

Técnicas e materiais empregados na microencapsulação de probióticos

RESUMO

A microencapsulação consiste na técnica de envolver materiais sólidos, líquidos ou gasosos em pequenas cápsulas que liberam seu conteúdo sob condições controladas. Esta tecnologia tem sido utilizada para manter a estabilidade de probióticos durante o processamento e estocagem dos alimentos, além de aumentar a resistência no decorrer do trato digestório, possibilitando que estes cheguem ao intestino grosso com condições de sobrevivência e colonização. Durante o processo de microencapsulação, a escolha do material encapsulante é uma etapa de grande importância e deve se basear nas características do composto bioativo, na aplicação pretendida e no método de formação das partículas. Existem diversas técnicas que têm sido empregadas na elaboração de microcápsulas e a seleção do método mais adequado deve ser realizada com base nas propriedades físicas e químicas do material que será encapsulado e do agente encapsulante, analisando-se a finalidade de aplicação do ingrediente alimentício. O presente trabalho visa à revisão dos principais métodos e agentes encapsulantes utilizados na microencapsulação de micro-organismos probióticos.

PALAVRAS-CHAVE: bactérias ácidos lácticos; encapsulação; estabilidade.

Rosane Vaniski

rosanevaniski@hotmail.com

Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos (PPGTA), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira, Medianeira, Paraná, Brasil

Daiane Corti

daicorti@gmail.com

Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos (PPGTA), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira, Medianeira, Paraná, Brasil

Deisy Alessandra Drunkler

deisydrunkler@utfpr.edu.br

Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos (PPGTA), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira, Medianeira, Paraná, Brasil

INTRODUÇÃO

Os probióticos são micro-organismos vivos que, quando aplicados regularmente e, em quantidade adequada, conferem benefícios à saúde do hospedeiro (DRUNKLER; SENE; FARIÑA, 2005).

Seu consumo deve estar associado a uma alimentação equilibrada e hábitos de vida saudáveis. No Brasil, a legislação estabelece que a quantidade mínima de bactérias probióticas viáveis no alimento deve estar situada entre 10^8 a 10^9 Unidades Formadoras de Colônias (UFC) na porção recomendada para consumo diário do produto pronto para o consumo. Valores menores podem ser aceitos, desde que a empresa comprove sua eficácia, de acordo com a lista de alegações de propriedade funcional e de saúde (BRASIL, 2008).

Bactérias dos gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* são principalmente usadas para esse fim, mas também outros gêneros (*Enterococcus*, *Bacillus*) e leveduras têm sido utilizados como probióticos (COOK *et al.*, 2012). Estudos diversos têm fornecido evidências clínicas dos benefícios gerados pelos probióticos em numerosas condições como, por exemplo, diarreia aguda (LEE *et al.*, 2015), intolerância à lactose (ALMEIDA *et al.*, 2012), doenças inflamatórias intestinais (CLARKE *et al.*, 2012) e efeitos adversos do uso de antibióticos (MAZIADÉ *et al.*, 2015). Além das afecções associadas ao trato digestório, também tem sido mostrado sua utilidade no tratamento de doenças alérgicas (ISOLAURI *et al.*, 2012) e câncer (NAMI *et al.*, 2014), além de melhorar a utilização de nutrientes e, por conseguinte, o valor nutricional dos alimentos (SAAD *et al.*, 2013).

No entanto, para que estes micro-organismos exerçam os efeitos benéficos, eles devem ser capazes de suportar as condições ácidas do estômago, bem como as condições biliares no intestino delgado (KENT; DOHERTY, 2014), já que estes são os principais obstáculos para a sobrevivência dessas bactérias ingeridas e, por isso, representam um desafio à indústria (ANNAN; BORZA; HANSEN, 2008). Além disso, a sobrevivência destes durante o processamento e armazenamento de alimentos é também essencial para o desenvolvimento de produtos que possuam uma quantidade adequada de células viáveis (PINTO *et al.*, 2015).

Desta forma, vem se buscando novas estratégias para a manutenção da viabilidade, dentre elas, a utilização de tecnologias de microencapsulação, que tem sido sugerida como um método promissor para a proteção dos probióticos (RAJAM; ANANDHARAMAKRISHNAN, 2015) e que pode ser definida como a tecnologia que consiste em envolver materiais sólidos, líquidos ou gasosos em pequenas cápsulas que liberam seu conteúdo sob condições controladas (NESTERENKO *et al.*, 2013; XING *et al.*, 2014). O material encapsulado é denominado de recheio ou núcleo, e o material que forma a cápsula, encapsulante, cobertura ou parede (Barreto *et al.*, 2015). O mecanismo de proteção exercido ocorre por causa da formação de membranas ou sistemas de paredes, que envolvem o material microencapsulado ou recheio (XING *et al.*, 2014).

Alguns aspectos básicos devem ser considerados no desenvolvimento de sistemas microencapsulados, tais como a natureza e a estabilidade do material a ser encapsulado, o processo de microencapsulação, as características do polímero encapsulador e as características do produto a ser obtido (NAZZARO *et al.*, 2012).

Desta forma, o artigo tem por objetivo avaliar as principais técnicas e materiais empregados na microencapsulação de probióticos através de revisão da literatura.

MICROENCAPSULAÇÃO DE PROBIÓTICOS

A microencapsulação vem sendo avaliada na obtenção de alimentos probióticos como uma forma de proteção das células viáveis aos extremos de calor e umidade (ZHANG *et al.*, 2015), bem como na manutenção da viabilidade da bactéria/levedura durante a vida útil do produto, prevenindo alterações sensoriais (FAVARO-TRINDADE *et al.*, 2011; COOK *et al.*, 2012; FAREEZ *et al.*, 2015).

A utilização da microencapsulação também pode aumentar a resistência das bactérias no decorrer do trato digestório, visto que esse meio possui elevada acidez, além da presença de enzimas e da bile, possibilitando que as bactérias cheguem ao intestino em quantidade, com condições de sobrevivência e de colonização (CHAMPAGNE; FUSTIER, 2007; FAVARO-TRINDADE *et al.*, 2008).

A microencapsulação é um método capaz de promover a liberação controlada do material encapsulado, sendo que vários mecanismos podem ser usados para seu acionamento, como mudança de pH, estresse mecânico, temperatura, atividade enzimática, tempo, força osmótica, fermentação bacteriana, entre outras (COOK *et al.*, 2012).

Vários estudos demonstram a viabilidade na aplicação de probióticos microencapsulados em leites fermentados (RIBEIRO *et al.*, 2014), queijos (ÖZER *et al.*, 2009), sorvetes (CHAMPAGNE *et al.*, 2015), fórmulas infantis (KENT; DOHERTY, 2014), produtos cárneos (WANG *et al.*, 2015), sucos de frutas (KRASAEKOOPT; WATCHARAPOKA, 2014), indicando que esta técnica pode proteger estes micro-organismos de condições adversas, mantendo maior estabilidade durante o processamento, armazenamento e, inclusive, durante a passagem pelo trato digestório.

TÉCNICAS EMPREGADAS NA MICROENCAPSULAÇÃO DE PROBIÓTICOS

Diferentes métodos são utilizados para a produção de microcápsulas que, em geral, podem ser divididos em três grupos (SOHAIL *et al.*, 2011).

a) físico-químicos: coacervação simples ou complexa (separação de fase aquosa), evaporação emulsão solvente (separação por fase orgânica), emulsão solidificação, envolvimento lipossômico;

b) métodos físicos: *spray drying*, *spray coating*, *spray chilling*, gelificação iônica, leite fluidizado, extrusão, centrifugação com múltiplos orifícios, co-cristalização, liofilização;

c) métodos químicos: polimerização interfacial, inclusão molecular.

A seleção do método depende do tamanho desejado da microcápsula e da aplicação que será dada à mesma, do mecanismo de liberação e das propriedades físico-químicas, tanto do material ativo, quanto do agente encapsulante (COOK *et al.*, 2012; ASSUNÇÃO *et al.*, 2014). Dentre todos estes acima citados, os descritos abaixo são os mais comuns na literatura quando associados aos probióticos.

Na coacervação complexa, a formação dos complexos de biopolímeros deve-se principalmente às interações eletrostáticas que dependem do grau de ionização dos polímeros e, portanto, do pH (DE KRUIF; WEINBRECK; DE VRIES, 2004). A coacervação depende da carga líquida do sistema, sendo consequentemente influenciada pela estequiometria, por parâmetros estruturais dos biopolímeros e pelas condições do meio como pH, força iônica, temperatura e natureza dos reagentes (PRATA, 2006).

No método de emulsificação as cápsulas são formadas a partir de duas etapas: a dispersão de uma fase aquosa, contendo as células bacterianas e uma suspensão polimérica, dentro de uma fase orgânica, como óleo, resultando em uma emulsão de água em óleo; e a solidificação das cápsulas por um agente geleificante. A emulsificação normalmente resulta em cápsulas de pequenos diâmetros, além de ser facilmente aplicada em grande escala (MORTAZAVIAN *et al.*, 2007); porém, pode produzir microcápsulas com grandes variações de tamanho e forma (KENT; DOHERTY, 2014).

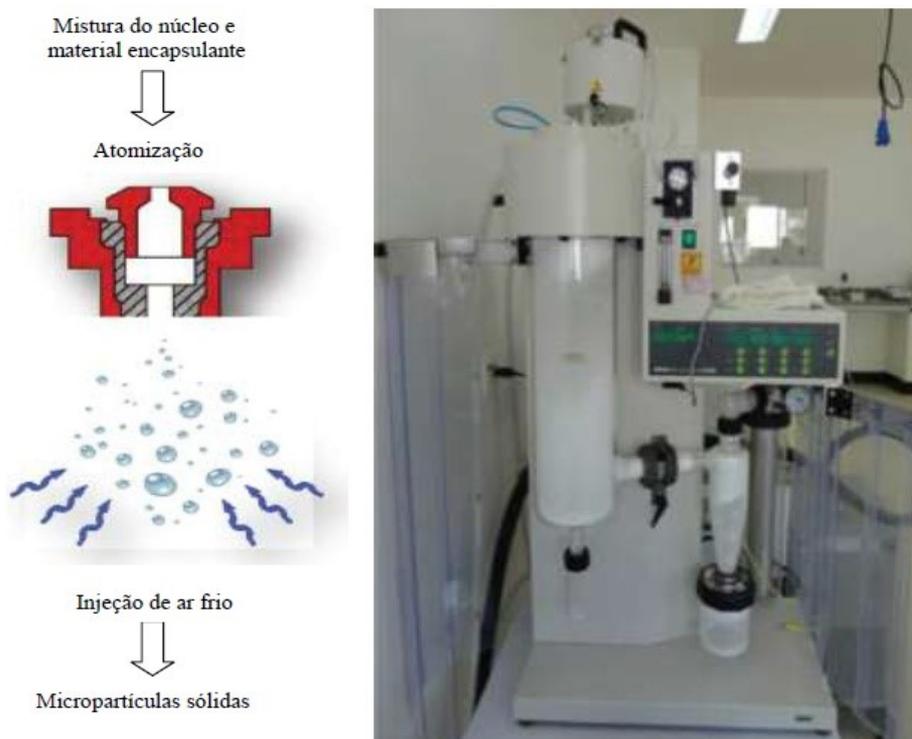
A microencapsulação por *spray drying* envolve a dispersão das células em uma solução polimérica que é atomizada na câmara de secagem (SILVA *et al.*, 2014). Isso leva a evaporação do solvente e, consequentemente, a formação das microcápsulas (MARTÍN *et al.*, 2015).

A microencapsulação por *spray chilling*, também conhecido como *spray cooling* e *spray congealing*, é uma técnica semelhante ao *spray drying*. No entanto, fundamenta-se na injeção de ar frio para permitir a solidificação da partícula. As micropartículas são produzidas por uma mistura contendo o ingrediente ativo (ou recheio) e o agente encapsulante na forma de gotículas. Essa mistura é pulverizada por um atomizador ou bico aspersor e entra em uma câmara, na qual o ar circula a baixa temperatura (CHAMPAGNE; FUSTIER, 2007). O esquema do método, bem como o desenho do equipamento estão apresentados nas Figura 1.

A gelificação iônica ocorre por ligação de um hidrocolóide com íons, tipicamente gelificação de polissacarídeos negativamente carregados mediada por cátions, por exemplo, entre alginato, carragena ou pectina com íons como o cálcio (BUREY *et al.*, 2008).

Dentre as técnicas de microencapsulação de probióticos, a extrusão é a mais popularmente empregada, devido ao baixo custo e simplicidade, além de não envolver altas temperaturas (FAVARO-TRINDADE *et al.*, 2011; KENT; DOHERTY, 2014). No método de extrusão, o material do núcleo na forma líquida, fundido ou em solução, é lançado através do orifício de um tubo fino ou seringa para formar microgotas, cujo tamanho será dependente do diâmetro do orifício e da velocidade de saída do material. As gotas contêm o material de revestimento ou este é adicionado quando as gotas caem ou são injetadas. A solidificação do material de revestimento pode ocorrer por evaporação do solvente, difusão do solvente ou reação química (KRASAEKOOPT; BRANDARI; DEETH, 2003).

Figura 1 – Esquema de processo de refrigeração por *spray chilling* e equipamento utilizado na microencapsulação.



Fonte: (ALVIM *et al.*, 2013).

A técnica de polimerização interfacial não tem sido frequentemente utilizada, porém, demonstrou que é possível obter uma alta viabilidade das bactérias lácticas para as suas possíveis aplicações em alimentos Yáñez-Fernández, Ramos-Ramírez e Salazar-Montoya, (2008), avaliaram a caracterização reológica de dispersões e emulsões utilizadas na preparação de microcápsulas, bem como as microcápsulas obtidas a partir de goma arábica, goma de gel e goma de sementes de algaroba, onde obtiveram uma viabilidade de *Lactobacillus* sp. de 46,7%, utilizando a técnica de polimerização interfacial.

Apesar das várias técnicas de microencapsulação atualmente existentes, o grande desafio é selecionar a mais eficiente e apropriada, considerando a espécie bacteriana, a aplicação a que será destinada e, em especial, o tipo de material de revestimento (ANAL; SINGH, 2007).

Na tabela 1 estão descritas as principais vantagens, desvantagens e aplicações de métodos de microencapsulação.

Tabela 1. Principais vantagens, desvantagens e aplicações dos métodos de microencapsulação

MÉTODO	PRINCIPAIS VANTAGENS	PRINCIPAIS DESVANTAGENS	PRINCIPAIS APLICAÇÕES	REFERÊNCIAS
Coacervação simples ou complexa	Técnica versátil, além de maior controle do tamanho das partículas	Aglomeração das partículas, utilização de aldeído no processo	Indústria de alimentos, vitaminas, enzimas, proteínas e medicamentos	(JAMEKHORSHID; SADRAMELI; FARID, 2014)
Evaporação emulsão-solvente	Simplicidade do método, baixo custo	Produção em escala laboratorial	Indústria de fármacos	(LI; ROUAUD; PONCELET, 2008)
Emulsão-solidificação	Pode ser utilizada em escala industrial	Microcápsulas com variação de tamanho e forma, elevado custo	Utilizada na indústria de alimentos, encapsulação de probióticos	(KENT; DOHERTY, 2014)
<i>Spray drying</i>	Baixo custo, Equipamento e técnica acessível, produção em escala industrial, solubilização instantânea e estabilidade elevada das cápsulas	Microcápsulas não uniformes, perda de materiais sensíveis ao calor, como aroma e outros compostos voláteis	Amplamente utilizada na indústria de alimentos, encapsulação de probióticos, indústria farmacêutica e química.	(MARTÌN <i>et al.</i> , 2015) (SILVA <i>et al.</i> , 2014) (KENT; DOHERTY, 2014)
<i>Spray chilling</i>	Envolve temperaturas baixas, econômico, pode utilizar lipídios como material de parede,	Baixa capacidade de encapsulação e expulsão do material do núcleo durante o armazenamento	Indústria de alimentos, vitaminas, enzimas, probióticos e medicamentos.	(PEDROSO <i>et al.</i> , 2012)
Extrusão	Baixo custo, simplicidade do método, não envolve altas temperaturas, pode ser utilizado em sistema aeróbico e anaeróbico	Método mais trabalhoso, necessita de avanços tecnológicos para produção em escala industrial	Amplamente utilizada na indústria de alimentos e encapsulação de probióticos	(FAVARO-TRINDADE <i>et al.</i> , 2011) (KENT; DOHERTY, 2014)
Gelificação iônica	Uso de baixa temperatura e baixo custo	Alta permeabilidade	Indústria farmacêutica	(JAMEKHORSHID; SADRAMELI; FARID, 2014)

MATERIAIS EMPREGADOS NA MICROENCAPSULAÇÃO DE PROBIÓTICOS

Os agentes encapsulantes se enquadram na categoria de formadores de filmes, que podem ser selecionados de uma ampla variedade de polímeros naturais e sintéticos (ASSUNÇÃO, 2014).

A escolha do agente encapsulante depende de uma série de fatores, entre eles: a não reatividade com o material a ser encapsulado durante o processo e estocagem; o processo utilizado para a formação da microcápsula; o mecanismo e liberação do material encapsulado; suas propriedades reológicas; a habilidade de dispersar ou emulsificar; a capacidade de prover máxima proteção para o material a ser encapsulado contra condições desfavoráveis, como alimentos com alta atividade de água (WEINBRECK; BODNÁR; MARCO, 2010), temperatura e presença de oxigênio atmosférico, (ANAL; SINGH, 2007) das condições ácidas do estômago e os sucos biliares do intestino delgado (KENT; DOHERTY, 2014), e ser economicamente viável (ASSUNÇÃO, 2014). A utilização de solventes orgânicos é necessária para alguns tipos de polímeros, o que impede o seu uso na encapsulação de organismos vivos. Este inconveniente tem despertado o interesse no desenvolvimento e utilização de polímeros passíveis de serem utilizados em meio aquoso, especialmente para a encapsulação de micro-organismos (FÁVARO-TRINDADE; GROSSO, 2002).

Muitos materiais podem ser utilizados como cobertura para as microcápsulas com destaque aos carboidratos, proteínas e lipídios. Polissacarídeos tais como amido, carragena, alginato e goma gelana são os materiais mais comumente empregados na microencapsulação de Bifidobactérias e Lactobacilos; apesar de que as proteínas e compostos lipídicos também vêm ganhando destaque na microencapsulação de probióticos (TRIPATHI; GIRI, 2014).

CARBOIDRATOS

Os carboidratos têm se destacado como materiais mais comumente empregados na microencapsulação de probióticos (ROKKA; RANTAMÄKI, 2010), como pode ser observado na tabela 2.

Apesar de alguns trabalhos enfatizarem o emprego de apenas um único carboidrato como material de parede, a maioria possui melhor performance quando aplicados em conjunto (Tabela 2).

As maltodextrinas, carboidratos obtidos a partir da hidrólise ácida ou enzimática do amido de milho (NAZZARO *et al.*, 2012b); são consideradas bons agentes encapsulantes por apresentarem baixa higroscopicidade, evitando a aglomeração das partículas (ANEKELLA; ORSAT, 2013), boa solubilidade e baixa viscosidade mesmo em alta concentração de sólidos (KOÇ *et al.*, 2015).

A pectina, polissacarídeo aniônico constituído, predominantemente, de polímeros lineares de ácido α -(1-4)-D-galacturônico com açúcares neutros como L-raminose inseridos ou anexados às cadeias principais (SINHA; KUMRIA, 2003), devido às características eletrostáticas e de formação de géis, apresenta-se como um bom material de parede (ABERKANE; ROUDAUT; SAUREL, 2014).

Tabela 2. Probióticos microencapsulados com material de parede à base de carboidratos.

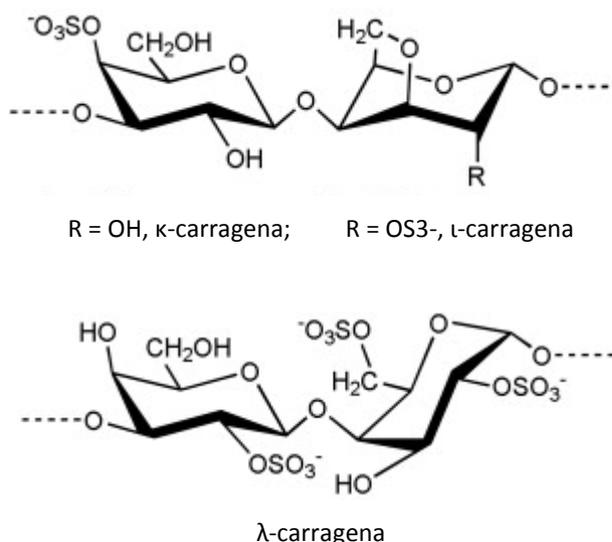
Carboidratos	Probióticos	Tecnologia	Referências
Pectina e caseína	<i>Bifidobacterium lactis</i> (bi 01) e <i>Lactobacillus acidophilus</i> (lac 4)	Coacervação complexa e <i>spray drying</i>	(OLIVEIRA <i>et al.</i> , 2007).
Carboximetilcelulose de alumínio incorporado de farelo de arroz	<i>Lactobacillus reuteri</i> kub-ac5	Emulsão	(CHITPRASERT; SUDSAI; RODKLONGTAN, 2012).
Alginate de sódio, goma guar, goma xantana, goma locusta e goma carrageena	<i>L. rhamnosus</i> Ir-32, <i>b. longum</i> bl-05, <i>l. salivarius</i> ls-33, <i>l. plantarum</i> lpc-37, <i>l. acidophilus</i> ncfm, <i>l. paracasei</i> lp-115, <i>b. lactis</i> bl-04, <i>b. lactis</i> bi-07 e <i>b. bifidum</i>	Emulsão	(DING; SHAH, 2009B).
K-carragena	<i>Bifidobacterium longum</i> b6 and <i>b. longum</i> atcc 15708	Emulsificação	(ADHIKARI <i>et al.</i> , 2000).
Quitosana e alginato de cálcio	<i>Lactobacillus gasseri</i> e <i>bifidobacterium bifidum</i>	Extrusão	(CHÁVARRI <i>et al.</i> , 2010).
Goma xantana, alginato de sódio e quitosana	<i>Lactobacillus plantarum</i> lab 12	Extrusão	(FAREEZ <i>et al.</i> , 2015).
Alginato de sódio, goma xantana e acetato ftalatocelulose	<i>Lactobacillus acidophilus</i> la14 e <i>bifidobacterium lactis</i> bi07	Extrusão	(ALBERTINI <i>et al.</i> , 2010)
Alginato de sódio e pectina	<i>Lactobacillus casei</i>	Extrusão	(SANDOVAL-CASTILLA <i>et al.</i> , 2010).
Pectina e proteína de soro de leite	<i>L. acidophilus</i> la-5	Gelificação iônica e coacervação complexa	(RIBEIRO <i>et al.</i> , 2014).
Gomas arábica, gelana e de semente de alfarroba	<i>Lactobacillus</i> sp.	Polimerização interfacial	(YÁÑEZ-FERNÁNDEZ <i>et al.</i> , 2008).
Maltodextrina e goma arábica	<i>L. acidophilus</i> (bcrc 14079), <i>b. longum</i> (bcrc 14605).	<i>Spray drying</i>	(SU <i>et al.</i> , 2007)
B-ciclodextrina e goma acácia	<i>L. acidophilus</i> xhi	<i>Spray drying</i>	(ZHAO <i>et al.</i> , 2008)
Acetato ftalato de celulose	<i>L. acidophilus</i> e <i>b. lactis</i>	<i>Spray drying</i>	(FÁVARO-TRINDADE; GROSSO, 2002)
Amido nativo de arroz e inulina	<i>Lactobacillus rhamnosus</i>	<i>Spray drying</i>	(AVILA-REYES <i>et al.</i> , 2014)
Maltodextrina e trealose	<i>Lactobacillus paracasei</i>	<i>Spray freeze drying</i>	(SEMYONOV <i>et al.</i> , 2010)

A goma arábica, também conhecida como goma acácia, é uma resina natural da Acácia Senegal (AHMED *et al.*, 2005). É um polímero que consiste primariamente de ácido D-glucurônico, L-raminose, D-galactose, e L-arabinose, com aproximadamente 5% de proteína (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007), sendo esta fração de proteína responsável pela propriedade de emulsificação da goma, o que a torna adequada para a encapsulação por spray drying (SHAHIDI; HAN, 1993).

A quitosana, copolímero constituído de unidades de $\beta(1\rightarrow4)$ -2-amino-2-desoxi-D-glicopirranose e $\beta(1\rightarrow4)$ -2-acetamido-2-desoxi-D-glicopirranose (KIMURA *et al.*, 2002), pode polimerizar através de uma formação de ligações cruzadas na presença de ânions e poliânions; porém, por si só, não apresentou boa eficiência na encapsulação de probióticos, sendo preferencialmente utilizado como revestimento (MORTAZAVIAN *et al.*, 2008).

As carragenas são heteropolissacarídeos lineares que contêm grupos éster sulfato extraídas de algas marinhas vermelhas do tipo *Rhodophyceae* e são classificadas em três tipos principais, designados por meio de letras gregas como: κ (kappa), ι (iota) e λ (lâmbda), onde a principal diferença estrutural entre elas está no grau do grupo sulfato de substituição (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007), como pode ser observado na figura 1. A utilização da carragena na microencapsulação de probióticos é devido à sua capacidade de formar gel que pode, conseqüentemente, aprisionar as células viáveis. No entanto, as células probióticas devem ser adicionadas à suspensão esterilizada, entre 40 e 45 °C, caso contrário, o gel solidifica a temperatura ambiente (GBASSI; VANDAMME, 2012). Embora a carragena apresente propriedades de formar gel individualmente, é grandemente influenciada pela adição de íons e outras gomas devido a efeitos de estabilização e sinérgismo, respectivamente (SOMA *et al.*, 2009).

Figura 1. Fórmulas estruturais da κ (kappa), ι (iota) e λ (lâmbda) carragena.



Fonte: (YANG *et al.*, 2012)

O alginato de sódio é um polissacarídeo linear solúvel em água, extraído de diferentes tipos algas (MARTÍN *et al.*, 2015) e destaca-se por ser o polímero mais utilizado na microencapsulação de células bacterianas (TRABELSI *et al.*, 2013). Como a formação do gel ocorre rapidamente na presença de íons cálcio, sem alterações drásticas de temperatura, pH e pressão osmótica, a atividade e a viabilidade dos micro-organismos microencapsulados são conservadas (CARVALHO *et al.*, 2006)

O alginato apresenta vantagens como, por exemplo, não ser tóxico; não interagir com o micro-organismo; ser compatível com o cloreto de cálcio, componente indispensável à rigidez das microcápsulas; não afetar a viabilidade das bactérias encapsuladas durante sua vida útil; e possibilita a liberação das células imobilizadas, através da solubilização e sequestro dos íons cálcio presentes nas cápsulas do gel. Além disso, apresenta baixo custo, grande disponibilidade no mercado, possibilidade de emprego e escala industrial e aceitação da substância como aditivos na produção de alimentos (CHAMPAGNE *et al.*, 2000; SHAH, 2000).

No entanto, algumas desvantagens são atribuídas ao uso de alginato, como o fato de serem sensíveis a ambientes ácidos (MORTAZAVIAN *et al.*, 2008), não sendo compatível para a resistência das micropartículas nas condições do estômago; dificuldade de produção em grande escala, as microcápsulas obtidas são muito porosas e permitem a difusão rápida e fácil da água e de outros fluídos de dentro para fora da matriz de alginato (GOUIN, 2004).

Algumas desvantagens são atribuídas a micropartículas de alginato, pois sensíveis a ambientes ácidos, o gel de alginato é formado na presença de íons de cálcio, assim, a sua integridade é deteriorada quando submetido a íons monovalentes ou agentes quelantes, como fosfatos, lactatos e citratos. Além disso, apresentam dificuldades em aplicações em escala industrial, além de que as partículas são também muito porosas, o que provoca uma rápida difusão da umidade e outros fluídos através dos grânulos. Este fator reduz as propriedades de barreira contra fatores ambientais desfavoráveis. Os defeitos mencionados podem ser compensados pela associação do alginato com outros compostos poliméricos, revestindo as cápsulas com outro composto ou aplicando modificação estrutural do alginato usando diferentes aditivos (MARTÍN *et al.*, 2015).

Ding e Shah (2009a) utilizaram uma camada extra de poli-L-lisina em microcápsulas de alginato e verificaram melhor viabilidade em comparação com cápsulas de alginato submetidas a condições gástricas. Brinques e Ayub (2011) avaliaram a sobrevivência do *Lactobacillus plantarum* BL011 submetido a condições de estresse, nas formas livre e microencapsulado, utilizando alginato de sódio, pectina cítrica de baixa metoxilação e quitosana em diferentes tratamentos como agentes encapsulantes. A viabilidade das células microencapsuladas foi melhorada em relação aos micro-organismos livres quando submetidos ao armazenamento refrigerado. García-Ceja *et al.* (2015) estudaram a viabilidade de *Lactobacillus acidophilus* e *Lactobacillus reuteri* encapsulados em alginato e quitosana-alginato no leite, néctar de pêssego e geléia de amora, armazenados a 5 ° C durante 30 dias, e perceberam que durante sucessivas condições simuladas o encapsulamento em alginato ou quitosana-alginato impediu a perda de lactobacilos nos sucos gástrico e permitiu a liberação nos fluídos intestinais simulados. Devido à susceptibilidade das cápsulas de alginato em ambiente gástrico, Cheow, Kiew e Hadinoto (2014) utilizaram em sua pesquisa adição de alfarroba e goma xantana nas cápsulas de alginato, e

revelaram que nos perfis de tolerância a estresse e liberação de células em fluidos gastrointestinais simuladas, alginato com alfarroba foram mais eficientes, e a mistura alginato com goma xantana foram mais eficazes somente na tolerância a ácidos.

Alguns carboidratos, por apresentarem resistência ao suco gástrico e solubilidade intestinal, permitem a liberação dos probióticos no intestino, local de atuação dos mesmos.

A carboximetil celulose tem sido estudada como material de parede em pesquisas envolvendo a microencapsulação de probióticos (PRIYA; VIJAYALAKSHMI; RAICHUR, 2011), devido, principalmente, à resistência ao ácido gástrico e as propriedades de solubilidade intestinais, que permitem sua utilização na liberação controlada (KAMEL *et al.*, 2008).

A capacidade da goma guar formar uma matriz polimérica resistente à degradação no trato digestório superior e que seja susceptível à ação enzimática das bactérias do cólon, levou vários pesquisadores a estudarem as propriedades de liberação cólon-específica (DING; SHAH, 2009b). Apesar da capacidade da goma guar reter o material bioativo em condições adversas de fluidos gástrico e intestinal do estômago, poucos estudos têm sido realizados utilizando goma guar para liberação intestinal de bactérias probióticas.

A goma xantana, polissacarídeo sintetizado por uma bactéria fitopatogênica do gênero *Xanthomonas*, tem extrema importância comercial, que se deve principalmente a suas propriedades reológicas, que permitem a formação de soluções viscosas a baixas concentrações (0,05-1,0%) e estabilidade em ampla faixa de pH e temperatura (FONTANIELLA *et al.*, 2002).

A goma gelana é um polissacarídeo derivado de microbiana *Pseudomonas elodea* que é constituída de uma unidade de repetição de quatro monômeros que são glucose, ácido glucurônico, glicose e ramnose (CHEN; CHEN, 2007). É uma goma de fácil aplicação, possui uma boa estabilidade e forma géis transparentes em concentrações extremamente baixas (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007). Embora a goma gelana é capaz de formar estruturas para microencapsulação, ela não é usada sozinha para esta finalidade, pois tem elevada temperatura de definição do gel (80-90 °C durante cerca de 1h) o que resulta em lesões nas células das bactérias probióticas pelo calor (SUN; GRIFFITHS, 2000).

Além das suas propriedades tecnológicas, alguns carboidratos possuem a característica de serem classificados como prebióticos, ou seja, oligo ou polissacarídeos não digeríveis, os quais promovem o desenvolvimento dos probióticos (PATEL; GOYAL, 2012). Nesta classe, encontram-se o amido resistente, (ZAMAN; SARBINI, 2015), a goma arábica, onde Glover *et al.* (2009), avaliaram efeitos cardiovasculares e renais da suplementação de fibra dietética com goma arábica, e concluíram que houve efeito benéfico sobre a pressão arterial, que foi observado tanto em um grupo de pacientes com diabetes, problemas renais e pacientes saudáveis. O fruto-oligossacarídeos (FOS), também pertencente à classe dos prebióticos, foram avaliados por Rajam e Anandharamakrishnan (2015) que utilizaram FOS e proteínas isoladas do soro de leite para encapsular *Lactobacillus plantarum* (MTCC 5422), e obtiveram boa eficiência de encapsulação (98,63%), e microcápsulas com maior estabilidade durante o armazenamento e proteção em suco gástrico simulado e condições intestinais.

As enzimas digestivas não são capazes de hidrolisar estes compostos; assim, os probióticos microencapsulados atingem o intestino grosso onde a microbiota os hidrolisa e libera os probióticos in loco, então aumentando ou restaurando a microbiota (AVILA-REYES et al., 2014).

PROTEÍNAS

As proteínas dos alimentos têm potencial aplicação devido ao seu alto valor nutritivo e excelentes propriedades funcionais (GUNASEKARAN; KO; XIAO, 2007). Possuem a capacidade de interagir com uma vasta gama de compostos ativos através dos grupos funcionais na sua estrutura primária polipeptídica, que oferecem ampla proteção e capacidade de reverter às ligações de moléculas ativas antes da sua liberação orientada no hospedeiro (CHEN; SUBIRADE, 2009).

Outro benefício potencial associado com matrizes protéicas de encapsulação envolve a hidrólise de proteínas de alimentos por enzimas digestivas potencialmente geradoras de peptídeos bioativos que podem exercer uma série de efeitos fisiológicos in vivo (JOYE; MCCLEMENTS, 2014).

A gelatina é uma proteína de alto peso molecular obtida pela hidrólise parcial do colágeno. A sua elevada utilização se deve ao fato da sua produção ser relativamente econômica, por existir uma fonte de matéria-prima considerável e pelas propriedades reológicas, tais como formação de gel. Os géis de gelatina especialmente para concentrações superiores a 2% são pouco sensíveis a variações de força iônica e pH na gama entre 4 e 9 (CASTRO; RODRIGUES, 2003).

A gelatina é utilizada na encapsulação pelas propriedades de formação de filme e emulsificação. As propriedades de gel da gelatina como força, ponto de fusão e viscosidade vão depender da fonte, das condições de processamento, da matéria-prima, da concentração da gelatina, do pH, do tempo e temperatura de maturação (BUREY et al., 2008).

A gelatina é muito utilizada para a microencapsulação por coacervação complexa e pode formar partículas de 50 – 400 µm. O gel termorreversível da gelatina é formado por gelificação a frio, após dissolver em água em alta temperatura e resfriá-lo. A típica gelatina possui 14% de umidade, 84% de proteína e 2 % de cinzas. Esses hidrocolóides são miscíveis em pH superior a 6, devido à natureza de suas cargas elétricas (BUREY et al., 2008; MENEZES et al., 2013).

Annan, Borza e Hansen (2008) encapsularam *Bifidobacterium adolescentis* 15703T em microcápsulas de gelatina revestidas com alginato, com o objetivo de melhorar a sobrevivência durante a exposição a condições adversas do trato digestório. Observaram que as microcápsulas de gelatina eram estruturalmente instáveis ao suco gástrico simulado, devido à degradação pela pepsina e desintegraram-se completamente após 45 minutos, porém o revestimento das cápsulas com alginato evitou que a pepsina degradasse as microcápsulas de gelatina, melhorando a sobrevivência das Bifidobactérias durante o período experimental de duas horas.

As proteínas lácteas oferecem propriedades funcionais adequados para serem utilizadas como agentes encapsulantes na microencapsulação, como sabor suave, alta solubilidade, baixa viscosidade em solução e boa emulsificação e propriedades de formação de película (AUGUSTIN; OLIVER, 2014; EL-SALAM; EL-SHIBINY, 2015).

As proteínas do leite são veículos naturais para células probióticas, devido as suas propriedades estruturais e físico-químicas, elas podem ser utilizadas como um sistema de entrega (LIVNEY, 2010). As proteínas têm excelentes propriedades de gelificação e esta especificidade foi explorada por (HEIDEBACH; FÖRST; KULOZIK, 2009) para encapsular células probióticas. Os resultados destes estudos são promissores e a utilização das proteínas do leite como agente encapsulante é interessante devido sua biocompatibilidade (LIVNEY, 2010).

As proteínas do soro de leite são um importante subproduto da indústria de queijo que faz com que ocorra elevada contaminação do ambiente. As proteínas do soro de leite apresentam excelentes propriedades de encapsulação e podem ser aplicadas para materiais encapsulados voláteis e não-voláteis. Estudos indicam que microcápsulas formadas por matérias encapsulantes compostas de proteína de soro de leite apresentam boa proteção do probiótico a condições adversas (MARTÍN *et al.*, 2015). As proteínas do soro têm sido utilizadas como materiais de parede para a microencapsulação de Lactobacilos e Bifidobactérias (MUTHUKUMARASAMY; HOLLEY, 2007; REID *et al.*, 2007). Estes agregados de proteínas têm melhorado as propriedades de barreira e resistência a condições gástricas em pH baixo (ALTING *et al.*, 2009). Estratégias diferentes para a produção de microcápsulas com proteína de soro de leite incluem secagem por pulverização (PICOT; LACROIX, 2004), a geleificação induzida pelo frio (BARBUT; FOEGEDING, 1993) e coacervação complexa (OLIVEIRA *et al.*, 2007), além de uma combinação de métodos (LAMBERT; WEINBRECK; KLEEREBEZEM, 2008).

Picot e Lacroix (2004) estudaram o efeito de microcápsulas de proteína de soro de leite, obtidas pelo método de *spray drying* sobre a sobrevivência de duas estirpes de Bifidobactérias, *Bifidobacterium breve* R070 e *Bifidobacterium longum* R023. O estudo demonstrou que a imobilização em microcápsulas de proteína do soro de leite, insolúveis em água, pode ser um meio eficaz para aumentar a sobrevivência de Bifidobactérias nas condições ácidas do estômago humano, permitindo uma melhor colonização do intestino grosso por desses micro-organismos benéficos.

Gerez *et al.* (2012) avaliaram a eficácia da microencapsulação para aumentar a resistência do *Lactobacillus rhamnosus* CRL 1505 em pH baixo e sais biliares sob condições simuladas gastrointestinais. Proteína de soro de leite e pectina foram utilizadas como agentes de encapsulação, e uma combinação de gelificação ionotrópica e técnicas de coacervação complexa foram avaliadas para a obtenção dos grânulos. O estudo mostrou que as microcápsulas de pectina-proteína de soro de leite foram mais estáveis em condições gástricas simuladas, oferecendo assim uma melhor proteção para *L. rhamnosus* CRL 1505 a pH baixo. O processo de microencapsulação proposto é muito simples e tem vantagens em relação às técnicas tradicionais: entre outros, a baixa temperatura (25 °C) utilizada (um fator chave no caso de bactérias probióticas ou micro-organismos termossensíveis), custo baixo dos agentes encapsulantes (pectina e proteína de soro de leite) e o efeito potencial prebiótico da pectina (HASSELWANDER, 2008).

O micro-organismo probiótico *Bifidobacterium* BB-12 foi microencapsulado pela técnica de atomização e foram utilizados leite desnatado reconstituído e os prebióticos (inulina, oligofrutose) como agentes encapsulantes em diferentes concentrações. Todas as microcápsulas produzidas apresentaram uma elevada taxa de sobrevivência das *Bifidobacterium* durante o armazenamento nas temperaturas avaliadas e a mistura de leite desnatado reconstituído, oligofrutose e inulina resultaram em uma melhor proteção do *Bifidobacterium* durante o armazenamento (FRITZEN-FREIRE *et al.*, 2012).

O uso de proteínas vegetais como material da parede na microencapsulação de vários materiais sensíveis reflete a atual tendência "verde" na indústria alimentar, farmacêutica e de cosméticos. As duas principais técnicas utilizadas para a microencapsulação dessas substâncias são a atomização e coacervação. Outros processos, como a gelificação ou técnicas de evaporação de solvente podem ser utilizados (DUBEY; SH AMI; BHASKER, 2009; NESTERENKO *et al.*, 2013).

As proteínas vegetais utilizadas como agentes encapsulantes são proteína isolada de ervilha, proteína isolada de soja, gliadinas do trigo, zeína de milho e proteína da cevada. Estudos tem demonstrado a capacidade das proteínas vegetais protegerem eficazmente os diferentes materiais ativos (hidrófilo ou hidrófobo, sólido ou líquido). No entanto, a eficiência da microencapsulação, a estabilidade e o tamanho das micropartículas podem ser afetadas por diversos parâmetros, tais como o núcleo ativo, as concentrações do material de parede, de temperatura, pH do meio, a técnica de encapsulamento, o uso de aditivos ou de proteínas combinadas com polissacarídeos. Outras proteínas extraídas a partir de sementes de aveia, arroz ou girassol são conhecidas pelas suas propriedades funcionais e podem ser utilizadas como material de parede na microencapsulação. Esses polímeros naturais apresentam boa solubilidade, capacidade de emulsão, formação e estabilidade da espuma, dando-lhes as características adequadas para uso potencial como materiais de revestimento eficientes. Além disso, eles podem ser associados com polissacarídeos, auxiliando a microencapsulação (NESTERENKO *et al.*, 2014).

Como nenhum material de parede simples possui todas as propriedades necessárias de um material de encapsulamento ideal. Nesterenko *et al.* (2014) realizaram trabalho comparando as propriedades de encapsulamento de proteína de soja e proteína de girassol, em um estado modificado e não modificado, através do método de secagem por pulverização, concluindo que a proteína de soja no estado não modificado apresentou maior eficiência de retenção para microencapsulação em comparação com a proteína de girassol.

A proteína de ervilha, em especial, a proteína isolada de ervilha tem se destacado na literatura como um importante agente encapsulante de probióticos, devido ao fato de que apresentam boa solubilidade em água, boa capacidade espumante e emulsionante, além de estabilidade em altas temperaturas (KENT; DOHERTY, 2014).

Varankovich *et al.* (2015) verificaram que a microencapsulação de *Bifidobacterium adolescentis* com proteína de ervilha, associada ou a alginato de sódio, iota-carragena ou goma gelana, garantiu maior estabilidade frente as condições gástricas avaliadas in vitro quando comparados a célula livre.

Klemmer *et al.* (2011) estudaram os efeitos da microencapsulação do micro-organismo probiótico *Bifidobacterium adolescentis* e pela técnica de extrusão,

utilizando proteína isolada de ervilha e alginato como agentes encapsulantes. Os estudos demonstraram que a microencapsulação utilizando proteína vegetal ofereceu proteção suficiente para o probiótico estudado durante as análises e estes podem ser utilizados em aplicações alimentares.

LIPÍDIOS

O uso de compostos lipídicos como agentes encapsulantes de probióticos tem ganhado interesse nos últimos anos. Como uma das vantagens, está o fato de que elas são facilmente digeridas no intestino pelas lipases, o que poderia promover a liberação destes micro-organismos próximos ao sítio de ação (FAVARO-TRINDADE; HEINEMANN; PEDROSO, 2011). Lahtinen *et al.* (2007) imobilizaram Bifidobactéria em uma matriz lipídica, cuja base era manteiga de cacau, e verificaram que este processo resultou em aumento da viabilidade das células durante a estocagem em sistemas modelos, que mimetizavam bebidas fermentadas e não fermentadas, sugerindo que a matriz lipídica protegesse os probióticos contra o estresse, possivelmente devido ao bloqueio da água e agentes estressores, tais como íons.

Pedroso *et al.* (2013), avaliaram a microencapsulação de *Bifidobacterium lactis* e *Lactobacillus acidophilus*, utilizando como material de parede gordura interesterificada de palma e palmiste, empregando a técnica de *spray chilling*, resultando na obtenção de micropartículas sólidas, que foram eficientes na proteção dos probióticos contra a passagem através dos fluidos gástrico e intestinal.

Liu *et al.* (2015) verificaram que a estabilidade das cepas de *Lactobacillus* LB1, S64 e K67 frente ao processo de *spray drying* foi maior em co-encapsulação com lipídio com baixo ponto de fusão quando comparado às microcápsulas obtidas, apenas, pela microencapsulação com caseinato de sódio.

CONCLUSÃO

A microencapsulação é uma técnica promissora que tem auxiliado a indústria de alimentos, bem como a aplicação de micro-organismos probióticos, pois a mesma gera uma barreira física contra as condições adversas do ambiente, proporcionando maior estabilidade durante o armazenamento e na passagem pelo trato gastrointestinal quando comparados aos micro-organismos não encapsulados. Porém, muitos estudos devem ser realizados para selecionar a técnica de encapsulação, bem como o agente encapsulante mais eficiente e apropriado, considerando a espécie bacteriana e a aplicação a que será destinada, permitindo assim a formação de microcápsulas adequadas para aplicações mais eficazes de probióticos em alimentos.

À CAPES, pela bolsa de estudos.

Techniques and Materials Employed in Microencapsulation of Probiotics

ABSTRACT

Microencapsulation is the technology involving solid, liquid or gaseous in small capsules which release their contents under controlled conditions. Microencapsulation of probiotic microorganisms has been used to maintain the stability there of during processing and storage of foods, besides increasing resistance of bacteria throughout the digestive tract, allowing these conditions to arrive at the intestine colonization and survival. During the microencapsulation process, the choice of encapsulating material is a step of great importance, this should be chosen according to the characteristics of the bioactive compound, the intended application and the method of particle formation. There are several techniques that have been employed in the preparation of microcapsules; the selection of the most appropriate method should be performed based on the physical and chemical properties of the material to be encapsulated and the encapsulating agent, analyzing the purpose of application of food ingredient. This paper aims to review the most encapsulating agents and methods used in the microencapsulation of probiotic microorganisms.

KEYWORDS: lactic acid bacteria; encapsulation; stability.

REFERÊNCIAS

ABERKANE, L.; ROUDAUT, G.; SAUREL, R. Encapsulation and oxidative stability of pufa-rich oil microencapsulated by spray drying using pea protein and pectin. **Food and Bioprocess Technology**, v. 7, n. 5, p. 1505-1517, 2014.

ADHIKARI, K.; MUSTAPHA, A.; GRÜN, U. I.; FERNANDO, L. Viability of microencapsulated bifidobacteria in set yogurt during refrigerated storage. **Journal Of Dairy Science**, v. 83, n. 9, p. 1946-1951, 2000.

AHMED, J.; RAMASWAMY, H. S.; NGADI, M. O. Rheological characteristics of arabic gum in combination with guar and xanthan gum using response surface methodology: effect of temperature and concentration. **International Journal of Food Properties**, v. 8, n. 2, p. 179-192, 2005.

ALBERTINI, B.; VITALI, B.; PASSERINI, N.; CRUCIANI, F.; SABATINO, M. D. Development of microparticulate systems for intestinal delivery of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium lactis*. **European Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 40, n. 4, p. 359-366, 2010.

ALMEIDA, C. C.; LORENA, S. L. S.; PAVAN, C. R.; AKASAKA, H. M. I.; MESQUITA, M. A. Beneficial effects of long-term consumption of a probiotic combination of *Lactobacillus casei* Shirota and *Bifidobacterium breve* Yakult may persist after suspension of therapy in lactose-intolerant patients. **Nutrition in Clinical Practice**, v. 27, n. 2, p. 247-251, 2012.

ALTING, A. C.; FLORIS, T. A. G.; WEINBRECK, F. C. J.; GRANDIA, J.; VAN DE VELDE, F. **Protein-Based Probiotic Encapsulates**. Wo/2009/070012, 2009.

ALVIM, I. D.; SOUZA, F. S.; KOURY, I. P.; DANTAS, F. B. H.; JURT, T. Use of the Spray Chilling Method to Deliver Hydrophobic Components: Physical Characterization of Microparticles. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 33, n. 1, p. 34-39, 2013.

ANAL, A. K.; SINGH, H. Recent advances in microencapsulation of probiotics for industrial applications and targeted delivery. **Trends In Food Science & Technology**, v. 18, n. 5, p. 240-251, 2007.

ANNAN, N. T.; BORZA, A. D.; HANSEN, L. T. Encapsulation in alginate-coated gelatin microspheres improves survival of the probiotic *Bifidobacterium adolescentis* 15703t during exposure to simulated gastro-intestinal conditions. **Food Research International**, v. 41, n. 2, p. 184-193, 2008.

ANEKELLA, K.; ORSAT, V. Optimization of microencapsulation of probiotics in raspberry juice by spray drying. *LWT - Food Science and Technology*, v. 50, n. 2, p. 17-24, 2013.

ASSUNÇÃO, L. S. Estudo prospectivo sobre encapsulamento de compostos bioativos. *Revista Geintec - Gestão, Inovação E Tecnologias*, v. 4, p. 1382-1391, 2014.

AUGUSTIN, M. A.; OLIVER, C. M. Use of milk proteins for encapsulation of food ingredients. IN: GAONKAR, A. G.; VASISHT, N.; ATUL, R. K.; SOBEL, R. (Ed) **Microencapsulation In The Food Industry**. Academic Press, p. 211-226, 2014.

AVILA-REYES, S. V.; GARCIA-SUAREZ, F. J.; JIMÉNEZ, M. T.; SAN MARTÍN-GONZALEZ, M. F.; BELLO-PEREZ, L. A. Protection of *L. rhamnosus* by spray-drying using two prebiotics colloids to enhance the viability. *Carbohydrate Polymers*, v. 102, n. 1, p. 423-430, 2014.

BARBUT, S.; FOEGEDING, E. A. Ca²⁺-induced gelation of pre-heated whey protein isolate. *Journal Of Food Science*, v. 58, n. 4, p. 867-871, 1993.

BARRETO, A. R.; RAMÍREZ-MÉRIDA, L. G.; ETCHEPARE, M. A.; JACOB-LOPES, E.; MENESES, C. R. Coating Materials Used in the Microencapsulation of Probiotics. *Ciência e Natura*, v. 37, p. 164-174, 2015.

BRASIL. Agência Nacional De Vigilância Sanitária (2008) Ix - Lista De Alegações De Propriedade Funcional Aprovadas. **Alimentos Com Alegações De Propriedades Funcionais E Ou De Saúde, Novos Alimentos/Ingredientes, Substâncias Bioativas E Probióticos**. Atualizado Em Julho/2008.

BRINQUES, G. B.; AYUB, M. A. Z. Effect of microencapsulation on survival of *Lactobacillus plantarum* in simulated gastrointestinal conditions, refrigeration, and yogurt. *Journal of Food Engineering*, v. 103, n. 2, p. 123-128, 2011.

BUREY, P.; BHANDARI, B. R.; HOWES, T.; GIDLEY, M. J. **Hydrocolloid Gel Particles: Formation, Characterization, And Application**. *Crit Rev Food Sci Nutr*, v. 48, n. 5, p. 361-377, 2008.

CARVALHO, W.; CANILHA, L.; SILVA, S. S. D. Uso de biocatalisadores imobilizados: uma alternative para a condução de bioprocessos. *Revista Analytica*, v. 60-70, 2006.

CASTRO, A. G. D.; RODRIGUES, I. **A química e a reologia no processamento dos alimentos**. Lisboa, PO: Instituto Piaget, 2003.

CHAMPAGNE, C. P.; BLAHUTA, N.; BRION, F.; GAGNON, C. Avortex-bowl disk atomizer system for the production of alginate beads in a 1500-liter fermentor. **Biotechnol Bioeng**, v. 68, n. 6, p. 681-688, 2000.

CHAMPAGNE, C. P.; FUSTIER, P. Microencapsulation for the improved delivery of bioactive compounds into foods. **Current Opinion Biotechnology**, v. 18, n. 2, p. 184-190, 2007.

CHAMPAGNE, C. P.; RAYMOND, Y.; GUERTIN, N.; BÉLANGER, G. Effects of storage conditions, microencapsulation and inclusion in chocolate particles on the stability of probiotic bacteria in ice cream. **International Dairy Journal**, v. 47, p. 109-117, 2015.

CHEN, L.; SUBIRADE, M. Elaboration and characterization of soy/zein protein microspheres for controlled nutraceutical delivery. **Biomacromolecules**, v. 10, n. 12, p. 3327-3334, 2009.

CHEN, M. J.; CHEN, K. N. Applications of probiotic encapsulation in dairy products. IN: (Ed.). *Encapsulation And Controlled Release Technologies In Food Systems*. **Blackwell Publishing**, 2007.

CHEOW, W. S.; KIEW, T. Y.; HADINOTO, K. Controlled release of *Lactobacillus rhamnosus* biofilm probiotics from alginate-locust bean gum microcapsules. **Carbohydrate Polymers**, v. 103, p. 587-595, 2014.

CHITPRASERT, P.; SUDSAI, P.; RODKLONGTAN, A. Aluminum carboxymethyl cellulose–rice bran microcapsules: enhancing survival of *Lactobacillus reuteri* Kub-Ac5. **Carbohydrate Polymers**, v. 90, n. 1, p. 78-86, 2012.

CHÁVARRI, M.; MARAÑÓN, I.; ARES, R.; IBÁÑEZ, F. C.; MARZO, F.; VILLARÁN, M. C. Microencapsulation of a probiotic and prebiotic in alginate-chitosan capsules improves survival in simulated gastro-intestinal conditions. **International Journal of Food Microbiology**, v. 142, n. 1-2, p. 185-189, 2010.

CLARKE, G.; CRYAN, J. F.; DINAN, T. G.; QUIGLEY, E. M. Review article: probiotics for the treatment of irritable bowel syndrome - focus on lactic acid bacteria. **Alimentary Pharmacology & Therapeutics**, v. 35, n. 4, p. 403-413, 2012.

COOK, M. T.; TZORTZIS, G.; CHARALAMPOPOULOS, D.; KHUTORYANSKIY, V. V. Microencapsulation of probiotics for gastrointestinal delivery. **Journal Of Controlled Release**, v. 162, n. 1, p. 56-67, 2012.

DE KRUIF, C. G.; WEINBRECK, F.; DE VRIES, R. Complex coacervation of proteins and anionic polysaccharides. **Current Opinion In Colloid & Interface Science**, v. 9, n. 5, p. 340-349, 2004.

DING, W. K.; SHAH, N. P. An improved method of microencapsulation of probiotic bacteria for their stability in acidic and bile conditions during storage. **Journal of Food Science**, v. 74, n. 2, p. M53-61, 2009a.

DING, W. K.; SHAH, N. P. Effect of various encapsulating materials on the stability of probiotic bacteria. **Journal Of Food Science**, v. 74, n. 2, p. M100-M107, 2009b.

DRUNKLER, D. A.; SENE, L.; OLIVIERA, L. F. Probióticos, prebióticos e simbióticos: alimentos funcionais em ascensão. **Revista Do Instituto De Laticínios Cândido Tostes**, v. 60, p. 29-37, 2005.

DUBEY, R.; SHAMI, T. C.; BHASKER RAO, K. U. Microencapsulation technology and application. **Defence Science Journal**, v. 59, n. 1, p. 82-95, 2009.

EL-SALAM, M. H. A.; EL-SHIBINY, S. Preparation and properties of milk proteins-based encapsulated probiotics: a review. **Dairy Science & Technology**, v. 95, p. 393-412, 2015.

FAREEZ, I. M.; LIM, S. M.; MISHRA, R. K.; RAMASAMY, K. Chitosan coated alginate-xanthan gum bead enhanced pH and thermotolerance of *Lactobacillus plantarum* Lab12. **International Journal Of Biological Macromolecules**, v. 72, p. 1419-1428, 2015.

FAVARO-TRINDADE, C. S.; GROSSO, C. R. F. Microencapsulation of *L. acidophilus* (La-05) and *B. lactis* (Bb-12) and evaluation of their survival at the pH values of the stomach and in bile. **Journal of Microencapsulation**, v. 19, n. 4, p. 485-494, 2002.

FAVARO-TRINDADE, C. S.; PINHO, S. C.; ROCHA, G. A. Revisão: Microencapsulação de ingredientes alimentícios. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 11, n. 2, p. 103-112, 2008.

FAVARO-TRINDADE, C. S.; HEINEMANN, R. J. B.; PEDROSO, D. L. Developments in probiotic encapsulation. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, v. 6. p. 1-8, 2011.

FONTANIELLA, B.; RODRÍGUEZ, C. W.; PIÑÓN, D.; VICENTE, C.; LEGAZ, M. E. Identification of xanthans isolated from sugarcane juices obtained from scalded plants infected by *Xanthomonas albilineans*. **Journal Of Chromatography B**, v. 770, n. 1-2, p. 275-281, 2002.

FRITZEN-FREIRE, C. B.; PRUDÊNCIO, E. S.; AMBONI, R. D. M. C.; PINTO, S. S.; NEGRÃO-MURAKAMI, A. N.; MURAKAMI, F. S. Microencapsulation of *Bifidobacteria* by spray drying in the presence of prebiotics. **Food Research International**, v. 45, n. 1, p. 306-312, 2012.

GARCÍA-CEJA, A.; MANI-LÓPEZ, E.; PALOU, E.; LÓPEZ-MALO, A. Viability during refrigerated storage in selected food products and during simulated gastrointestinal conditions of individual and combined lactobacilli encapsulated in alginate or alginate-chitosan. **Lwt - Food Science and Technology**, v. 63, n. 1, p. 482-489, 2015.

GBASSI, G. K.; VANDAMME, T. Probiotic encapsulation technology: from microencapsulation to release into the gut. **Pharmaceutics**, v. 4, n. 1, p.149-163, 2012.

GEREZ, C. L.; FONT DE VALDEZ, G.; GIGANTE, M. L.; GROSSO, C. R. F. Whey protein coating bead improves the survival of the probiotic *Lactobacillus rhamnosus* Crl 1505 to low pH. **Letters in Applied Microbiology**, v. 54, n. 6, p. 552-556, 2012.

GLOVER, D. A.; USHIDA, K.; PHILLIPS, A. O.; RILEY, S. G. Acacia(Sen) Supergum™ (gum arabic): an evaluation of potential health benefits in human subjects. **Food Hydrocolloids**, v. 23, n. 8, p. 2410-2415, 2009.

GOUIN, S. Microencapsulation: industrial appraisal of existing technologies and trends. **Trends In Food Science & Technology**, v. 15, n. 7-8, p. 330-347, 2004.

GUNASEKARAN, S.; KO, S.; XIAO, L. Use of whey proteins for encapsulation and controlled delivery applications. **Journal of Food Engineering**, v. 83, n. 1, p. 31-40, 2007.

HASSELWANDER, O. Pectin–health benefits as a dietary fiber and beyond. **Gums And Stabilizers in Food Industry**, v. 14, p. 358-366, 2008.

HEIDEBACH, T.; FÖRST, P.; KULOZIK, U. Microencapsulation of probiotic cells by means of rennet-gelation of milk proteins. **Food Hydrocolloids**, v. 23, n. 7, p. 1670-1677, 2009.

ISOLAURI E.; RAUTAVA, S.; SALMINEN, S. Probiotics in the development and treatment of allergic disease. **Gastroenterology Clinics Of North America**, v. 41, n. 4, p. 747-762, 2012.

JAMEKHORSHID, A.; SADRAMELI, S. M.; FARID, M. A Review of Microencapsulation Methods of Phase Change Materials (PCMs) as a Thermal Energy Storage (TES) Medium. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 31, p. 531-42. 2014.

JOYE, I. J.; McCLEMENTS, D. J. Biopolymer-based nanoparticles and microparticles: Fabrication, characterization, and application. **Current Opinion in Colloid & Interface Science**, v. 19, p. 417-427, 2014.

KAMEL, S.; ALI, N.; JAHANGIR, K.; SHAH, S. M.; EL-GENDY, A. A. Pharmaceutical significance of cellulose: a review. **Express Polymer Letters**, v. 2, n. 11, p. 758-778, 2008.

KENT, R. M.; DOHERTY, S. B. Probiotic bacteria in infant formula and follow-up formula: microencapsulation using milk and pea proteins to improve microbiological quality. **Food Research International**, v. 64, p. 567-576, 2014.

KIMURA, I. Y.; LARANJEIRA, M. C. M.; DE FÁVERE, V. T.; FURLAN, L. The interaction between reactive dye containing vinylsulfone group and chitosan microspheres. **International Journal of Polymeric Materials**, v. 51, n. 8, p. 759-768, 2002.

KLEMMER, K. J.; KORBER, D. R.; LOW, N. H.; NICKERSON, M. T. Pea protein-based capsules for probiotic and prebiotic delivery. **International Journal Of Food Science & Technology**, v. 46, n. 11, p. 2248-2256, 2011.

KOÇ, M.; GÜNGÖR, Ö.; ZUNGUR, A.; YALÇIN, B.; SELEK, I.; ERTEKIN, F. K.; ÖTLES, S. Microencapsulation of Extra Virgin Olive Oil by Spray Drying : Effect of Wall Materials Composition, Process Conditions, and Emulsification Method. **Food Bioprocess Technol**, v. 8, p. 301-18. 2015.

KRASAEOKOPT, W.; BHANDARI, B.; DEETH, H. Evaluation of encapsulation techniques of probiotics for yoghurt. **International Dairy Journal**, v. 13, n. 1, p. 3-13, 2003.

KRASAEOOPT, W.; WATCHARAPOKA, S. Effect of addition of inulin and galactooligosaccharide on the survival of microencapsulated probiotics in alginate beads coated with chitosan in simulated digestive system, yogurt and fruit juice. **LWT - Food Science and Technology**, v. 57, n. 2, p. 761-766, 2014.

LAMBERT, J. M.; WEINBRECK, F.; KLEEREBEZEM, M. In Vitro analysis of protection of the enzyme bile salt hydrolase against enteric conditions by whey protein-gum arabic microencapsulation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 18, p. 8360-8364, 2008.

LAHTINEN, S. J.; OUWEHAND, A. C.; SALMINEN, S. J.; FORSELL, P.; MYLLÄRINEN, P. Effect of starch- and lipid-based encapsulation on the culturability of two *Bifidobacterium longum* strains. **Letters Applied Microbiology**, v. 44, p. 500–505, 2007.

LEE, D. K.; PARK, J. E.; KIM, M. J.; SEO, J. G.; LEE, J. H.; HA, N. J. Probiotic bacteria, *b. longum* and *l. acidophilus* inhibit infection by rotavirus in vitro and decrease the duration of diarrhea in pediatric patients. **Clinics and Research in Hepatology and Gastroenterology**, v. 39, n. 2, p. 237-244, 2015.

LI, M.; ROUAUD, O. PONCELET, D. Microencapsulation by solvent evaporation: State of the art for process engineering approaches. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 363, p. 26-39, 2008.

LIU, H.; GONG, J.; CHABOT, D.; MILLER, S.; CUI, S. W.; MA, J.; ZHONG, F.; WANG, Q. Protection of heat-sensitive probiotic bacteria during spray-drying by sodium caseinate stabilized fat particles. **Food Hydrocolloids**, v. 51, p. 459-467, 2015.

LIVNEY, Y. D. Milk proteins as vehicles for bioactives. **Current Opinion in Colloid & Interface Science**, v. 15, n. 1-2, p. 73-83, 2010.

MARTÍN, J. M.; LARA-VILLOSLADA, F.; RUIZ, A. M.; MORALES, E. M. Microencapsulation of Bacteria : A Review of Different Technologies and Their Impact on the Probiotic Effects. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 27, p. 15-25, 2015.

MAZIADE, P. J.; PEREIRA, P.; GOLDSTEIN, E. J. C. A decade of experience in primary prevention of clostridium difficile infection at a community hospital using the probiotic combination *Lactobacillus acidophilus* Cl1285, *Lactobacillus casei* Lbc80r, and *Lactobacillus rhamnosus* Clr2 (Bio-K+). **Clinical Infectious Diseases**, v. 60(Suppl 2), p. S144–S147, 2015.

MENEZES, C. R. D. E.; BARIN, J. S.; CHICOSKI, A. J.; ZEPKA, L. Q.; JACOB-LOPES, E.; FRIES, L. L. M.; TERRA, N. N. Microencapsulação de probióticos: avanços e perspectivas. **Ciência Rural**, v. 43, n. 7, p. 1309-1316, 2013.

MORTAZAVIAN, A.; RAZAVI, S. H.; EHSANI, M. R.; SOHRABVANDI, S. Principles and methods of microencapsulation of probiotic microorganisms. **Journal of Biotechnology**, v. 5, n. 1, p.1-18, 2007.

MORTAZAVIAN, A. M.; AZIZI, A.; EHSANI, M. R.; RAZAVI, S. H.; MOUSAVI, M.; SOHRABVANDI, S.; REINHEIMER, J. A. Survival of encapsulated probiotic bacteria in iranian yogurt drink (doogh) after the product exposure to simulated gastrointestinal conditions. **Milchwissenschaft**, v. 63, n. 4, p. 427-429, 2008.

MUTHUKUMARASAMY, P.; HOLLEY, R. A. Survival of Escherichia coli O157:H7 in dry fermented sausages containing micro-encapsulated probiotic lactic acid bacteria. **Food Microbiology**, v. 24, n. 1, p. 82-88, 2007.

NAMI, Y.; ABDULLAH, N.; HAGHSHENAS, B.; RADIAH, D.; ROSLI, R.; KHOSROUSHAHI, A. Y. Probiotic potential and biotherapeutic effects of newly isolated vaginal Lactobacillus acidophilus 36YLstrain on cancer cells. **Anaerobe**, v. 28, p. 29-36, 2014.

NAZZARO, F.; ORLANDO, P.; FRATIANNI, F.; COPPOLA, R. Microencapsulation in food science and biotechnology. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 23, p. 182-186, 2012.

NESTERENKO, A.; ALRIC, I.; SILVESTRE, F.; DURRIEU, V. Vegetable proteins in microencapsulation: a review of recent interventions and their effectiveness. **Industrial Crops And Products**, v. 42, p. 469-479, 2013.

NESTERENKO, A.; ALRIC, I.; VIOLLEAU, F.; SILVESTRE, F.; DURRIEU, V. The effect of vegetable protein modifications on the microencapsulation process. **Food Hydrocolloids**, v. 41, p. 95-102, 2014.

OLIVEIRA, A. C.; MORETTI, T. S.; BOSCHINI, C.; BALIERO, J. C. C.; FREITAS, O.; FAVARO-TRINDADE, C. S. Stability of microencapsulated B. lactis (Bi 01) and L. acidophilus (Lac 4) by complex coacervation followed by spray drying. **Journal Of Microencapsulation**, v. 24, n. 7, p. 685-693, 2007.

ÖZER, B.; KIRMACI, H. A.; ŞENEL, E.; ATAMER, M.; HAYALOĞLU, A. Improving the viability of Bifidobacterium bifidum Bb-12 and Lactobacillus acidophilus La-5 in

white-brined cheese by microencapsulation. **International Dairy Journal**, v. 19, n. 1, p. 22-29, 2009.

PATEL, S.; GOYAL, A. The current trends and future perspectives of prebiotics research: a review. **3Biotechnology**, v. 2, n. 2, p. 115-125, 2012.

PEDROSO, D. de L.; THOMAZINI, M.; HEINEMANN, R. J. B.; FAVARO-TRINDADE, C. S. Protection of Bi Fi Dobacterium Lactis and Lactobacillus Acidophilus by Microencapsulation Using Spray-Chilling. **International Dairy Journal**, v. 26, p. 127-132, 2012.

PEDROSO, D. L.; DOGENSKI, M.; THOMAZINI, M.; HEINEMANN, R. J. B.; FAVARO-TRINDADE, C. S. Microencapsulation of Bifidobacterium animalis subsp. Lactis and Lactobacillus acidophilus in cocoa butter using spray chilling technology. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 44, n. 3, p. 777-783, 2013.

PICOT, A.; LACROIX, C. Encapsulation of Bifidobacteriain whey protein-based microcapsules and survival in simulated gastrointestinal conditions and in yoghurt. **International Dairy Journal**, v. 14, n. 6, p. 505-515, 2004.

PINTO, S. S.; FRITZEN-FREIRE, C. B.; BENEDETTI, S.; MURAKAMI, F. S.; PETRUS, J. C. C.; PRUDÊNCIO, E. S.; AMBONI, R. D. M. C. Potential use of whey concentrate and prebiotics as carrier agents to protect Bifidobacterium-Bb-12 microencapsulated by spray drying. **Food Research International**, v. 67, p. 400-408, 2015.

PRATA, A. S. Estudo dos parâmetros físico-químico envolvidos na formação de microcápsulas produzidas por coacervação complexa. 242 f. Tese (Doutorado). **Universidade Estadual De Campinas** - Campinas, 2006.

PRIYA, A. J.; VIJAYALAKSHMI, S. P.; RAICHUR, A. M. Enhanced survival of probiotic Lactobacillus acidophilus by encapsulation with nanostructured polyelectrolyte layers through layer-by-layer approach. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 21, p. 11838-45, 2011.

RAJAM, R.; ANANDHARAMAKRISHNAN, C. Microencapsulation Of Lactobacillus plantarum (MTCC 5422) with fructo oligosaccharide as wall material by spray drying. **LWT - Food Science and Technology**, v. 60, n. 2, p. 773-780, 2015.

REID, A. A.; CHAMPAGNE, C. P.; GARDNER, N.; FUSTIER, P.; VUILLEMARD, J. C. Survival in food systems of Lactobacillus rhamnosus R011 microentrapped in whey protein gel particles. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 1, p. M031-037, 2007.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química De Alimentos**. Instituto Mauá De Tecnologia: Blücher, 2007.

RIBEIRO, M. C. E.; CHAVES, K. S.; GEBARA, C.; INFANTE, F. N. S.; GROSSO, C. R. F.; GIGANTE, M. L. Effect of microencapsulation of *Lactobacillus acidophilus* La-5 on physicochemical, sensory and microbiological characteristics of stirred probiotic yoghurt. **Food Research International**, v. 66, p. 424-431, 2014.

ROKKA, S.; RANTAMÄKI, P. Protecting Probiotic bacteria by microencapsulation: challenges for industrial applications. **European Food Research and Technology**, v. 231, n. 1, p. 1-12, 2010.

SAAD, N.; DELATTRE, C.; URDACI, M.; SCHMITTER, J. M.; BRESSOLIER, P. An overview of the last advances in probiotic and prebiotic field. **LWT - Food Science and Technology**, v. 50, n. 1, p. 1-16, 2013.

SANDOVAL-CASTILLA, O.; LOBATO-CALLEROS, C.; GARCÍA-GALINDO, H. S.; ALVAREZ-RAMÍREZ, J.; VERNON-CARTER, E. J. Textural properties of alginate-pectin beads and survivability of entrapped *Lb. casei* in simulated gastrointestinal conditions and in yoghurt. **Food Research International**, v. 43, n. 1, p. 111-117, 2010.

SEMYONOV, D.; RAMON, O.; KAPLUN, Z.; LEVIN-BRENER, L.; GUREVICH, N.; SHIMONI, E. Microencapsulation of *Lactobacillus paracasei* by spray freeze drying. **Food Research International**, v. 43, n. 1, p. 193-202, 2010.

SHAH, N. P. Probiotic bacteria: selective enumeration and survival in dairy foods. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 4, p. 894-907, 2000.

SHAHIDI, F.; HAN, X. Q. Encapsulation of food ingredients. **Critical Review and Food Science and Nutrition**, v. 33, n. 6, p. 501-47, 1993.

SILVA, P. T. da S.; FRIES, L. L. M.; MENEZES, C. R. de; HOLKEM, A. T.; SCHWAN, C. L.; WIGMANN, E. F. Microencapsulation: Concepts, Mechanisms, Methods and Some Applications in Food Technology. **Ciência rural**, v. 44, n. 7, p. 1304-11, 2014.

SINHA, V. R.; KUMRIA, R. Microbially triggered drug delivery to the colon. **European Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 18, n. 1, p. 3-18, 2003.

SOHAIL, A.; TURNER, M. S.; COOMBES, A.; BOSTROM, T.; BHANDARI, B. Survivability of Probiotics Encapsulated in Alginate Gel Microbeads Using a Novel Impinging Aerosols Method. **International Journal of Food Microbiology**, v. 145, n. 1, p. 162-68, 2011.

SOMA, P.; WILLIAMS, P.; LO, Y. Advancements in non-starch polysaccharides research for frozen foods and microencapsulation of probiotics. **Frontiers of Chemical Engineering in China**, v. 3, n. 4, p. 413-426, 2009.

SU, L. C.; LIN, C. W.; CHEN, M. J. Development of an oriental-style dairy product coagulated by microcapsules containing probiotics and filtrates from fermented rice. **International Journal of Dairy Technology**, v. 60, n. 1, p. 49-54, 2007.

SUN, W.; GRIFFITHS, M. W. Survival of bifidobacteria in yogurt and simulated gastric juice following immobilization in gellan-xanthan beads. **International Journal Of Food Microbiology**, v. 61, n. 1, p. 17-25, 2000.

TRABELSI, I.; BEJAR, W.; AYADI, D.; CHOUAYEKH, H.; KAMMOUN, R.; BEJAR, S.; SALAH, R. B. International Journal of Biological Macromolecules Encapsulation in Alginate and Alginate Coated-Chitosan Improved the Survival of Newly Probiotic in Ovgall and Gastric Juice. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 61, p. 36-42, 2013.

TRIPATHI, M. K.; GIRI, S. K. Probiotic functional foods: survival of probiotics during processing and storage. **Journal of Functional Foods**, v. 9, n. 1, p. 225-241, 2014.

VARANKOVICH, N. V.; KHAN, N. H.; NICKERSON, M. T.; KALMOKOFF, M.; KORBER, D. R. Evaluation of pea protein-polysaccharide matrices for encapsulation of acid-sensitive bacteria. **Food Research International**, v. 70, p. 118-124, 2015.

WANG, Y.; SUN, Y.; ZHANG, X.; ZHANG, Z.; SONG, J.; GUI, M.; LI, P. Bacteriocin-producing probiotics enhance the safety and functionality of sturgeon sausage. **Food Control**, v. 50, p. 729-735, 2015.

WEINBRECK, F.; BODNÁR, I.; MARCO, M. L. Can Encapsulation Lengthen the Shelf-Life of Probiotic Bacteria in Dry Products? **International Journal of Food Microbiology**, v. 136, n. 3, p. 364-67, 2010.

XING, Y.; XU, Q.; MA, Y.; CHE, Z.; CAI, Y.; JIANG, L. Effect of Porous Starch Concentrations on the Microbiological Characteristics of Microencapsulated Lactobacillus Acidophilus. **Food & Function**, v. 5, n. 5, p. 972-983, 2014.

YÁÑEZ-FERNÁNDEZ, J.; RAMOS-RAMÍREZ, E.; SALAZAR-MONTOYA, J. Rheological characterization of dispersions and emulsions used in the preparation of microcapsules obtained by interfacial polymerization containing *Lactobacillus* Sp. **European Food Research And Technology**, v. 226, n. 5, p. 957-966, 2008.

YANG, B.; BHATTACHARYYA, S.; LINHARDT, R.; TOBACMAN, J. Exposure to Common Food Additive Carrageenan Leads to Reduced Sulfatase Activity and Increase in Sulfated Glycosaminoglycans in Human Epithelial Cells. **Biochimie**, v. 94, n. 6, p. 1309-1316, 2012.

ZAMAN, S. A.; SARBINI, S. R. The potencial of resistant starch as a prebiotic. **Critical Reviews In Biotechnology**, v. 7, p. 1-7, 2015.

ZHANG, Y.; LIN, J.; ZHONG, Q. The increased viability of probiotic *Lactobacillus salivarius* NRRL B-30514 encapsulated in emulsions with multiple lipid-protein-pectin layers. **Food Research International**, v. 71, p. 9-15, 2015.

ZHAO, R.; SUN, J.; TORLEY, P.; WANG, D.; NIU, S. Measurement of particle diameter of *Lactobacillus acidophilus* microcapsule by spray drying and analysis on its microstructure. **World Journal Of Microbiology And Biotechnology**, v. 24, n. 8, p. 1349-1354, 2008.

Recebido: 17 dez. 2015.

Aprovado: 20 out. 2016.

DOI: 10.14685/rebrapa.v8n1.3651

Como citar:

VANISKI, R.; CORTI, D.; DRUNKLER, D. A. Técnicas e Materiais Empregados na Microencapsulação de Probióticos. **Brazilian Journal of Food Research**, Campo Mourão, v. 8, n.1, p. 156-184, jan./mar. 2017. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rebrapa>

Correspondência:

Deisy Alessandra Drunkler

Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos (PPGTA), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira, Medianeira, Paraná, Brasil

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

