

SECAGEM POR LIOFILIZAÇÃO: MÉTODO DE OPERAÇÃO E RELEVÂNCIA NA ÁREA DE ALIMENTOS

Eugênia Telis de Vilela Silva (1); Pedro Ivo Soares e Silva (1); Anna Karoline de Souza Lima (2);
Suelma Ferreira do Oriente (3); Deyzi Santos Gouveia (4);

(Graduandos em Engenharia de Alimentos - CTRN - UFCG; E-mail: (1) eugenia_telys@hotmail.com, (1) pedroivosoares@hotmail.com, (2) karol_slima@hotmail.com, (3) suelma_oriente09@hotmail.com (4) Professora de Engenharia de Alimentos - CTRN - UFCG; E-mail: deyzigouveia@yahoo.com.br)

RESUMO: O processo de liofilização consiste em uma tecnologia de secagem que tem seu processo baseado na remoção da água através da sublimação da água presente no alimento. Para ocorrer o alimento deve estar congelado, isto é, todo o conteúdo de água presente neste deve estar na forma de gelo, o congelamento consiste na primeira etapa do processo, e só após ela o alimento é submetido a condições de pressões muito baixas. O liofilizador possui câmaras herméticas onde o produto é colocado, sob a condição de alto vácuo promovida por bombas o ar de dentro é removido, criando a condição para que ocorra a sublimação da água sem ser necessário o uso de altas temperaturas. A água passa de seu estado sólido para o gasoso a temperaturas muito baixas e sem a presença de oxigênio, fatores que resultam na preservação das características nutricionais de um alimento, gerando um produto com alto valor nutricional e sensorial. Indicado para produtos que tenham elementos sensíveis ao calor, como proteínas e vitaminas, a liofilização conserva as propriedades nutritivas, pois as membranas das células não se rompem com a perda do vapor de água. Por ser um processo caro, não é muito utilizado no Brasil, apesar de nos dias de hoje se mostrar mais presente na produção de alimentos disponíveis em supermercados, como frutas, legumes e verduras, carnes, sopas, sucos em pó, cafés, leites, entre outros. Assim, o presente trabalho tem como objetivo apresentar o conceito, método de operação, as aplicações na área de alimentos, os equipamentos, e as vantagens e desvantagens do processo de Liofilização.

Liofilização, desidratação, secagem, alimentos liofilizados.

INTRODUÇÃO

A liofilização é um método de desidratação usado para preservar alimentos perecíveis, que produz alimentos secos com uma elevada qualidade em suas características sensoriais que podem ser percebidos pelos sentidos humanos, tais como cor, brilho, luz, odor, textura, sabor e valor nutricional. Estes produtos são capazes de apresentar uma vida útil prolongada, evitando deste modo a utilização de uma grande quantidade de aditivos. ‘O processo envolve a remoção de água do alimento, de uma transferência direta do líquido para a fase de gás por um método de sublimação’ (Hammami & Rene, 1997, p. 687).

Não é possível determinar uma data e nem um local exato para o surgimento da liofilização, Adams (1991) afirma que esta técnica surgiu da preservação de peixe pelos esquimós através da desidratação dos mesmos pelos ventos secos dos árticos e Terroni *et al.* (2011) cita que historicamente, o primeiro produto liofilizado, de forma adequada, foi o vírus da raiva, em 1911.

A liofilização é um importante processo industrial para secagem de alimentos, partes de materiais cirúrgicos, farmacêuticos e outros, os quais têm estrutura interna ou composição química sujeitas à degradação térmica. (BOSS, 2004). Na área de alimentos são exemplos de produtos que passam pelo processo de liofilização: matérias-primas alimentares, bebidas, assim como alguns alimentos prontos para o consumo.

Embora existam desvantagens a este processo, uma vez que é um método dispendioso, a baixa temperatura requerida durante o processo não afeta as características sensoriais, tanto quanto outros métodos mais baratos, que são mais comumente usados. Garcia (2009) afirma que o processo de liofilização se mostra eficiente quando é comparado com outros meios de desidratação, frente características como contração do produto, perda de voláteis, decomposição térmica, ações enzimáticas e desnaturação de proteínas, por isso merece destaque.

O maior desafio enfrentado pela indústria é harmonizar a temperatura, a pressão, o tempo e os custos do processo, já que a baixa temperatura do ar irá garantir a boa qualidade do produto, mas também vai exigir um tempo de secagem demasiadamente longo. E apesar de seu uso extenso, muitos equívocos ainda cercam o processo, inclusive a convicção de que a liofilização é uma técnica simples que pode ser aplicada a qualquer produto que requer. (TERRONI, 2011).

MATERIAL E MÉTODOS

Liofilização ou criosecagem ("freeze-drying") é um processo de desidratação de produtos em condições de pressão e temperatura tais que a água, previamente congelada, passa do estado sólido diretamente para o estado gasoso (sublimação). (GAVA, 2009).

Este método precisa de algumas condições especiais. De acordo com Fellows (2009), é necessário o uso de baixa pressão extrema para atingir um estado de vácuo, e são necessárias temperaturas de congelamento para remover a água dos produtos sem a utilização de uma temperatura elevada. Além disso, este processo requer um longo período de tempo, entre cerca de 4-12 horas, mais do que os outros métodos convencionais.

A qualidade do produto ao final da liofilização depende significativamente do processo de congelamento aplicado. Há dois mecanismos que podem promover o dano à estrutura celular e conduzir diretamente à diminuição da firmeza do tecido. O primeiro está relacionado com a possibilidade de perfuração da membrana celular pelo cristal de gelo intracelular, que contribui para a redução da pressão turgor (pressão que se deve exercer sobre uma solução quando esta se encontra separada de seu solvente por uma membrana semipermeável para impedir o fluxo de moléculas). O segundo se relaciona com a quebra da estrutura da parede celular pelo cristal formado no meio extracelular, abrindo caminho para o colapso celular (TERRONI, 2011).

JAYARAMAN e GUPTA (1995) afirma que existem três tipos de operação que ocorrem no liofilizador: transferência de calor e massa através do mesmo caminho, em direções opostas; transferência de calor que ocorre através da camada congelada e a transferência de massa que ocorre através da camada de secagem; a geração do calor ocorre dentro do gelo (por microondas) e a transferência de massa através da camada de secagem.

CONGELAMENTO

O congelamento consiste da etapa prévia a liofilização, que pode ser realizada previamente ou no próprio recinto do liofilizador. Deve ser rápido para que se formem micro cristais de gelo, pois ao contrário pode causar rompimento da membrana celular e consequente perda do líquido citoplasmático, atribuindo ao alimento aspecto de “murcho” (NETO, 2008).

O desempenho global da liofilização depende significativamente deste estágio, pois é durante o congelamento que ocorre a formação dos poros, a distribuição do tamanho dos poros e a conexão entre as redes de poros da camada seca formada pela sublimação da água ou da substância aquosa congelada durante a secagem primária e a formação dos cristais de gelo que possuem influência na consistência do produto final, cor e retenção de aroma.

Quando as estruturas dos cristais são pequenas e descontínuas a taxa de transferência de massa do vapor d' água para a camada seca é limitada. Por outro lado, se o tamanho dos cristais de gelo for apropriado e a dispersão homogênea da solução congelada for homogênea, a taxa de transferência de massa do vapor d'água para a camada seca pode ser alta e o produto pode ser secado mais rapidamente (LIAPIS et al., 1996).

DESIDRATAÇÃO PRIMÁRIA

Na secagem primária é eliminada 90% da água gerando um produto com cerca de 10% de umidade, a água é removida por sublimação que ocorre sob vácuo e com a adição de calor. O objetivo deste estágio é encontrar condições de operação para a liofilização minimizando a duração do mesmo através da maximização da velocidade de remoção de vapor d' água na interface.

Parte significativa do calor latente de sublimação é consumida quando as moléculas passam do estado sólido ao gasoso, devido a este fenômeno, a temperatura do alimento congelado decresce. Como tal, é necessário fornecer mais calor ao produto, que pode ser favorecido por condução, convecção ou radiação. O final da desidratação primária pode ser constatado pelo aumento da temperatura do produto num valor próximo ao do ambiente ou pela observação visual quando desaparece a interface entre camada seca e camada congelada (ORDÓÑEZ, 2005).

DESIDRATAÇÃO SECUNDÁRIA

O estágio de secagem secundária se refere à remoção da umidade sublimada do produto requerido. Objetiva encontrar condições de operação que minimizem a duração deste estágio sem perder em termos de estabilidade de estrutura e estabilidade química do produto, proporcionando uma concentração de umidade desejável na qual não se tenha problemas com armazenagem.

Também chamada de dessorção, ocorre depois que todo gelo já foi eliminado do alimento, mas o alimento continua retendo certa quantidade de água líquida e para obtenção de um produto estável o conteúdo de umidade deve ser reduzido a cerca de 2 a 8 %, que corresponde à água fortemente ligada, por evaporação ou dessorção. Este resultado pode ser obtido se o alimento parcialmente seco permanecer no liofilizador por cerca de 2 a 6 horas e for aquecido até sua temperatura se igualar a da placa (20 a 60 °C), mantendo-se o vácuo, assim ocorre a evaporação de grande parte da água residual. Ao término da secagem antes da retirada do alimento da câmara, deve haver a introdução de um gás inerte, em geral, utiliza-se o nitrogênio, para rompimento do vácuo, pois se ocorrer à entrada de ar na câmara, os produtos imediatamente absorveriam umidade. O tempo desta etapa é cerca de 30 a 50 % do tempo gasto com a etapa anterior (ORDÓÑEZ, 2005).

EQUIPAMENTOS

De acordo com Ayrosa (2011) existem diversos modelos de equipamentos de liofilização para as mais diferentes aplicações. A Figura 1 mostra um esquema geral de um liofilizador industrial. Basicamente consta de quatro partes: uma câmara de secagem, um condensador, uma bomba de vácuo e um compressor. A câmara de secagem lembra um armário com várias prateleiras, destinadas a receberem o material a secar. É construída de forma a suportar as pressões negativas de

operação e possui uma porta que fecha hermeticamente, através da qual se faz a carga e descarga do equipamento. A câmara de secagem está diretamente ligada ao condensador e este, por sua vez, à bomba de vácuo. O condensador opera a temperaturas abaixo de -40°C , dependendo dos obstáculos que o vapor encontra para atingir o condensador. A temperatura da superfície do condensador deve ser mantida em valores tais que a pressão de vapor do gelo esteja bem abaixo da pressão total na câmara. Quanto maior for o gradiente de temperatura entre o produto e o condensador, maior será a velocidade de secagem. O calor deve ser fornecido ao material através do aquecimento das placas por um fluido circulante ou por resistência elétrica. A razão de remoção da umidade depende da taxa de fornecimento de calor ao produto. Portanto, depende da condutividade térmica do material bem como da sua espessura.

Cada um destes tipos de equipamento pode ser encontrado tanto na versão contínua como em batelada. Na secagem por batelada, o produto é fechado dentro da câmara de secagem mantendo-se a temperatura do aquecedor entre 100 e 120°C para a secagem inicial, sendo gradualmente reduzida durante o período de secagem de 6 à 8 h.

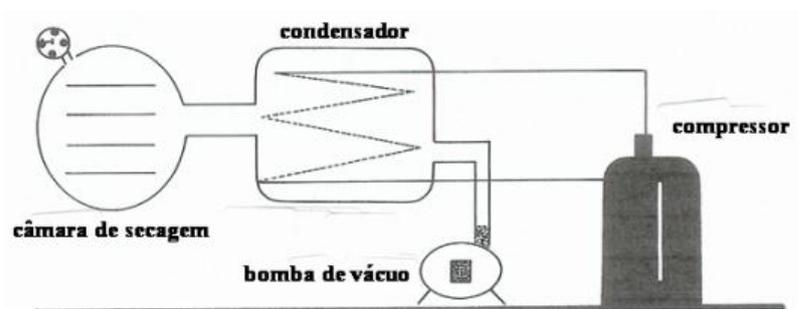


Figura 1: Esquema geral de um liofilizador

As condições de secagem são diferenciadas para cada alimento, mas a temperatura da superfície do alimento não deve ultrapassar os 60°C , por ser uma temperatura estipulada com a finalidade de evitar a desnaturação proteica. Na liofilização contínua, as bandejas com o alimento são colocadas em carros que entram e saem do secador mediante comportas de segurança, uma pilha de bandejas, intercalada pelas placas de aquecimento, é movida sobre trilhos ao longo das zonas de aquecimento de uma longa câmara de vácuo. As temperaturas dos aquecedores e os tempos de permanência do produto em cada zona são pré-programados de acordo com o tipo e o volume do alimento (GARCIA, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Liofilização é um processo importante que pode ajudar a população manter uma dieta saudável durante os próximos anos. Como resultado da industrialização e da falta de tempo, as pessoas têm consumido produtos de preparo rápido e fácil, que embora estes sejam práticos, geralmente possuem muitas substâncias químicas em sua composição. De acordo com Ciurzynska & Lenart (2011), os produtos liofilizados têm sido utilizados também como um complemento para outros produtos como fonte de nutrientes, por exemplo, frutas desidratadas adicionadas a flocos, a barras de cereais, pães, biscoitos e bolos.

São exemplos de produtos liofilizados:

- a) Não-biológicos, onde o processo é usado para desidratar ou concentrar reativos ou substâncias químicas sensíveis ao calor;
- b) Bio-produtos não vivos, esta compreende a principal área de aplicação e inclui: - enzimas, hormônios, antibióticos, vitaminas, hemo-derivados, anticorpos, vacinas inativadas, etc. Este subgrupo também inclui fármacos que podem ser usados para diagnóstico e ação terapêutica; - ossos e outros tecidos do corpo para uso cirúrgico ou médico; - alimentos, onde propriedades organolépticas são importantes; bio-produtos úteis industrialmente.
- c) Organismos vivos, onde células reconstituídas depois da secagem devem poder crescer e multiplicar-se para produzir nova progênie. Exemplos incluem bactérias e fungos usados como culturas de semente ou vacinas viróticas atenuadas;
- d) Usos diversos: livros danificados por inundações, artefatos de museu, etc (AYROSA, 2011).

A oferta de frutas liofilizadas em supermercados tem sido cada vez maior, principalmente devido ao apelo nutricional que o mercado consumidor vem apresentando e à maior manutenção de nutrientes, qualidade sensorial e o aspecto do fruto desidratado são mais próximos aos do fruto *in natura*. Entre os alimentos vegetais que melhor se adaptam à liofilização, encontram-se: abacaxi, maracujá, morango, banana, suco de frutas, coco, legumes diversos, cogumelo, milho, alho, cebola. Entre os principais alimentos conservados por este processo Terroni (2011), destaca o café em pó, mariscos, carne, peixe, ervas aromáticas, frutas e hortaliças, cogumelos, alimentos infantis, preparações (café com leite, sopas), leite, queijo, iogurte, ovo, condimentos e extratos solúveis. Também são submetidas ao processo, dietas completas (também chamadas de rações).

Um estudo realizado na Universidade Federal do Rio Grande do Sul apresenta o rendimento de algumas frutas submetidas ao processo de liofilização:

- Manga - pacotes de 40 gramas da fruta liofilizada - equivale a 5 mangas médias *in natura*
- Banana - pacote de 40 gramas da fruta liofilizada - equivale a 3 bananas médias *in natura*
- Abacaxi - pacote de 40 gramas da fruta liofilizada-equivale a 1 abacaxi grande *in natura*
- Maçã - pacote de 40 gramas da fruta liofilizada - equivale a 5 maçãs médias *in natura*
- Caqui - pacote de 40 gramas da fruta liofilizada - equivale a 5 caquis médios *in natura*

Os alimentos que passam pelo processo de liofilização apresentam alta retenção das características sensoriais e da qualidade nutricional, apresentam uma vida de prateleira maior quando corretamente embalados, dependendo do alimento é possível à permanência em temperatura ambiente. Os compostos aromáticos voláteis não são absorvidos pelo vapor d'água e ficam presos na matriz do alimento, sendo possível uma retenção de 80 a 100 % do aroma do alimento. Ainda, possibilitam maior facilidade no transporte, devido à leveza e por não necessitarem de refrigeração, acarretando um menor custo no transporte (EVANGELISTA, 2005).

As bactérias não são exterminadas por este tipo de secagem, mas sua proliferação não é possível no material seco. Após a secagem, as atividades das enzimas são inativadas porque não há água no meio e as reações químicas oxidativas ou não-oxidativas ocorrem em pequena quantidade, trazendo um resultado satisfatório. Como Yurdugül (2008) tem mostrado através de experimentos usando morangos alpinos, eliminando a atividade de água por liofilização completamente exclui microbiana crescer. A análise revelou que os ácidos fenólicos e substâncias aromáticas são resistentes a liofilização e que não havia nenhuma diferença entre morangos alpinos frescos e liofilizados sobre a qualidade nutricional. A extensão do período de vida útil dos frutos foi fornecida por experiências repetidas após um e dois anos. Ele observa que: "Estas propriedades podem permitir que os morangos alpinos para ser utilizado como corante alimentar natural e antioxidante no futuro" (Yurdugül, 2008).

Outras vantagens conhecidas do processo de liofilização são:

- Conservação do alimento: que se da pela eliminação da atividade de água no alimento;
- Facilidade no transporte: pela redução do tamanho e do peso do produto;
- A leveza adquirida pela remoção da água;

- Produtos com estrutura inalterada, fáceis de transformar em pó e dissolver, fáceis de reidratar;
- Reduzidas alterações nos nutrientes, cor, aroma e gosto (alimentos) e mínima perda de atividade em materiais sensíveis ao calor (micro-organismos);
- Produtos com melhor qualidade quando comparados com os mesmos produtos desidratados por outros métodos;
- Produtos 100% naturais, pois o processo dispensa o uso de agentes conservadores e outros aditivos;
- Processo na ausência de oxigênio, prevenindo contra as reações oxidativas;
- Forma e textura muito similares à original;
- Aumento na digestibilidade dos alimentos, devido à mudança nas estruturas quaternárias e terciárias das proteínas;
- Longo shelf-life (vida de prateleira), em geral acima de 12 meses;
- Produtos com vasta aplicação, possibilitando a criação de novos produtos que vão de encontro com as expectativas do consumidor, na busca por alimentos saudáveis, naturais, saborosos, de alto valor nutricional e de fácil preparo (LIOTECNICA, 2011).

Como todo processo, a liofilização também tem suas desvantagens, o equipamento que possibilita a operação é caro, o que torna alto o custo inicial do processo. É um processo lento e dispendioso, podendo demorar até 48 horas, dependendo do tamanho do lote e das unidades a serem liofilizadas, aumentando o custo do processo;

- Produtos com alto índice higroscópico e de fragilidade - devem ser cuidadosamente embalados e armazenados;
- Os alimentos desidratados porosos são mais suscetíveis às reações de oxidação (de lipídeos, pigmentos, vitaminas e substâncias aromáticas) o que limita sua conservação, por isso é aconselhável o acondicionamento no vácuo, em atmosferas inertes (embalados com nitrogênio), embalagens impermeáveis ao oxigênio e opacas;
- A porosidade, a solubilidade e o grau de secagem fazem com que o material seja muito higroscópico;
- É um processo lento e dispendioso, podendo demorar até 48 horas, dependendo do tamanho do lote e das unidades a serem liofilizadas, aumentando o custo do processo;
- Equipamento muito caro (3 vezes mais que em outros métodos de secagem);

- Alto custo energético (2 a 3 vezes mais que em outros métodos de secagem) (MUNDO EDUCAÇÃO, 2011).

Pode ocorrer a desnaturação de proteínas, perda de compostos voláteis, formação das camadas duras e impermeáveis na superfície, e o produto pode apresentar dificuldade de reidratação posterior devido aos fatores anteriormente citados; (GAVA, 2009). Os produtos com alto índice higroscópico e de fragilidade devem ser cuidadosamente embalados e armazenados.

CONCLUSÃO

Embora o processo de liofilização requeira relativamente altos investimentos, a liofilização é uma técnica muito superior de conservação que as demais, por preservar as características do produto de modo particular, apresentando ótimas características sensoriais similares as do produto *in natura*, fato que nem sempre acontece nas demais técnicas de desidratação de produtos. O processo também reduz em níveis significantes a decomposição térmica e a perda de voláteis, preservando deste modo as características essenciais de um alimento. Além disso, tem havido uma crescente demanda por alimentos mais naturais que apresentem um alto índice de nutrientes e não utilizem compostos químicos em suas composições, induzindo as empresas do ramo alimentício a procurar por novos métodos para a obtenção desses produtos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYROSA, A. M. I. B. Liofilização Ciência ou Arte?. Disponível em: <http://www.fAAP.br/revista_faap/engenharia/ped/44_parte_02.pdf>. Acesso em 03 mai. 2016.
- BOSS, E. A. **Modelagem e otimização do processo de liofilização: aplicação para leite desnatado e café solúvel**. 2004. 129 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química)-Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.
- CIURZYŃSKA, A. AND LENART, A. (2011) 'Freeze-Drying - Application in Food Processing and Biotechnology - A Review', *Polish Journal Of Food & Nutrition Sciences*, 61 (3): 165-171.
- EVANGELISTA, J. Tecnologia de alimentos. 2ed. São Paulo: Atheneu, 284 2005. 652p.
- FELLOWS, P. J. (2009) '*Food Processing Technology: Principles and practice*' 3rd ed. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- GARCIA, L. P. Liofilização aplicada a alimentos. 2009. 45p. Trabalho Acadêmico (Graduação Bacharelado em Química de Alimentos) - Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS, 2009.

GAVA, Altanir Jaime; SILVA, Carlos Alberto Bento da; FRIAS, Jenifer Ribeiro Gava. 319-320p. Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações. São Paulo: Nobel, 2009.

HAMMAMI, C., AND RENÉ, F. (1997) ‘Determination of Freeze-drying Process Variables for Strawberries’, *International Journal Of Food Science & Technology*, 32: 133-154.

HAMMAMI, C., RENÉ, F., AND MARIN, M. (1999) ‘Process–quality optimization of the vacuum freeze-drying of apple slices by the response surface method’, *International Journal of Food Science and Technology*, 34: 145–160.

LIAPIS, A. I., MILLMAN, M.J., MARCHELLO, J.M. An Analysis of the Lyophilization Process Using a Sorption-Sublimation Model and Various Operational Policies. **AIChE Journal**. Missouri, v.31, n. 10, p. 1594-1604, Oct 1985.

Liofilização. Disponível em:
<http://www.ufrgs.br/alimentus1/objetos/veg_desidratados/secagem_liofiliza%C3%A7%C3%A3o.html>. Acesso em 03 mai. 2016.

MARQUES, L. G. Liofilização de frutas tropicais. 2008. 255p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, SP, 2008.

MUNDO EDUCAÇÃO. Disponível em: <<http://www.mundoeducacao.com.br/quimica/liofilizacao-alimentosdesidratados.htm>>. Acesso em 03 mai. 2016.

NETO, H. J. L. Obtenção do tomate seco através do uso de um sistema solar alternativo de baixo custo. 2008. 42 f. Tese (Mestrado em Engenharia mecânica) – Programa de Pós- Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio grande de Norte, Natal.

ORDÓÑEZ, J. A. Tecnologia de alimentos: Componentes dos alimentos e processos. Porto Alegre: Artmed, v. 1, 2005. 294p.

RODRIGUES, I. Engenharia Alimentar Processamento Geral de Alimentos “Liofilização”, 2008. Disponível em: <http://www.esac.pt/noronha>. Acesso em 03 mai. 2016.

TERRONI. Disponível em:< www.terroni.com.br>. Acesso em 03 mai. 2016.

TERRONI HC, DE JESUS JM, ARTUZO LT, VENTURA LV, SANTOS RF, DAMYBENEDETTI P. Liofilização. Rev Cient Unilago, v.1, p.271-284, 2011.

Yurdugül, S. (2008) ‘An evaluation of the retention of quality characteristics in fresh and freeze-dried alpine strawberries’, *International Journal Of Food Science & Technology*, 43 (5): 865-870.



(83) 3322.3222
contato@conapesc.com.br
www.conapesc.com.br