

Produção e Caracterização de Maltodextrinas e Sua Aplicação na Microencapsulação de Compostos Alimentícios por *Spray Drying*

Production and Characterization of Maltodextrins and its Application in Microencapsulation of Food Compounds by *Spray Drying*

Marcos Vieira da Silva

Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos
Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá, PR
Departamento de Alimentos

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR Campo Mourão, PR
marcosvs@utfpr.edu.br

Bogdan Demczuk Junior

Departamento de Alimentos

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR Campo Mourão, PR
bgdjr@live.com

Jesuí Vergílio Visentainer

Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos
Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá, PR

jvvisentainer@uem.br

Resumo: Os amidos são fontes baratas e disponíveis para produção de maltodextrinas, frequentemente utilizadas na microencapsulação por *spray drying*. O objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão de literatura abordando o processamento e a caracterização das maltodextrinas e o seu uso como material de suporte na obtenção de microcápsulas para fins alimentícios. A composição dos amidos, sua fonte botânica, o tipo e as condições de hidrólise interferem diretamente na qualidade das maltodextrinas. Amilases hidrolisam os amidos de forma mais controlada e específica que os ácidos e as maltodextrinas assim produzidas apresentam características desejadas

Recebido em 13/04/2014 - Aceito em 09/06/2014.

RECEN 16(1) p. 111-126 jan/jun 2014 DOI: 10.5935/RECEN.2014.01.07

de higroscopicidade, tendência a retrogradação e reassociação, permitindo que sejam aplicadas na microencapsulação de sucos, polpas e resíduos de frutas e outros vegetais, também de lipídios e compostos responsáveis por sabor e aroma. Com a microencapsulação por *spray dryer* os compostos alimentícios tornam-se menos susceptíveis à degradação química oxidativa ou hidrolítica, devido à barreira física constituída pelas microcápsulas formadas pelas maltodextrinas.

Palavras-chave: amido; atomização; compostos bioativos; hidrólise; microcápsula.

Abstract: Starches are inexpensive and available sources for the production of maltodextrins, frequently used in the microencapsulation by spray drying. The aim of this study was to make a review of literature in order to address the processing and characterization of maltodextrins, and its use as support material in the obtention of microcapsules for food. The composition of starch, its botanical source, the type and the hydrolysis conditions directly affect the quality of maltodextrins. Amylases hydrolyze starch in a more controlled and specific way than the acids, and maltodextrins thereby produced, exhibit desired characteristics of hygroscopicity, retrogradation tendency and reassociation, allowing their application in the microencapsulation of juices, pulps and residues of fruits and other vegetables, also lipids and compounds responsible for flavor and aroma. With microencapsulation by spray drying the food compounds become less susceptible to hydrolytic or oxidative chemical degradation due to physical barrier constituted by microcapsules formed by maltodextrins.

Key words: atomization; bioactive compounds; hydrolysis; microcapsule; starch.

1 Introdução

A indústria de alimentos moderna apresenta uma demanda de amidos que tolerem diferentes técnicas e condições de processamento. Por este motivo, amidos nativos têm sua estrutura modificada por métodos químicos, físicos e enzimáticos, resultando em derivados com propriedades específicas capazes de conferir funções desejadas aos produtos [1].

A estrutura do amido é organizada na forma de grânulo, que é composto por macromoléculas de amilose e amilopectina. A amilose possui $5,0 \times 10^2$ a $2,0 \times 10^3$ moléculas de D-glicose ligadas nas posições α -1,4, que são responsáveis pela característica linear da cadeia polimérica, cuja massa molecular média varia de $1,5 \times 10^5$ a $1,0 \times 10^6$ g/g mol. A amilopectina é constituída por 1×10^4 a 1×10^5 unidades de D-glicose unidas nas posições α -1,4 e α -1,6, formando ramificações com até 30 unidades de glicose, e apresenta massa molecular média de $5,0 \times 10^7$ a $1,0 \times 10^9$ [2].

Amidos e seus derivados são usados como suportes nos processos de encapsulação por atomização, por serem materiais abundantes e baratos [3].

Nesses processos, o amido solubilizado tem uma viscosidade considerada alta. Para reduzir essa viscosidade e aumentar a solubilidade do amido em água, utiliza-se o método de dextrinização, que compreende a hidrólise parcial do polímero e a repolimerização para formar cadeias mais ramificadas [4]. Os produtos da hidrólise controlada do amido são as maltodextrinas, cuja viscosidade é baixa mesmo em altas concentrações [5]. Este é um dos motivos pelo qual elas têm sido aplicadas em emulsões contendo partes ou extratos de vegetais que serão atomizadas, visando à proteção dos compostos bioativos pela microencapsulação [6].

O objetivo deste trabalho de revisão de literatura foi abordar o processo de dextrinização do amido, as características físicas e químicas das maltodextrinas e ainda sua função como agente encapsulante para fins alimentícios.

2 Produção de maltodextrinas

As principais fontes comerciais de amidos para produção industrial de maltodextrinas são o milho, a batata e o arroz, mas elas também podem ser obtidas de uma variedade de materiais amiláceos como a mandioca, o trigo e o sorgo, o que depende da disponibilidade e do preço da matéria-prima produzida em cada país [7].

As maltodextrinas podem se apresentar como um pó branco ou soluções concentradas, sendo classificadas como ingrediente geralmente reconhecido como seguro (*Generally Recognized As Safe*, GRAS) pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*, FAO) [8].

Na indústria de alimentos, as maltodextrinas são utilizadas pelo seu valor nutricional, para atribuir consistência e textura sem mascarar sabores, para controlar doçura, higroscopicidade, osmolaridade e ponto de congelamento, para prevenir cristalização e escurecimento não enzimático, para compor o material de suporte na secagem por atomização, para formar substituintes de gordura e filmes comestíveis [9].

A obtenção industrial das maltodextrinas ocorre pela hidrólise controlada do amido por via físico-química (com calor, pressão e ácidos) ou enzimática (com amilases), ou ambas. O grau de polimerização (GP) das maltodextrinas, sua linearidade e grau de ramificação são influenciados pela fonte, concentração inicial da solução de amido, método e condições de hidrólise (tempo e temperatura), assim como pelo tipo e concentração da enzima ou ácido utilizados no processo [10].

A dextrose equivalente (DE) é a medida do grau de hidrólise da molécula de amido e é definida pelo conteúdo de açúcares redutores (AR) expressos em percentual de glicose, em base seca. Dependendo do grau de hidrólise da molécula de amido, os produtos obtidos são classificados como maltodextrinas (se o valor de DE for menor que 20) ou xaropes (DE igual ou maior que 20) [11].

A hidrólise ácida consiste no aquecimento de uma suspensão de amido a pH 1,0 sob temperatura variando entre 135 °C e 150 °C por um tempo inferior a 10 minutos, seguido de neutralização do ácido, filtração, descoloração e concentração. Nesse processo, o amido é hidrolisado ao acaso, formando moléculas de diferentes tamanhos. A presença de glicoses livres e maltodextrinas que podem tender a retrogradação e a reassociação formando agregados insolúveis que causam turbidez indesejável na solução, são desvantagens da hidrólise ácida do amido, quando comparada com o processo enzimático, que é mais recomendado para a produção de maltodextrinas comerciais [12].

O processo enzimático de produção de maltodextrinas também é denominado liquefação (Figura 1). Inicialmente a concentração de amido é ajustada entre 30% a 40% de sólidos em base seca, o pH é corrigido a 6,5 e são adicionados íon cálcio e uma enzima α -amilase de origem microbiana. O amido gelatinizado segue para o reator de liquefação a temperatura de 90 °C a 95 °C, onde o amido é hidrolisado. A pasta é bombeada para um tanque cozedor, onde a temperatura é mantida a 140 °C por até

10 minutos para inativação enzimática [13].

Após a hidrólise, a solução crua de maltodextrinas tem seu pH reduzido a 4,5 e é filtrada para remover pequenas quantidades remanescentes de fibras, lipídios ou proteínas. A solução clarificada pode ser refinada pelo emprego de carvão ativo, para então ocorrer a concentração em evaporadores a vácuo com o objetivo de produzir xaropes contendo cerca de 75% de sólidos, ou mais usualmente seca-se em *spray dryer* para formar um pó branco com 3% a 5% de umidade [14, 15].

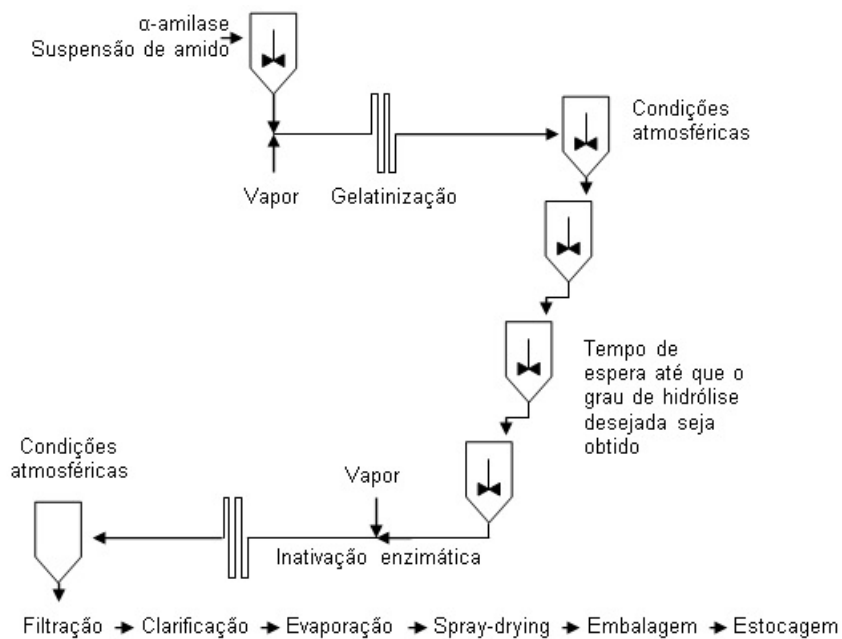


Figura 1. Representação esquemática do processo de conversão do amido a maltodextrina.

3 Caracterização das maltodextrinas

A caracterização das maltodextrinas apenas pelo valor da DE não é suficiente para orientar o desempenho do produto em variadas aplicações. Maltodextrinas produzidas de amidos de diferentes fontes botânicas e com o mesmo DE podem apresentar propriedades diferentes de acordo com a composição de amilose e amilopectina dos amidos nativos, e o processo de hidrólise adotado para sua produção [9]. Nesta situação, os sacarídeos superiores são predominantes nas maltodextrinas produzidas por

via enzimática, devido à especificidade das reações de hidrólise catalisadas pelas alfa-amilases sobre as ligações α -1,4, o que não ocorre na hidrólise ácida, na qual as reações hidrolíticas ocorrem ao acaso, aumentando a possibilidade de formação de maltoses e glicose (Figura 2).

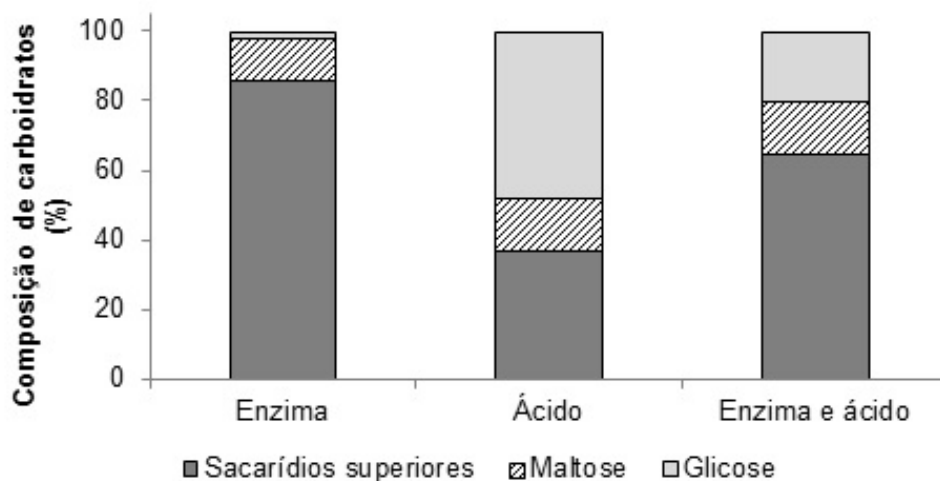


Figura 2. Composição de maltodextrinas com DE 20, produzidas por diferentes métodos (Fonte: adaptado de CHEIRSILP et al. [17]).

A variação da composição de carboidratos de maltodextrinas produzidas pelo mesmo método e fonte botânica, varia em função da intensidade das condições de processamento que atribuem diferentes graus de hidrólise (Tabela 1).

Tabela 1. Efeitos estimados das variáveis do primeiro delineamento fatorial completo sobre as atividades emulsificantes óleo em água ($AE_{O/A}$) e água em óleo ($AE_{A/O}$)

DE	Glicose (%)	Maltose (%)	Triose (%)	Sacarídios superiores (%)
15	0,6	4,0	7,0	88,4
20	0,8	5,5	11,0	82,7

Fonte: KENNEDY e TAYLOR [14].

A velocidade da hidrólise enzimática do amido é influenciada pela fonte botânica, pois cada uma possui características específicas de composição e organização da sua

fração amilácea (Figura 3).

A viscosidade intrínseca das soluções de maltodextrina é inversamente proporcional ao grau de hidrólise ou o valor de DE. Seus valores também são dependentes dos conteúdos de amilose e amilopectina restantes, que influenciam as características de atrito em solução [16].

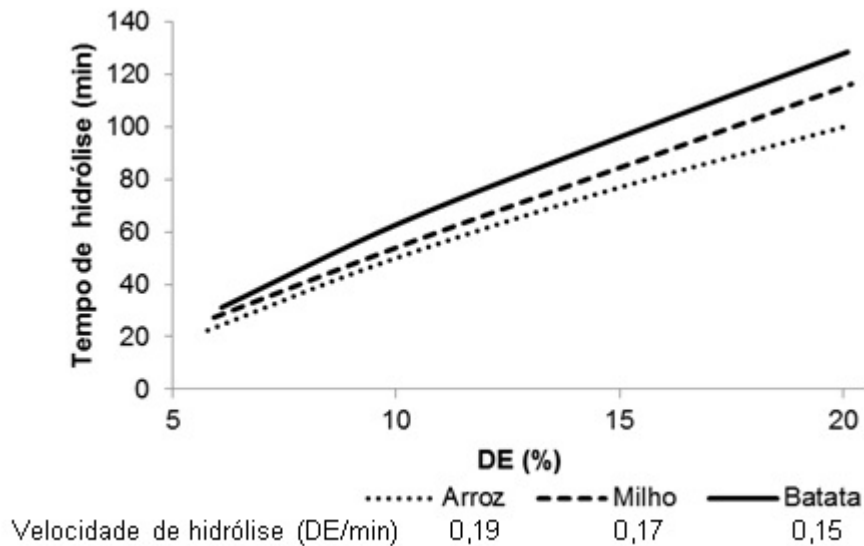


Figura 3. Variação do tempo de hidrólise do amido de diferentes fontes em função da DE requerida. (Fonte: adaptado de SOTO et al. [7]).

A higroscopicidade da maltodextrina aumenta em função do valor de DE. A propriedade de absorver umidade do ambiente é relacionada às quantidades de ramificações com grupamentos hidrofílicos, que podem ligar-se facilmente à água durante o manuseio após a secagem em *spray dryer*. O fenômeno da absorção de água por carboidratos é atribuído às ligações entre o hidrogênio presente nas moléculas de água e os grupos hidroxilas disponíveis tanto nas regiões amorfas como nas superfícies cristalinas dos grânulos de amidos e derivados [18, 19].

Por definição, as maltodextrinas são consideradas produtos sem doçura, mas naquelas com GP igual ou inferior a sete este atributo pode ser notado e intensificado com o aumento da concentração das mesmas [16].

4 Microencapsulação de compostos bioativos por spray drying aplicando maltodextrinas

4.1 Microencapsulação por *spray drying*

O *spray dryer* é um equipamento utilizado para produzir pós secos na indústria de alimentos. A partir de um fluxo de material líquido, ele separa o soluto ou partículas em suspensão do solvente que é vaporizado. O líquido é fornecido em fluxo constante até o bico atomizador, onde ocorre a formação de gotículas de até 350 μm de diâmetro (Figura 4), dependendo das especificações do bico (Tabela 2). O fluxo de ar quente em sentido oposto às gotículas vaporiza o solvente e conforme a umidade é perdida são formadas partículas sólidas (microcápsulas) que são coletadas num ciclone ou pela base do secador *spray dryer* (Figura 5). O bico atomizador é utilizado para produzir gotas com menor tamanho possível e consequentemente maximizar a transferência de calor e a taxa de vaporização do solvente. A alta relação área de superfície/volume das partículas promove rápida evaporação da água. Com isso, o tempo de exposição das partículas ao calor é curto (geralmente poucos segundos) e a temperatura do núcleo não ultrapassa 100 °C, o que reduz a ocorrência de alterações indesejáveis em compostos termossensíveis. Os *spray dryers* podem secar produtos em único estágio, e de forma bastante rápida se comparada com outros métodos de secagem, por isso seu custo de operação é relativamente baixo para a indústria [5, 20].

A microcápsula protege os compostos bioativos de alimentos que se degradariam mais rapidamente na matriz original, pois constitui uma barreira física ao oxigênio, a umidade, e a luz, que são agentes externos que podem afetar negativamente as funções de compostos como ácidos graxos, vitaminas, peptídios, antioxidantes e fibras dietéticas [21].

A microencapsulação por *spray drying* também permite que compostos aromáticos, que seriam facilmente volatilizados em condições normais, sejam retidos nas microcápsulas e liberados de forma controlada no preparo e armazenamento de alimentos [22].

Materiais lipossolúveis podem ser encapsulados mediante a formação de uma emulsão em conjunto com o material de parede a ser utilizado, como a maltodextrina. Os

materiais hidrossolúveis também podem ser encapsulados. Entretanto, ao invés da existência de um núcleo e uma cobertura claramente definidos, o produto consiste de uma matriz homogênea do polímero envolvendo partículas do núcleo [5].

Aspersão do produto.

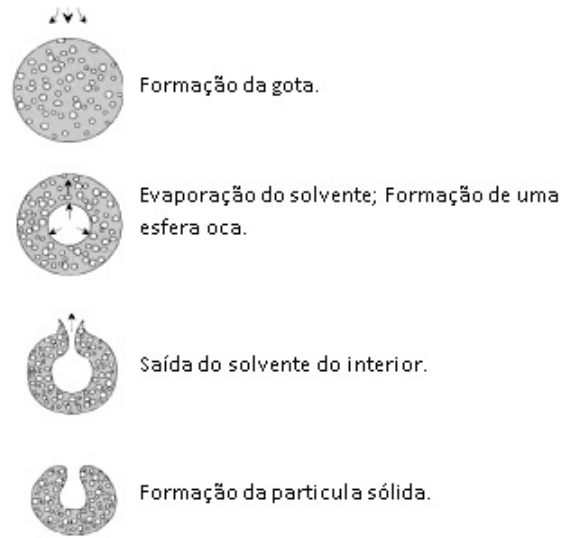


Figura 4. Formação da microcápsula na secagem por spray drying. (Fonte: OLIVEIRA & PETROVICK [6])

Tabela 2. Características de diversos sistemas de atomização.

Atomizador rotativo		Atomizador de pressão		Atomizador pneumático	
Velocidade periférica (m/s)	Partículas produzidas ^a (μm)	Pressão (bar)	Partículas produzidas ^a (μm)	Proporção ar-líquido (kg/g)	Partículas produzidas ^a (μm)
>180	20 a 40	>100	20 a 40	>3:1	5 a 20
150 a 180	40 a 80	50 a 100	40 a 75	1,5 a 3:1	20 a 30
125 a 150	80 a 120	25 a 50	15 a 150	1 a 1,5:1	30 a 50
75 a 125	120 a 225	15 a 25	150 a 350	0,5 a 1:1	50 a 125

^aTamanho médio das partículas atomizadas.
Fonte: SILVEIRA et al. [23].

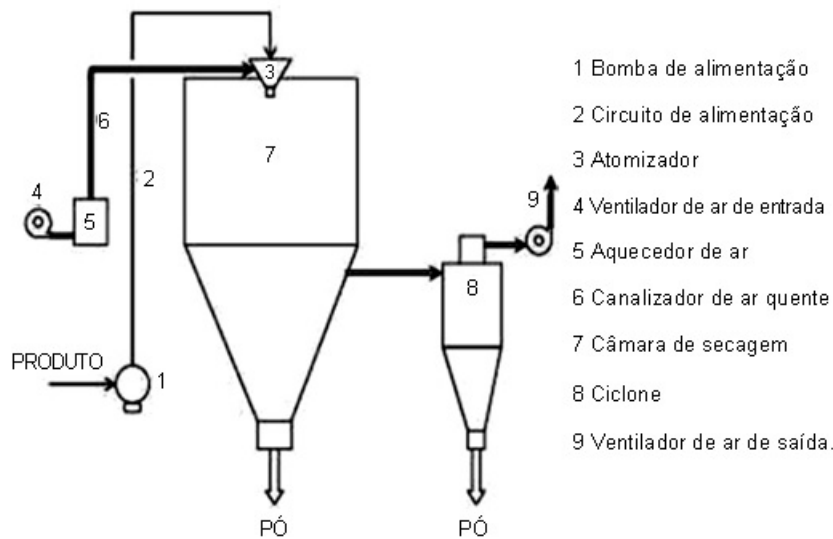


Figura 5. Esquema do processo de secagem por spray dryer em único estágio. (Fonte: SILVEIRA et al. [23]).

As maltodextrinas apresentam deficiência na propriedade emulsificante, o que não representa um problema se o material a ser encapsulado for solúvel em água ou se utilizar um emulsificante adicional, ou uma mistura de materiais de parede, podendo ser adicionados gomas e concentrados proteicos. Dessa forma, as maltodextrinas são utilizadas para secagem de sucos concentrados de frutas, aromatizantes, edulcorantes e enzimas [24].

4.2 Aplicações da microencapsulação de alimentos por spray drying

Frutas e outros vegetais são fonte de compostos bioativos sensíveis que são facilmente degradados durante o processamento e no armazenamento. A sazonalidade de produção e aspectos logísticos de transporte e distribuição são fatores que dificultam a disponibilidade destes alimentos visando o seu aproveitamento máximo. As polpas e sucos de frutas e vegetais, assim como seus extratos, requerem escolhas adequadas quanto ao tipo de embalagem, à temperatura e à atmosfera em que permanecem, retardando os efeitos negativos de reações químicas de hidrólise e oxidação potencializadas pela exposição indevida ao oxigênio, à umidade, à temperatura e à luz do ambiente [25].

O desenvolvimento de sucos, polpas e extratos vegetais encapsulados em pó é interessante no aspecto industrial, econômico e nutricional e tem sido objetivo de inúmeras pesquisas científicas e tecnológicas.

A utilização de maltodextrinas foi eficiente na microencapsulação por *spray dryer* de sucos, polpas e resíduos de várias frutas e vegetais, tais como o açaí [26], uva [27]; amora preta [28]; tomate [29], abacaxi [30]; laranja [31], maracujá [32], entre outros, cujas microcápsulas foram capazes de reter propriedades de cor, sabor e antioxidantes como compostos fenólicos, por exemplo, com higroscopicidade e aglomeração adequada.

A microencapsulação destes alimentos sem um material de suporte acarreta problemas como adesão às paredes do secador, ou aglomeração, devido à alta higroscopicidade e baixa temperatura de transição vítrea atribuídas por açúcares e ácidos de baixa massa molecular [19]. As maltodextrinas são utilizadas para solucionar esses problemas e aquelas com baixo valor de DE são mais recomendadas, pois são menos higroscópicas [5].

Compostos responsáveis por aromas e sabores encontrados em pimentas, ou ainda a baunilha, também podem ser microencapsulados de forma semelhante [33], reduzindo sua volatilidade e reatividade, tornando mais atrativos os alimentos nos quais são empregados [19].

Considerando a baixa solubilidade de lipídios incluindo ácidos graxos, fosfolipídios, carotenoides e vitaminas lipossolúveis, em sistemas aquosos, a microencapsulação torna mais fácil a sua incorporação em alimentos. Destaca-se o fator protetor das microcápsulas aos ácidos graxos poli-insaturados essenciais de óleos de peixes [34, 35] e da linhaça [36, 37], representados principalmente pelos ácidos alfa-linolênico e linoléico.

5 Conclusão

As principais fontes de amidos para a produção de maltodextrinas são o milho, o arroz e a batata. O processamento por via enzimática apresenta vantagens sobre os métodos químicos com ácidos, uma vez que a hidrólise do amido ocorre de forma específica pela atividade das amilases, gerando maltodextrinas com valores de dextrose

equivalente, higroscopicidade, viscosidade, tendência a retrogradação e reassociação controlados. As maltodextrinas devem ser caracterizadas pelo seu grau de hidrólise, pela fonte botânica do amido, e pelo tipo condições de obtenção.

A microencapsulação com maltodextrina constitui uma ferramenta tecnológica de ampla aplicação em alimentos, sendo capaz de conferir proteção a compostos de fácil degradação, potencializando a sua disponibilidade e aproveitamento funcional.

Referências

- [1] SAJILATA, M.G.; SINGHAL, R.S.; KULKARNI, P.R. Resistant starch – a review. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. v. 5, n. 1, p. 1-17, 2006.
- [2] BELLO-PÉREZ, L.A.; MONTEALVO, M.G.M.; ACEVEDO, E.A. *Almidón: definición, estructura y propiedades*. In: LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. Carbohidratos em alimentos regionales iberoamericano. São Paulo: Edusp, 2006. p. 17-46.
- [3] DAIUTO, E.R.; CEREDA, M.P. Amido como suporte na desidratação por atomização e em microencapsulamento. In: Cereda, M. P.; Vilpoux, O. F. (Coord). Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas sul americanas. São Paulo: Fundação Cargill; 2003. p. 449-475.
- [4] KENYON, M.M. *Modified starch, maltodextrin, and corn syrup solids as wall materials for food encapsulation*. In: RISCH, S.J.; REINECCIUS, G.A. Encapsulation and controlled release of food ingredients. Washington, DC: ACS, 1995. p.42-50. (ACS Symposium. Series, 590).
- [5] AZEREDO, H.M.C. Encapsulação: aplicação à tecnologia de alimentos. *Alim Nutr*. v. 16, n. 1, p. 89-97, 2005.
- [6] OLIVEIRA, O.W.; PETROVICK, P.O. Secagem por aspersão (spray drying) de extratos vegetais: bases e aplicações. *Braz J Pharmacog*. v. 20, n. 4, p. 641-650, 2010.

- [7] SOTO, J.L.M.; GARCÍA, L.M.; GONZÁLEZ, J.V.; NICANOR, A.B.; CRUZ, L.G. Influence of starch source in the required hydrolysis time for the production of maltodextrins with different dextrose equivalent. *Afr J Biotechnol.* v. 11, n. 69, p. 13428-13435, 2012.
- [8] STORZ E., STEFFENS, K. Feasibility study for determination of the dextrose equivalent (DE) of starch hydrolysis products with near-infrared spectroscopy (NIRS). *Starch/Starke.* v. 56, p. 58-62, 2004.
- [9] WANG, J., WANG, L. Structures and properties of commercial maltodextrins from corn, potato, and rice starches. *Starch/Starke.* v. 52, p. 296-304, 2000.
- [10] LUMDUBWONG N.; SEIB, P.A. Low and medium DE maltodextrins from waxy wheat starch: preparation and properties. *Starch/Starke.* v. 53, p. 605-615, 2001.
- [11] MCPHERSON, A.E., SEIB, P.A. Preparation and properties of wheat and corn starch maltodextrins with a low dextrose equivalent. *Cereal Chem.* v. 74, p. 424-430, 1997.
- [12] BLANCHARD, P.H.; KATZ, F.R. Starch hydrolysates. In: STEPHEN, A.M. Food Polysaccharides and their Application. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 99.
- [13] GUZMÁN-MALDONADO, H; PAREDES-LÓPEZ, O. Amylolytic enzymes and products derived from starch: a review. *Crit Rev Food Sci Nutr.* v. 35, n. 5, p. 373-403, 1995.
- [14] KENNEDY, J.F.; KNILL, C.J.; TAYLOR, D.W. Maltodextrins. In: KEARSLLEY, M.W.; DZIEDZIC, S.Z. Cambridge: Blackie Academic & Professional, 1995. p. 65-82.
- [15] TOMASIK. P.; HORTON, D. Enzymatic conversions of starch. *Adv Carbohydr Chem Biochem.* v. 68, p. 59-436, 2012.

- [16] MARCHAL, L.M.; BEEFTINK, H.H.; TRAMPER, J. Towards a rational design of commercial maltodextrins. *Trends Food Sci Tech.* v. 10, p. 345-355, 1999.
- [17] CHEIRSILP, B.; SIENGOON, S; PRATUMMA, A. Maltodextrins production from native rice flour using enzymatic and acid hydrolysis. The 2nd International Conference on Fermentation Technology for Value Added Agricultural Products, 2007, Thailand.
- [18] SAMUHASANEETOO S.; CHAISERI S., FARHAT I. A., SAJJAANANTAKUL T. and PONGSAWATMANIT R. Application of the “dual sorption” model for water adsorption of maltodextrin various DE. *Kasetsart J Nat Sci.* v. 38, p. 515-522, 2004.
- [19] PHISUT, N. Spray drying technique of fruit juice powder: some factors influencing the properties of product. *Int Food Res J.* v. 19, n. 4, p. 1297-1306, 2012.
- [20] MURUGESAN, R.; ORSAT, V. Spray drying for the production of nutraceutical ingredients - a review. *Food Bioprocess Tech.* v. 8, p. 1-12, 2011.
- [21] VOS, P.; FAAS, M.M.; SPASOJEVIC, M.; SIKKEMA, J. Encapsulation for preservation of functionality and targeted delivery of bioactive food components. *Int Dairy J.* v. 20, p. 292-302, 2010.
- [22] GHARSALLAOUI, A.; ROUDAUT, G.; CHAMBIN, O.; VOILLEY, A.; SAUREL, R. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: an overview. *Food Res Int.* v. 40, p. 1107-1121, 2007.
- [23] SILVEIRA, A.C.P.; PERRONE, Í.T.; RODRIGUES JÚNIOR, P.H.; CARVALHO, A.F. Secagem por spray: uma revisão. *RILCT.* v. 68, n. 391, p. 51-58, 2013.
- [24] REINECCIUS, G.A. The spray drying of food flavors. *Dry Technol.* v. 22, n. 6, p. 1289-1324, 2004.

- [25] ROUSTAPOUR, O.R.; M. HOSSEINALIPOUR; B. GHOBADIAN. An experimental investigation of lime juice drying in a pilot plant spray dryer. *Dry Technol.* v. 24, n. 2, p. 181-188, 2006.
- [26] TONON, R.V.; BRABET, C.; HUBINGER, M.D. Influência da temperatura do ar de secagem e da concentração de agente carreador sobre as propriedades físico-químicas do suco de açaí em pó. *Ciênc Tecnol Alim.* v. 29, n. 2, p. 444-450, 2009.
- [27] VALDUGA, E.; LIMA, L.; PRADO, R.; PADILHA, F. F.; TREICHEL, H. Extração, secagem por atomização e microencapsulamento de antocianinas do bagaço da uva isabel (*Vitis labrusca*). *Ciênc Agrotecnol*, v. 32, n. 5, p. 1568-1574, 2008.
- [28] FERRARI, C. C.; RIBEIRO, C. P.; AGUIRRE, J.M. Secagem por atomização de polpa de amora-preta usando maltodextrina como agente carreador. *Braz J Food Tech*, v. 15, n. 2, p. 157-165, 2012.
- [29] SOUZA, A.S.; BORGES, S.V.; MAGALHÃES, N.F.; RICARDO, H.V.; AZEVEDO, A.D. Spray-Dried Tomato Powder: Reconstitution Properties and Colour. *Braz Arch of Biol Tech*, v. 51, n. 4, p. 807-814, 2008.
- [30] JITTANIT, W.; NITI-ATT, S.; TECHANUNTACHAIKUL, O. Study of spray drying of pineapple juice using maltodextrin as an adjunct. *Chiang Mai J Sci*, v. 37, n. 3, p. 498-506, 2010.
- [31] GOULA, A.M.; ADAMAPOULOS, K.G. A new technique for spray drying orange juice concentrate. *Innov Food Sci Emerg Tech*, v. 11, p. 342-351, 2010.
- [32] OLIVEIRA, A.R.G.; BORGES, S.V.; FARIA, R.K.; ENDO, E.; GREGÓRIO, S.R. Influência das condições de secagem por atomização sobre as características sensoriais de sucos maracujá (*Passiflora edullis*) e abacaxi (*Ananas comosus*) desidratados. *Rev Ciencia Agron*, v. 38, n. 3, p. 251-256, 2007.
- [33] UHLEMANN, J.; REIß, I. Product design and process engineering using the example of flavors. *Chem Eng Tech*, v. 33, n. 2, p. 199-212, 2010.

- [34] RAMAKRISHNAN, S.; FERRANDO, M.; ACEÑA-MUÑOZ, L.; LAMOCASTELLVÍ, S.; GÜELL, C. Fish oil microcapsules from o/w emulsions produced by premix membrane emulsification. *Food Bioprocess Tech*, publicado em versão on line, DOI 10.1007/s11947-012-0950-2, 2012.
- [35] NG, S.; JESSIE, L.L.; TAN, C.; LONG, K.; NYAM, K. Effect of accelerated storage on microencapsulated kenaf seed oil. *J Am Oil Chem Soc*, publicado em versão on line, DOI 10.1007/s11746-013-2249-5, 2013.
- [36] GALLARDO, G.; GUIDA, L.; MARTINEZ, V.; LÓPES, M.C.; BERNHARDT, D.; BLASCO, R. Microencapsulation of linseed oil by spray drying for functional food application. *Food Res Int*, v. 52, p. 473-482, 2013.
- [37] KARACA, A.C.; LOW, N.; NICKERSON, M. Encapsulation of flaxseed oil using a benchtop spray dryer for legume protein-maltodextrin microcapsule preparation. *J Agric Food Chem*, v. 61, p. 5148-5155, 2013.