

AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE IOGURTE EM PÓ OBTIDO POR SECAGEM EM SPRAY DRYER

Marília Gomes Bocardo¹; Edison Paulo De Ros Triboli²

¹ Aluna de Iniciação Científica da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN/IMT);

² Professor da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT).

Resumo. *O iogurte é produzido de forma hidratada e possui vida de prateleira reduzida, logo a grande vantagem de se produzir iogurte em pó é transformá-lo em um produto estável, que não necessita de refrigeração no seu armazenamento, e de fácil manuseio. A grande utilidade do iogurte em pó está na indústria alimentícia como insumo em outras formulações. O processo de secagem do iogurte em spray dryer envolve muitas variáveis que podem comprometer o resultado final do produto. Nesse projeto foram estudadas as variações da temperatura de entrada do ar na câmara de secagem, vazão da bomba de alimentação e a velocidade de rotação do disco atomizador. Visando obter um iogurte com boas características físico-químicas e sensoriais, o projeto tem como objetivo determinar uma região viável para as condições de secagem pela combinação dessas três variáveis.*

Introdução

A secagem por *spray dryer*, também conhecida por atomização, é uma técnica comum utilizada na indústria alimentícia, principalmente no setor de lácteos. Ao se reduzir o conteúdo de água do produto, diversas vantagens são obtidas, como redução da deterioração microbiológica e, conseqüentemente, aumento da vida de prateleira do produto, redução do custo de estocagem e transporte, além de facilitar o manuseio (GAIANI et. al., 2009). Por outro lado há várias condições de operação que influenciam o processo, como velocidade de rotação do disco atomizador, temperatura de entrada do ar na câmara de secagem e vazão de alimentação do produto, que podem resultar em fenômenos indesejáveis, tais como aglomeração de produto nas paredes do equipamento e saída de produto queimado. Esses fenômenos afetam diretamente a qualidade do iogurte obtido, afetando suas características físico-químicas e sensoriais.

O objetivo desse trabalho é determinar os limites inferiores e superiores viáveis para as variáveis estudadas e avaliar a influência dessas condições nas características do produto, em condição padronizada de depressão interna na câmara de secagem.

Materiais e Métodos

A seguir serão descritos todos os materiais, equipamentos e procedimentos utilizados para o estudo de secagem do iogurte em *spray dryer*.

Material e Equipamentos

O material utilizado foi iogurte natural da marca 'Fazenda Bela Vista' batido e homogeneizado. Na Tabela 1 consta a composição do iogurte para um copo com 190 gramas.

Os principais equipamentos utilizados foram: secador *spray dryer* SD-5, produzido pela Tecnap (Piracicaba, SP); agitador Ultra-Turrax T-50 (IKA-Werke (Janke & Kunkel), Staufen, Alemanha) de alta frequência para homogeneização do iogurte, estufa, balanças analítica e de precisão e vidraria geral de laboratório para realização de análises.

O *spray dryer* SD-5, esquematizado na Figura 1, opera com queima direta de gás (GLP) através de um queimador com válvula reguladora automática que garante a entrada de gás suficiente para o aquecimento desejado do ar. O atomizador é do tipo disco rotativo e sua velocidade pode ser ajustada em até 30000 rpm. Para tal ajuste é utilizado um inversor de frequência e para a refrigeração do cabeçote do disco atomizador é utilizado um sistema

automático (*cooler*). A câmara de secagem tem um volume de 0,63 m³ e possui diâmetro interno de 830 mm e altura de 910 mm. Para a alimentação de produto é utilizada uma bomba com deslocamento positivo com capacidade de até 20 L·h⁻¹. O produto fica armazenado em um tanque com diâmetro interno de 310 mm e capacidade para 30 L. Para diminuição do material depositado na parede o *spray dryer* está equipado com um sistema de vibração que é acionado automaticamente durante o processo. O controle das variáveis envolvidas no processo é feito por um sistema de controle automatizado sensível ao toque (*touchscreen*).

Tabela 1 – Composição do iogurte Bela Vista.

Composição	Porcentagem (%)
Carboidratos	5,8
Proteína	3,7
Gorduras totais	2,0
Gorduras saturadas	1,3
Sódio	-
Cálcio	0,3

Fonte: Embalagem do produto

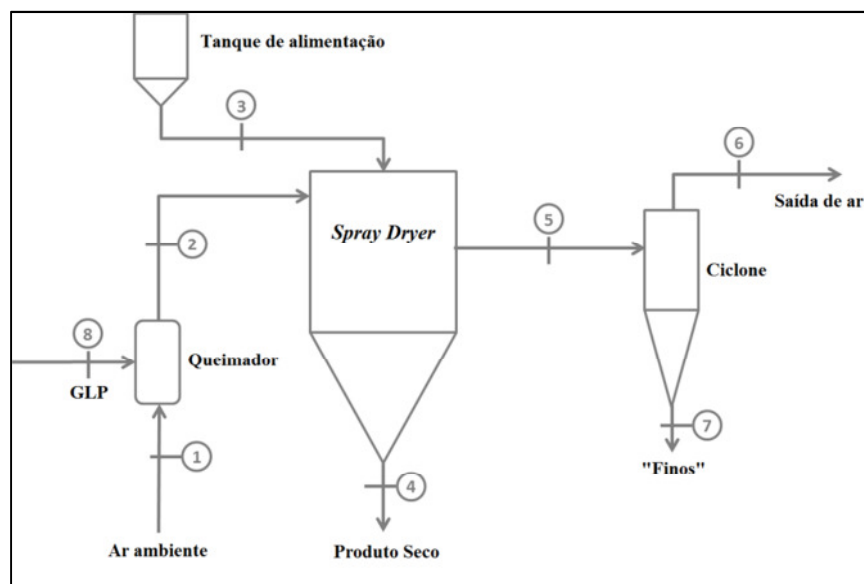


Figura 1 – Esquema do *spray dryer* SD-05.

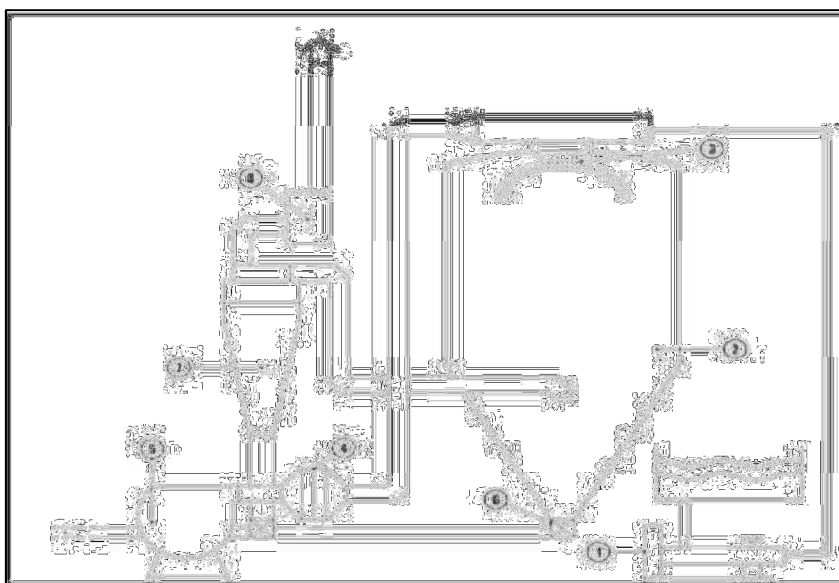
Spray Dryer

A secagem por *spray dryer* é um procedimento utilizado na secagem de líquidos ou substâncias pastosas, transformando-as em pequenas partículas de pó. A secagem por este método foi escolhida, pois esta técnica permite que seja possível controlar a estrutura da partícula (MASTERS, 1997) e isso é fundamental para um produto em pó. O equipamento, esquematizado na Figura 2, é composto basicamente por:

- a) Atomizador;
- b) Câmara de secagem;
- c) Queimador de gás;
- d) Sistema de separação de partículas – ciclone.

O atomizador pode ser de dois tipos: disco rotativo ou de bico pressurizado. Estudos realizados por Huang, Kumar e Mujumdar (2006) concluem que normalmente o atomizador de disco rotativo produz partículas de tamanho menor. Já segundo Patel *et al.* atomizadores rotativos produzem partículas mais uniformes. Com base nessas publicações o atomizador rotativo foi escolhido para o estudo. No atomizador de disco rotativo o produto é alimentado

em seu centro e como ele gira a uma velocidade angular muito alta, promove uma nebulização de produto com a formação de gotículas. A distribuição do tamanho de partículas pode ser ajustada aumentando ou diminuindo a velocidade de rotação do disco, sendo essa uma variável operacional de grande importância. Desse modo, a velocidade de rotação do disco atomizador será uma variável para o estudo em questão.



Legenda:

- 1 – Bomba de deslocamento positivo
- 2 – Câmara de secagem
- 3 – Cabeçote com disco rotativo atomizador
- 4 – Trocador de calor
- 5 – Ventilador
- 6 – Válvula rotativa
- 7 – Ciclone
- 8 – Exaustão

Figura 2 – Esquema básico de um *spray dryer*.

A câmara de secagem é o local onde ocorre o contato entre as gotículas de produto geradas pelo atomizador e o ar previamente aquecido. O ar pode entrar na câmara seguindo a mesma direção percorrida pelo produto alimentado, chamado de ar concorrente ou seguir o caminho oposto ao do produto alimentado, neste caso chamado de contracorrente. O equipamento utilizado neste trabalho apresenta fluxo de ar concorrente. Durante o processo na câmara de secagem o tamanho da gotícula formada é de fundamental importância para o sucesso do processo. Como citado, o tamanho da gotícula formada é dependente da velocidade de rotação do disco atomizador, mas também é relacionado com a vazão da bomba de alimentação do produto. Se a vazão de produto for grande, gotículas maiores se formam, porém se a vazão for muito baixa, partículas muito leves e finas se formam. A vazão de alimentação da bomba será uma variável do processo analisada no estudo.

O queimador utilizado no *spray dryer* tem como combustível o GLP. A sua função no processo é aquecer o ar antes de ele entrar em contato com as gotículas de produto. Durante o processo na câmara de secagem cada gotícula é submetida ao contato com o ar a diferentes temperaturas e umidades. Gotículas submetidas a temperaturas muito altas do ar podem ficar deformadas e perder suas características físico-químicas e sensoriais; enquanto gotículas submetidas a temperaturas de ar muito baixas podem não completar o processo de secagem resultando na aglomeração de partículas não secas nas paredes do equipamento.

De acordo com Osti, A. P., Cassens, B. N. e Rezende, D. (2011) o ciclone é a parte do equipamento que faz a separação entre o pó seco e o ar de secagem. Uma força centrífuga é empregada para mover as partículas de pó seco contra a parede do ciclone separando-as do ar. Um redemoinho é formado entre o ar e as partículas. As partículas de pó são coletadas na parte inferior do ciclone e o ar sai pelo topo. Maury *et. al.* (2005) concluíram em seu estudo sobre aumento de rendimento em processo de secagem por *spray dryer*, que o fator que governa a separação das partículas de produto do ar no redemoinho formado no ciclone é a velocidade tangencial das partículas.

Métodos

O estudo de secagem do iogurte começou com o entendimento do funcionamento do *spray dryer*. Foram realizados diversos ensaios com água para entender como o equipamento funciona. Com base nesses ensaios e orientações do fabricante foram determinados os procedimentos para partida e parada do equipamento.

Procedimento de partida do *spray dryer*:

1. Ligar chave geral
2. Ligar o *chiller*
3. Verificar a temperatura de 19 °C no painel do *chiller*
4. Verificar modo de operação automático no *chiller*
5. Conferir compressor
6. Conferir status da bomba
7. Ligar o ventilador exaustor
8. Ajustar a depressão para um valor próximo definido para a operação
9. Ligar o ventilador adutor
10. Abrir a válvula de gás
11. Fechar as válvulas de saída do produto
12. Conferir se na entrada da válvula de controle a pressão é de 0,5 kgf·cm⁻² ou menor
13. Ligar o atomizador
14. Ligar o queimador
15. Ajustar no painel de controle a temperatura de entrada desejada
16. Ajustar no painel de controle a temperatura de saída desejada
17. Ligar a bomba de alimentação com água, após as temperaturas de entrada e saída terem atingido o valor ajustado (*set point*)
18. Controlar a temperatura de entrada e saída do ar na câmara e também a depressão e a vazão de alimentação – deixar o equipamento entrar em regime mantendo as condições com água por cerca de 30 a 45 minutos
19. Verificar se não sai água líquida pela câmara de secagem
20. Retirar a água cuidando para que o tanque não seque
21. Colocar o produto que deve ser seco
22. Rosquear o frasco coletor na válvula de saída do produto
23. Fazer o controle final das variáveis
24. Colocar o equipamento no modo automático

Procedimento de parada do *spray dryer*:

1. Verificar se há produto no tanque – o tanque não pode esvaziar totalmente
2. Desligar a bomba de alimentação
3. Retirar o restante do produto do tanque, caso houver
4. Desligar o queimador
5. Esperar as temperaturas de entrada e saída abaixarem e chegarem próximo à temperatura ambiente
6. Desligar atomizador
7. Fechar válvula de gás
8. Desligar o ventilador adutor
9. Desligar o ventilador exaustor
10. Desligar o *chiller*
11. Desligar chave geral
12. Retirar o produto final em pó

Antes de passar pelo processo de secagem, o iogurte foi colocado em um recipiente e foi homogeneizado com auxílio de um agitador e o procedimento acima foi seguido.

Resultados e Discussão

O primeiro objetivo do estudo foi o de determinar a região viável de secagem do iogurte. Foram feitos ensaios exploratórios de secagem e seus resultados são apresentados nas Tabelas 3, 4 e 5.

Tabela 2 – Condições de secagem 1.

Temperatura do ar de entrada	187 °C
Temperatura do ar de saída	127,8 °C
Vazão da bomba de alimentação	25%
Rotação do disco atomizador	30000 rpm

O iogurte obtido apresentou cor caramelizada. Esse aspecto é causado pela degradação da matéria orgânica presente no iogurte devido à elevada temperatura do ar de saída da câmara de secagem. A deposição do pó seco nas paredes do equipamento também contribuiu para a degradação do iogurte, já que significa maior tempo de permanência do produto dentro da câmara. Apesar da cor indesejável do produto, as condições de secagem 1 não causaram deposição de produto úmido na parede da câmara de secagem.

Tabela 3 – Condições de secagem 2.

Temperatura do ar de entrada	187 °C
Temperatura do ar de saída	112 °C
Vazão da bomba de alimentação	50%
Rotação do disco atomizador	30000 rpm

O iogurte em pó obtido ficou com um aspecto melhor que aquele obtido com as condições 1 (Imagem 5), ainda apresenta uma cor amarelada, porém mais clara. Isso pode ser explicado pela maior vazão utilizada na bomba de alimentação, que resulta em uma menor temperatura de saída do produto. As condições utilizadas causaram em uma leve aglomeração de pó semisseco ao redor do disco atomizador.

Tabela 4 – Condições de secagem 3.

Temperatura do ar de entrada	187 °C
Temperatura do ar de saída	118 °C
Vazão da bomba de alimentação	30%
Rotação do disco atomizador	25000 rpm

A secagem resultou em um pó de cor amarelada e também na aglomeração de muitas partículas na câmara de secagem. Isso aconteceu por causa da menor rotação utilizada no disco atomizador.

A cor desejada para o produto final é amarelo-claro. Isso pode ser obtido por meio da utilização de uma temperatura menor de entrada do ar combinada com uma vazão de alimentação. Sendo 160 °C a menor temperatura ajustável para o ar de entrada em função das características do equipamento, esse será o limite inferior da região viável da temperatura para os ensaios.

Os três ensaios foram realizados com a depressão da câmara de secagem fixa em 25,0 mmca (milímetros de coluna de água). Com base no produto obtido é possível determinar a região viável de secagem do iogurte em *spray dryer*.

Tabela 5 – Limites da região viável.

Parâmetro	Valor mínimo	Valor máximo
Vazão de alimentação (%)	30	50
Temperatura do ar de entrada (°C)	160	180
Rotação do disco atomizador (rpm)	25000	30000

A temperatura de saída do produto está diretamente ligada à vazão de alimentação e a temperatura do ar de entrada. A presença de gotículas maiores pode fazer com que as partículas cheguem à parede sem o processo de secagem estar concluído, resultando no fenômeno da aglomeração e deposição de produto semiseco na câmara. A utilização de vazões superiores a 50% da capacidade de alimentação da bomba e de temperaturas de entrada inferiores a 160 °C também pode resultar em um produto com índices de umidade muito alto e não satisfatórios. Por outro lado, gotículas muito pequenas resultam no superaquecimento das partículas, queimando o produto final. Desse modo, vazões inferiores a 30% e temperaturas acima de 180 °C também se tornam inadequadas para a pesquisa.

A rotação do disco atomizador também influi na formação de gotículas. Partículas maiores se formam com velocidades muito baixas, inviabilizando o processo abaixo de 25000 rpm, pois dificultam a secagem. O limite superior de 30000 rpm é devido à condição máxima de capacidade de operação do equipamento.

Conclusões

Com base no estudo da região viável de secagem de iogurte em *spray dryer* foi comprovada que a qualidade do iogurte em pó obtido depende diretamente de parâmetros como a velocidade do disco atomizador, temperatura do ar de entrada e também a vazão da bomba de alimentação. Utilizando temperaturas de entrada entre 160 e 180 °C, velocidade de rotação de 25000 a 30000 rpm e vazões da bomba de 30 a 50% de sua capacidade de alimentação foi possível secar o iogurte.

Em todos os ensaios realizados houve o depósito de produto da parede. Esse fator compromete o processo, pois leva a um maior tempo de permanência do produto na câmara de secagem, podendo causar a degradação da matéria orgânica e consequente saída de produto queimado.

Estudos posteriores são necessários para determinar a contagem de microrganismos no iogurte em pó, sua cor e para verificar os efeitos da adição de maltodextrinas, um aditivo que pode ser misturado ao iogurte para facilitar o processo de secagem, evitando a deposição de produto na parede da câmara de secagem.

Referências Bibliográficas

- Gaiani, C. et al. (2009) How surface composition of high milk proteins powders is influenced by spray-drying temperature. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 377-384.
- Huang, L.X.; Kumar, K.; Mujumdar, A.S. (2006) A comparative study of a spray dryer with rotatory disc atomizer and pressure nozzle using computational fluid dynamic simulations. *Chemical Engineering and Processing*, 461-470.
- Huntington, D.H. (2004) The influence of spray drying process on product properties. London: *Drying Technology*, **22**, 1261-1287.
- Langrish, T.A.G.; Chan, W. C.; Kota, K. (2001) Comparison of matodextrin and skim milk wall deposition rates in a pilot-scale spray dryer. *Powder Technology*, 84-89..
- Masters, K. *Spray Dryers*. In: Baker, C.G.J. (Org.) (1997) *Industrial Drying of Foods*. Londres: Chapman & Hall, 90-114.

- Maury, M. (2005) Effects of process variables on the powder yield of spray-dried trehalose on a laboratory spray-dryer. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, v. 59, p. 565-573.
- Mujumdar, A.S. (2006) *Principles, Classification, and Selection of Dryers*. In: Mujumdar, A.S. (Org.). *Handbook of Industrial Dryers*. Boca Raton: Taylor & Francis.
- Osti, A.P., Cassens, B.N., Rezende, D. (2011) *Estudo do processo de secagem de iogurte em spray dryer*. São Caetano do Sul: Escola de Engenharia Mauá. Trabalho de Conclusão.
- Patel, R.P.; Patel, M.P.; Suthar, A.M. (2009) Spray drying technology: an overview. *Indian Journal of Science and Technology*, **10**, 44-47.
- Telang, A.M.; Thorat, B.N. (2011) Optimization of process parameters for Spray Drying of Fermented Soy Milk, London: *Drying Technology*, 1445-1456.
- Woo, M.W. (2010) Controlling food powder deposition in spray dryers: wall surface energy manipulation as an alternative. *Journal of Food Engineering*, **94**, 92-198.