

PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE MALTODEXTRINA: IMPACTOS DA TEMPERATURA DE TRANSIÇÃO VÍTREA

S. K. IKEDA¹, J. R. D. FINZER²

^{1,2,3} Universidade de Uberaba, Programa de Pós-graduação em Engenharia Química

RESUMO – As maltodextrinas são produtos da hidrólise parcial do amido e têm sido largamente usadas em muitos tipos de alimentos processados. São classificadas de acordo com o grau de hidrólise do amido e possuem várias propriedades funcionais, como doçura, solubilidade e viscosidade. Também consiste em um produto de aplicabilidade ampla, como suplementos energéticos. A variação da densidade final do produto pode não atender à especificação de empresas consumidoras. Isto ocasiona problemas no armazenamento do produto acabado e um possível risco de segurança no armazenamento. O produto não ficará adequadamente posicionado nos paletes ou ocorrerá avaria nas embalagens, devido ao armazenamento inadequado, gerando perdas financeiras ou devoluções de produtos. A decisão de avaliar o controle de qualidade de maltodextrina amadureceu após a constatação de que a densidade final tem um impacto no armazenamento e no atendimento dos clientes. Este trabalho tem por objetivo verificar a influência dos parâmetros de secagem em *spray dryer*, na densidade aparente da maltodextrina em seis lotes industriais, utilizando os dados de processos disponíveis e a temperatura de transição vítrea nas condições de operação do *spray dryer*. O estudo mostrou que entre os parâmetros quantificados, o vácuo aplicado no secador por atomização (*spray dryer*) influenciou na densidade aparente da maltodextrina e o secador deve operar com um vácuo médio de 44 mmCa, uma vez que os outros parâmetros de secagem apresentaram valores similares e, portanto, sem influência na densidade aparente. O valor da temperatura de transição vítrea (T_g) calculada para este sistema de secagem está entre 150,0°C a 150,8°C, a temperatura de saída da câmara do secador entre 106,12°C a 107°C e a temperatura de entrada do ar no secador entre 192,08°C a 196,43°C. A temperatura de operação interna do secador está abaixo da temperatura de transição vítrea do produto. Isso possibilita classificar o produto como vítreo.

Palavras-chave: Maltodextrina, Temperatura de transição vítrea, Densidade aparente.

ABSTRACT – Maltodextrins are products of the partial hydrolysis of starch and have been widely used in many types of processed foods. They are classified according to the degree of hydrolysis of the starch and have various functional properties such as sweetness, solubility and viscosity. It also consists of a product with wide applicability, such as energy supplements. The variation in the final density of the product may not meet the specification of consumer companies. This causes problems in the storage of the finished product and a possible safety risk in storage. The product will not be properly positioned on the pallets or there will be damage to the packaging, due to inadequate storage, generating financial losses or product returns. The decision to evaluate maltodextrin quality control has matured after the realization that final density has an impact on storage and customer service. This work aims to verify the influence of the spray dryer drying parameters on the apparent density of maltodextrin in six industrial batches, using data from available processes and the glass transition temperature under the operating conditions of the spray dryer. The study showed that among the quantified parameters, the vacuum applied in the spray dryer influenced the apparent density of maltodextrin and the dryer must operate with an average vacuum of 44 mmCa, since the other drying parameters presented similar values and, therefore, without influencing the apparent density. The calculated glass transition temperature (Tg) value for this drying system is between 150.0°C to 150.8°C, the dryer chamber outlet temperature between 106.12°C to 107°C and at air inlet temperature in the dryer between 192.08°C to 196.43°C. The dryer's internal operating temperature is below the glass transition temperature of the product. This makes it possible to classify the product as vitreous.

Keywords: Maltodextrin, Glass transition temperature, Apparently density.

1. INTRODUÇÃO

As maltodextrinas são produtos da hidrólise parcial do amido e têm sido largamente usadas em muitos tipos de alimentos processados.

São classificadas de acordo com o grau de hidrólise do amido e possuem várias propriedades funcionais, como doçura, solubilidade e viscosidade de pastas.

A maltodextrina é, por definição, amido hidrolizado formado por unidades de α -D-glicose unidas, principalmente, por ligações glicosídicas α (1 \rightarrow 4).

Como o produto hidrolizado do amido, é constituído por uma mistura de sacarídeos, principalmente D-glicose, maltose e uma série de oligossacarídeos e polissacarídeos apresenta ampla distribuição de massa molecular.

A maltodextrina é solúvel em água, onde é utilizada como modificador de textura, gelificante, substituto de gordura, intensificadores de volume, crioprotetores e para prolongar a vida útil do produto, principalmente como matriz de encapsulamento.

A enzima amilase hidrolisa as ligações α (1-4) das cadeias do amido, produzindo glicose, maltose e oligossacarídeos. A Figura 1 consiste no fluxograma do processo de conversão do amido a maltodextrina

e a Figura 2 como atua a α -amilase.

Figura 1. Representação esquemática do processo de conversão do amido a maltodextrina (CHANGZHOU, 2016).

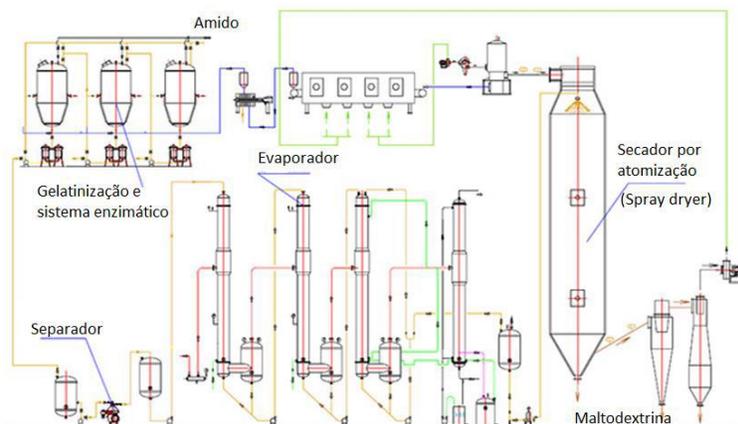
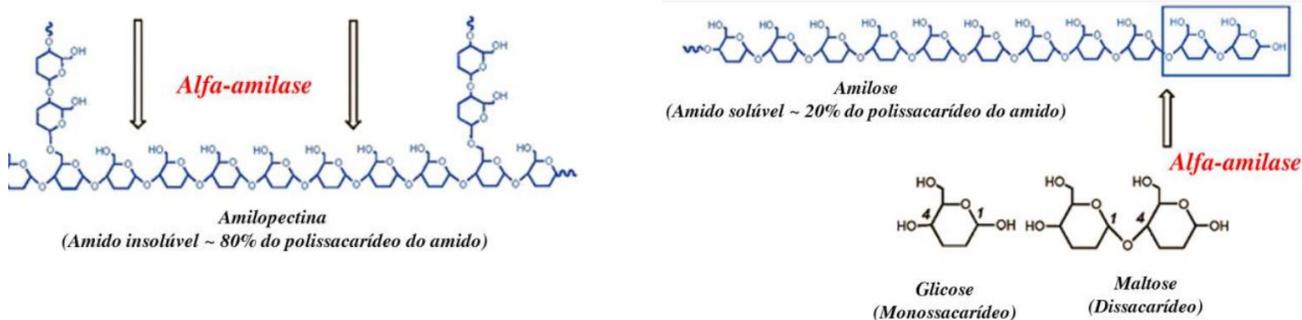


Figura 2. Atuação da enzima alfa-amilase na conversão do amido.



A equação da velocidade para uma reação catalisada enzimaticamente e com um único substrato pode ser descrita pela equação de Michaelis-Menten, ver a Equação (1), sendo v_{\max} e K_m constantes do modelo e $[S]$ a concentração do substrato (FOGLER, 1992).

$$v = \frac{v_{\max} \cdot S}{k_m + S} \quad (1)$$

O objetivo deste trabalho foi verificar a influência dos parâmetros de secagem em *spray dryer*, na densidade aparente da maltodextrina em seis lotes industriais, utilizando os dados de processos disponíveis e a temperatura de transição vítrea nas condições de operação do *spray dryer*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As condições de operação do *spray dryer* foi monitorada a cada uma hora durante a secagem de seis

lotes de maltodextrina processadas.

Inicialmente a concentração de amido é ajustada entre 30% a 40% de sólidos em base seca, e adição de 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 a 140°C por até 10 minutos para inativação enzimática.

A dextrose-equivalente (DE) expressa o número de grupos aldeídos de extremidades reductoras em relação à glicose pura na mesma concentração, de modo que dextrose-equivalente (DE) alta indica alta conversão hidrolítica e baixa massa molecular. A Equação (2) é usada para quantificar a dextrose-equivalente.

$$DE = \frac{\text{Açúcares redutores}}{\text{Substância seca}} \cdot 100 \quad (2)$$

O amido não hidrolisado tem um valor de DE igual a zero, enquanto a glicose anidra tem uma DE igual a 100.

O método analítico usado consiste em pesar 12 a 13 g de amostra, diluir a amostra a 13% de sólidos na amostra. Pipetar 25 µl da amostra para o osmômetro (marca: *Advanced Instruments*, Inc. modelo: 3250 e proceder à leitura). O valor da dextrose-equivalente é calculado pela Equação (3), com a determinação da osmolalidade, mensuração da depressão do ponto de congelamento em osmômetro (IKEDA, 2021).

$$DE=0,14 \cdot mOSm-1,18 \quad (\%) \quad (3)$$

A maltodextrina é comercializada, geralmente, no estado sólido, devendo, portanto, ser seca.

A secagem por *spray* é adequada para o processamento de soluções, suspensões e materiais pastosos, ver a Figura 3.

O líquido de alimentação adquire a forma de gotículas, sendo secas rapidamente secos em partículas com um diâmetro de cerca de 30 a 500 µm por ar quente em 5 ~ 30 s.

Alto consumo de energia e eficiência de utilização de energia relativamente baixa.

A eficiência energética do secador por *spray* é de cerca de 25% a 60%.

O *spray dryer* utilizado neste estudo é da Marca: NIRO-GEA, com capacidade nominal de evaporação de 1200 kg.h⁻¹; Vazão de ar de saída de 46,4 m³.h⁻¹. Produção de 50 toneladas maltodextrina/dia.

O estado físico de materiais está relacionado com mudanças entre estados de equilíbrio e estado vítreo, ver a Figura 4.

Figura 3. Esquema de funcionamento de secador por atomização (RAMOS et.al, 2019).

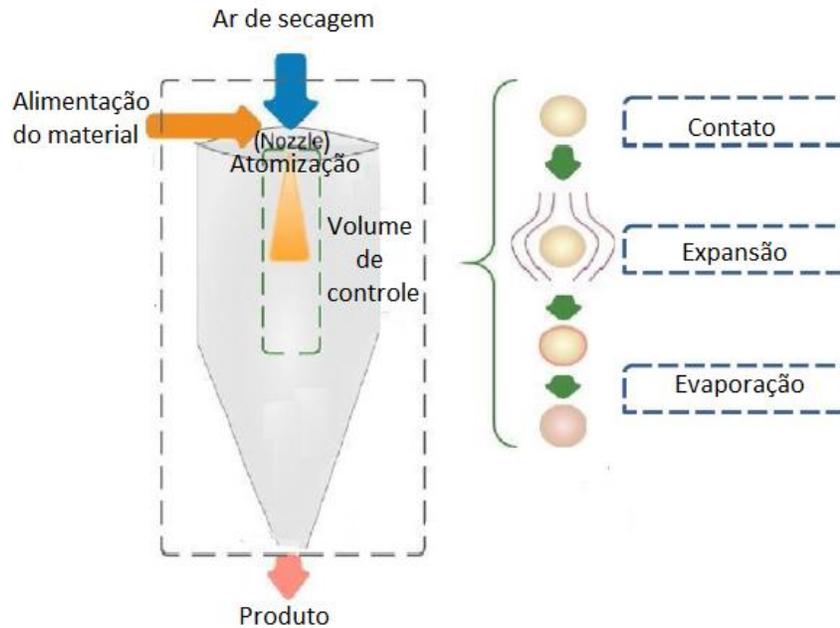
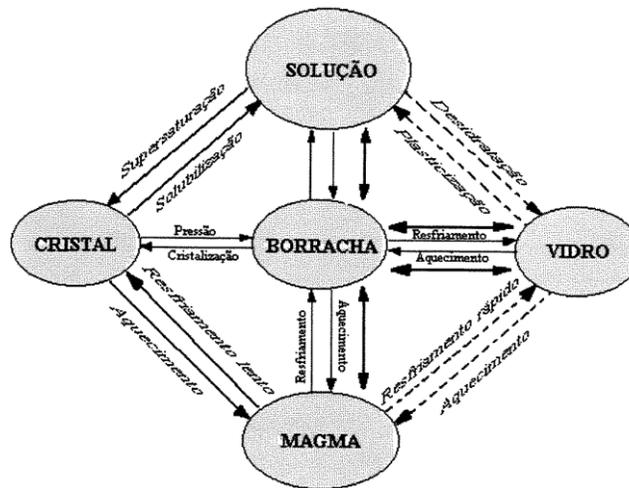


Figura 4. Estado físico de materiais (COLLARES, 2001).



Abaixo de T_g um material está em um estado vítreo que é caracterizado por um sólido rígido, embora quebradiço. Nos estados vítreos, a mobilidade ou difusão das moléculas é praticamente inexistente. Quando a temperatura do material está acima da temperatura de transição vítrea, o material demonstra aumento da mobilidade.

O comportamento pegajoso depende da composição, temperatura e teor de água, em relação ao fenômeno de transição vítrea. A superfície das partículas será pegajosa para temperaturas de 10° C a 30°C mais altas do que as temperaturas de transição vítrea. Abaixo da transição vítrea, as partículas serão

semelhantes a um vidro estável. A temperatura de transição vítrea da maltodextrina foi quantificada pela Equação (4): BUSIN, 1996; COLLARES, 2001.

$$T_g = -1,4 \cdot DE + 1 \quad (4)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na secagem dos seis lotes de maltodextrina os dados coletados no estudo são: T_{ek} a temperatura de entrada na câmara de secagem do spray dryer (°C); V_{elr} a vazão de entrada do liquor no spray dryer ($m^3 \cdot h^{-1}$); $T_{e\ lr}$ a temperatura de entrada do liquor no spray dryer (°C); R a rotação do atomizador do spray dryer (rpm); V_k o vácuo na câmara de secagem do spray dryer (mmCa) e T_{sk} a temperatura de saída do ar da câmara de secagem do spray dryer (°C).

Os lotes industriais de maltodextrina foram amostrados e analisados para a verificação dos parâmetros de controle de qualidade. Os parâmetros de umidade (U), pH, sólidos totais (DS), dextrose-equivalente (DE) e densidade aparente ($\rho_{r\ mx}$) foram analisados. Os resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Dados de análise da umidade, pH, sólidos totais (%DS), dextrose equivalente (%DE) e densidade aparente dos seis lotes de maltodextrina.

Parâmetros	Especificação	lote $_{mx}$ 1	lote $_{mx}$ 2	lote $_{mx}$ 3	lote $_{mx}$ 4	lote $_{mx}$ 5	lote $_{mx}$ 6
U (%)	< 5,00	4,93	4,48	4,22	4,75	4,24	4,37
pH	4,50- 5,50	4,94	4,80	4,90	4,97	4,92	4,91
DS (%)	> 95,00	95,07	95,52	95,78	95,25	95,76	95,64
DE (%)	17,0- 19,9	17,86	18,56	18,84	17,72	17,58	17,86
$\rho_{r_{mx}}$ ($kg \cdot m^{-3}$)	470 (alvo)	446	419	434,1	482	477	469

Os resultados de umidade (U), pH, sólidos totais (DS) e dextrose-equivalente (DE) estão dentro do intervalo estabelecido da especificação do produto. A densidade aparente dos lotes 1,2 e 3 estão com resultados abaixo do alvo, e nos lotes 4,5 e 6 os dados estão próximos ao valor alvo, de $470\ kg \cdot m^{-3}$.

O cálculo das médias das temperaturas de admissão do ar de secagem e saída da câmara e vazão de entrada do *liquor* mostrou que a variação em 25 horas, quantificadas a cada hora, situaram-se em torno de um valor médio com baixa dispersão conforme descrito na Tabela 2.

Os dados coletados no estudo são: T_{ek} a temperatura de entrada na câmara de secagem do spray dryer (°C); V_{elr} a vazão de entrada do liquor no spray dryer ($m^3 \cdot h^{-1}$); $T_{e\ lr}$ a temperatura de entrada do

liquor no spray dryer (°C); R a rotação do atomizador do spray dryer(rpm); V_k o vácuo na câmara de secagem do spray dryer (mmCa) e T_{sk} a temperatura de saída do ar da câmara de secagem do spray dryer (°C).

Tabela 2 -: Valores médios e desvio padrão dos parâmetros de controle do *spray dryer* para os seis lotes de maltodextrina. Sendo: **M** o valor da média; σ o desvio padrão.

	Lote _{mtx} 1	Lote _{mtx} 2	Lote _{mtx} 3	Lote _{mtx} 4	Lote _{mtx} 5	Lote _{mtx} 6
	M $\pm\sigma$					
T_{ek} (°C)	192,08 \pm 16,64	195,4 \pm 3,77	196,43 \pm 3,09	193,35 \pm 2,52	194,5 \pm 1,54	194,85 \pm 1,67
V_{elr} (m ³ ·h ⁻¹)	2,39 \pm 0,18	2,35 \pm 0,2	2,47 \pm 0,07	2,47 \pm 0,04	2,51 \pm 0,06	2,47 \pm 0,06
T_{elr} (°C)	109,43 \pm 3,31	108,6 \pm 7,27	104,95 \pm 20,59	109,06 \pm 4,71	109,82 \pm 2,26	110,05 \pm 2,08
R (rpm)	11598 \pm 38	11480 \pm 0	11535 \pm 67	11480 \pm 0	11442 \pm 59	11480 \pm 0
V_k (mmCa)	34,72 \pm 5,4	30,21 \pm 4,26	33,57 \pm 2,57	42,61 \pm 3,76	44,45 \pm 3,04	-43,35 \pm 4,13
T_{sk} (°C)	106,66 \pm 2,13	106,52 \pm 1,1	107,05 \pm 0,74	106,23 \pm 0,97	106,4 \pm 0,66	106,12 \pm 0,63

Contudo, o vácuo aplicado para os lotes 1 a 6 foram: -34,72; -30,21; -33,57; -42,61; -44,45 e -43,35 mmCa, respectivamente. Quando se aplica um vácuo mais pronunciado, mantendo-se a vazão e a temperatura do ar constantes assim como os outros parâmetros médios, a umidade das gotas é eliminada mais rapidamente e as partículas contraem mais e, portanto, apresentam menor porosidade quando contidas em recipientes. Apesar da tendência à maior porosidade interna, o que facilita a reidratação em termos de instantaneidade, a contração volumétrica (encolhimento) provavelmente foi dominante.

Aplicando-se a Equação (3) e utilizando-se o valor de dextrose-equivalente, determina-se a temperatura de transição vítrea no sistema, para cada um dos lotes produzidos (Tabela 3). O valor da temperatura de transição vítrea, T_g , está entre 150,0 a 151,8°C e a temperatura de saída da maltodextrina na câmara do secador, entre 106,12 a 107,05 °C e a temperatura de entrada do ar no secador entre 192,08 a 196,43°C. De forma que a temperatura de operação interna do secador está abaixo da temperatura de transição vítrea do produto final. Isso possibilita classificar o produto como vítreo.

Tabela 3: Dados de dextrose-equivalente (DE) e a temperatura de transição vítrea (T_g) para os lotes de maltodextrina.

Lote _{mtx}	DE (%)	T_g (°C)
1	17,86	151,4
2	18,56	150,4
3	18,84	150,0
4	17,72	151,6
5	17,58	151,8
6	17,86	151,4

A Figura 5 consiste em uma imagem da embalagem de uma forma de comercialização de maltodextrina, parâmetros como a densidade aparente são relevantes para manter a uniformidade do produto na comercialização, tanto na forma da embalagem como internamente ao ser manuseado.



Figura 5 - Aspecto da maltodextrina comercializada em embalagens de 25 kg.

4. CONCLUSÃO

O estudo mostrou que entre os parâmetros quantificados, o vácuo aplicado no secador por atomização (*spray dryer*) influenciou na densidade aparente da malto dextrina, cujo o valor padrão é de $470 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Portanto, na operação do secador deve-se operar com um vácuo médio de 44 mmCa, o que possibilitou a obtenção do produto na densidade especificada. Valores de densidade aparente de $433 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ mostraram-se abaixo do valor de especificação. Os outros parâmetros apresentaram valores similares e, portanto, sem influência na densidade aparente.

A porosidade média da malto dextrina foi de $0,7018 \pm 0,017$ comparada com o padrão desejado para o produto, conclui-se, então, que a porosidade pode ser utilizada como um parâmetro adicional para a avaliação da qualidade, considerando-se a estocagem do produto.

O valor da temperatura de transição vítrea (T_g), calculada para este sistema de secagem, está entre $150,0^\circ\text{C}$ a $151,8^\circ\text{C}$, a temperatura de saída da câmara do secador entre $106,12^\circ\text{C}$ a 107°C e a temperatura de entrada do ar no secador entre $192,08^\circ\text{C}$ a $196,43^\circ\text{C}$. Como conclusão, o produto obtido encontra-se em temperatura abaixo da transição vítrea e, portanto, no estado vítreo, não se aderindo por esta condição fenomenologicamente nas superfícies internas do secador.

5. REFERÊNCIAS

BUSIN, L.; BUISSON, P.; BIMBENET, J. J. Notion de transition vitreuse appliquée au sechage par pulvérisation de solutions glucidiques. **Sciences des Aliments**. V.16, p.443-459. 1996.

CHANGZHOU JINQIAO SPRAY – **Drying and Engineering CO.**: Glucose, maltose / maltodextrin production line. Technical material. 2016.

COLLARES, F. P. **Despendimento de filmes de pastas alimentícias durante a secagem sobre superfícies de sólidos e sua relação com a relação com a transição vítrea**. Tese de Doutorado. UNICAMP – FEA. 2001. 205 p.

FOGLER, H. S. **Elements of Chemical Reaction Engineering**. Prentice Hall International Series. 2. ed. 1992. 838 p.

IKEDA, S. K. **Estudo das variáveis de secagem na produção de maltodextrina e os impactos no desempenho do secador e no produto**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Uberaba – PPGEQ. 2021. 77 p.

RAMOS, F.M; UBBRINK, J; SILVEIRA, V; PRATA, A.S. –Drying of maltodextrin solution in a vacuum spray dryer. **Chemical Engineering Research and Design**, 2019. 78-86 p.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais – FAPEMIG e à UNIUBE pelo suporte dado ao desenvolvimento desta pesquisa.