L.D; TADDEI, J. A.A. C. Aceitabilidade de pão fortificado com ferro microencapsulado por crianças de creches das regiões sul e leste da cidade de São Paulo. **Rev. Nutr. Campinas**. 21(6): 647-657, nov./dez., 2008.
- UMBELINO, D. C; CARDELLO, H. M. A. B; ROSSI E.A. Efeito de diferentes sais de ferro sobre as características sensoriais do “iogurte” de soja. **ALAN**. v.51 n.2 Caracas jun. 2001
- TAVARES, G.M. A soja como alimento funcional na prevenção do câncer. **Revista brasileira de nutrição clínica**. 15(2): p. 321-5, abr.-jun; 2000.
- VALDUGA, E. Extração, Secagem por Atomização e Microencapsulamento de Antocianinas do Bagaço da Uva Isabel (vitis labrusca), **Ciênc. Agrotec., Lavras**. v. 32, n. 5, p. 1568-1574, set./out., 2008.
- WEISS, J.; TAKHISTOV, P.; MCCLEMENTS, J. Functional Materials in Food Nanotechnology. **Journal of Food Science**. v. 71, p. 107-116, n. 9, 2006.

INTRODUÇÃO

Os idosos têm representado uma porção cada vez maior da população brasileira e mundial. No Brasil, a faixa etária adotada para definir o indivíduo idoso é o grupo com idade igual ou superior a 60 anos, conforme a Lei Nº 8.842/96 (NETTO, 2001).

As pessoas idosas apresentam um processo irreversível e progressivo de deterioração das funções orgânicas, que pode estar associado à grande variedade de doenças e alterações ambientais que potencializam o desenvolvimento de maior fragilidade e incapacidade de viverem de forma independente (LIMA, 2004).

A fisiologia geriátrica comprovou que a pessoa idosa saudável é substancial e mensuravelmente diferente de seu equivalente mais jovem. Os idosos são acometidos por uma variedade de doenças para as quais usam uma multiplicidade de fármacos, não raro de efeito intenso e potencialmente muito tóxico. Eles utilizam igualmente considerável número de medicamentos por conta própria. Isso faz com que o potencial de interações farmacológicas, e reações adversas aumentam exponencialmente (KORLKOVAS, 2005).

Medicamentos representam um dos itens mais importantes da atenção à saúde do idoso. Pessoas com idade avançada tendem a usar mais produtos farmacêuticos e apresentam particularidades farmacocinéticas e farmacodinâmicas que as tornam particularmente vulneráveis a efeitos adversos. O conhecimento do perfil de utilização de medicamentos pela população geriátrica é fundamental para o delineamento de estratégias de prescrição racional de fármacos entre esse segmento etário (LAZZARI, 2005).

O envelhecimento da população brasileira esta ocorrendo de forma acelerada e os serviços de saúde não estão preparados para este fenômeno demográfico. Velhice não é

sinônimo de doença, entretanto, aumenta o risco de incapacidades e dependência física (MIYATA, 2003).

O Instituto Juvino Barreto localizado na cidade do Natal é um abrigo de longa permanência para idosos, uma entidade filantrópica, atualmente com 161 idosos, desses 104 são mulheres e 57 homens. Mantida por contribuições de internos, e doações e é abastecida de medicamentos e insumos farmacêuticos pela Secretaria Municipal de Saúde do Natal.

Esses idosos são acompanhados por profissionais que estão presentes no abrigo, como: médico, enfermeira, nutricionista, auxiliares de enfermagem e se faz presente também os cuidadores que são responsáveis pela higiene dos idosos. Contam também com profissionais voluntários, estudantes e estagiários universitários.

Os idosos institucionalizados apresentam um perfil diferenciado, grande nível de sedentarismo, carência afetiva, perda de autonomia causada por incapacidades físicas e mentais, ausência de familiares para ajudar no autocuidado e insuficiência de suporte financeiro. Esses fatores contribuem para a grande prevalência de limitações físicas e morbidades refletindo em sua independência e autonomia. O idoso institucionalizado e a entidade que o abriga, geralmente, não conseguem arcar sozinhos com a complexidade e as dificuldades da senescência e/ou senilidade (LAZZARI, 2005).

O Diabetes Mellitus (DM) representa um grupo de distúrbios metabólicos nos quais existe uma menor utilização de glicose, induzindo hiperglicemia. Uma resposta secretora defeituosa ou deficiente da insulina é responsável pela utilização insuficiente de glicose (SILVA, 2002).

O diabetes Mellitus acelera o processo de envelhecimento, onde alguns sugerem que o diabético tende a apresentar uma idade fisiológica dez anos superior a sua idade cronológica, o que está de acordo com a ob-