

AUTORES

Henrique Cesar TERRONI
Jéssika Menichelli DE JESUS
Loredana Thaessa ARTUZO
Lucina Valiante VENTURA
Roseli Fernandes SANTOS
Discentes UNILAGO

Patrícia de C. DAMY-BENEDETTI
Docente UNILAGO

RESUMO

Liofilização é uma tecnologia de secagem que constitui na remoção da água através da sublimação. Ocorre quando o alimento congelado, isto é, quando todo o seu conteúdo de água está na forma de gelo, é submetido a condições de pressões muito baixas. O produto é colocado em câmaras herméticas, o ar de dentro é removido através de bombas de alto vácuo, criando a condição para que ocorra a sublimação da água. A água passa de seu estado sólido para o gasoso a temperaturas muito baixas e sem a presença de oxigênio, fatores muito favoráveis para a preservação das características nutricionais de um alimento. 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. Praticada em pequena escala no Brasil há mais de dez anos, passa agora para a produção de alimentos disponíveis em supermercados, como frutas, legumes e verduras, carnes, sopas, sucos em pó, etc. O presente trabalho tem como objetivo explicar o conceito, processamento, aplicações, equipamentos, vantagens e desvantagens da Liofilização.

PALAVRAS-CHAVE

liofilização, processamento, produtos liofilizados

1. INTRODUÇÃO

Liofilização é um processo de estabilização, no qual uma substância é previamente congelada e então a quantidade de solvente (geralmente água) é reduzida, primeiro por sublimação e posteriormente por dessorção, para valores tais que impeçam atividade biológica e reações químicas; e passam pelos processos de congelamento inicial, secagem primária e secagem secundária (MARQUES, 2008)

De acordo com Baruffaldi e Oliveira (1998) o termo “liófilo” significa amigo do solvente, o que define com fidelidade as características dos produtos liofilizados: altamente higroscópicos e de fácil dissolução na água.

Historicamente, o primeiro produto liofilizado, de forma adequada, foi o vírus da raiva, em 1911. Hoje em dia, são rotineiramente liofilizadas grandes variedades de substâncias, tais como: alimentos, antibióticos, anticoagulantes, bactérias, vírus, enzimas, hormônios e frações de sangue.

Na área de alimentos, podemos citar como exemplo de produtos que passam pelo processo de liofilização: matérias-primas alimentares, bebidas, bem como alimentos prontos.

Durante a Segunda Guerra mundial a liofilização em alimentos ganhou um grande impulso, devido ao fato de que neste período desenvolveram-se muitos estudos sobre o processamento de alimentos liofilizados e suas condições.

Sem dúvida, o maior destaque foi durante o programa Apollo da NASA, que impulsionou as pesquisas básicas para elucidação dos mecanismos de liofilização de alimentos. Os produtos tecnológicos existentes atualmente foram desenvolvidos a partir dos fundamentos adquiridos nestas pesquisas.

O processo de liofilização se mostra eficiente 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 (GARCIA, 2009).

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 seca-

gem. Além disso, muitas considerações tratam o processo como uma arte ao invés de uma ciência (AYROSA, 2011).

Cada produto tem suas particularidades e, portanto, cada ciclo de liofilização é único. Talvez resida nesse ponto o fato que torna o processo de liofilização uma operação unitária tão instigante que o faz parecer uma arte.

2. FUNDAMENTOS E ETAPAS DA LIOFILIZAÇÃO

A liofilização também denominada por outras nomenclaturas como criodesidratação ou criosecação, é um processo diferenciado de desidratação de produtos, pois ocorre em condições especiais de pressão e temperatura, possibilitando que a água previamente congelada (estado sólido) passe diretamente ao estado gasoso (sem passar pelo estado líquido), ou seja, a mudança de estado físico ocorre por sublimação (GARCIA, 2009).

O desempenho da liofilização depende significativamente do processo de congelamento. Nesta fase, o produto a ser processado é congelado por exposição a temperaturas inferiores ao seu ponto de congelamento.

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).

2.1 Etapas da Liofilização:

O passo prévio a liofilização é o congelamento dos alimentos, a fim de transformar as soluções aquosas dos alimentos em uma mistura de duas fases sendo uma constituída por cristais de gelo e a outra pela solução concentrada dos solutos. O congelamento pode ser realizado

a parte ou no próprio recinto do liofilizador. O tipo e a velocidade de congelamento têm grande efeito na estrutura final do alimento, porque a distribuição dos poros no alimento depende do tamanho e da localização dos cristais de gelo formados. As condições mais adequadas para o congelamento dependem das características particulares do alimento a ser liofilizado. Ao liofilizar, se houver a formação de cristais de gelo grandes, com geração de uma rede cristalina, tem-se uma boa estrutura porosa, que facilitará o escape de vapor d'água durante a liofilização, bem como a entrada da água em sua posterior reidratação. Ao longo da secagem por liofilização distinguem-se duas etapas: desidratação primária, onde ocorre a maior retirada do conteúdo de água e secundária, que visa retirar uma certa quantia da água ligada (RODRIGUES, 2011).

2.1.1. Congelamento do produto:

Ao se congelar uma solução, a água transforma-se em gelo num grau variado, porém de alta pureza. Logo, os constituintes não aquosos são concentrados em uma pequena quantidade de água. Como resultado do congelamento, pode ocorrer a formação de misturas eutéticas (temperatura de fusão dos componentes da mistura se torna a mesma e não ocorre modificações na composição) ou precipitados amorfos, ainda pode acontecer a desidratação do material insolúvel, assim como a coalescência de gotas de líquidos imiscíveis. A intensidade das alterações varia conforme o alimento e a taxa de congelamento (BARUFFALDI; OLIVEIRA, 1998).

2.1.2. Desidratação primária:

Na secagem primária a água é removida por sublimação que ocorre sob vácuo e com a adição de calor. 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 ambi-

ente ou pela observação visual quando desaparece a interface entre camada seca e camada congelada (ORDÓÑEZ, 2005).

2.1.3. Desidratação secundária:

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 a 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. Outra possibilidade é a finalização através de outro método de secagem, em decorrência dos elevados custos do processo de liofilização. 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).

3. APLICAÇÕES

Cada vez mais as indústrias alimentícias vêm se adequando à crescente exigência do consumidor moderno. Produtos artificiais, aromas, fragrâncias e sabores sintéticos estão sendo substituídas por produtos naturais de qualidade pelas mais variadas empresas que se preocupam também com o bem estar de todos. Nesta linha de pensamento, os produtos naturais desidratados por liofilização estão atualmente ocupando o mais alto patamar de qualidade e praticidade nos meios industriais, substituindo com vantagens na praticidade os produtos “in natura” e em qualidade, os produtos sintéticos (EBLSA, 2011).

Exemplos de produtos liofilizados:

a) Não-biológicos, onde o processo é usado para desidratar ou concentrar reativos ou substâncias químicas sensíveis ao calor;

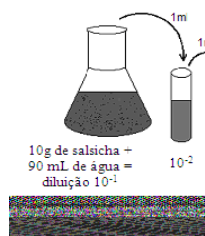
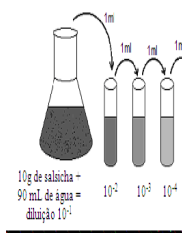
b) Bio-produtos não vivos, esta compreende a principal área de aplicação e inclui:

- 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).

Entre os produtos alimentícios que são conservados por liofilização destacam-se café em pó, mariscos, carne, peixe, ervas aromáticas, frutas e hortaliças (morangos, framboesas, aspargos), 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) onde podem se incluir refeições pré-cozidas para o uso militar, viagens espaciais e expedições e esportes específicos.



Dentre os principais produtos destacam-se os seguintes alimentos:

3.1 Aloe vera

A Aloe vera, conhecida popularmente no Brasil como Babosa e em Portugal como Aloés, é uma espécie de planta do gênero Aloe, nativa do norte de África. A Aloe vera liofilizada aos poucos vem ganhando espaço nos mercados que exige mais qualidade, principalmente o alimentício. Análises de Aloe vera liofilizada reportadas, revelam altos índices de potássio (~6,6%) e cálcio (~4,7%); além de magnésio (0,7%) e sódio (0,2%). Pelo seu alto valor nutricional e terapêutico, a Aloe vera já faz parte de inúmeras formulações como: sucos diferenciados em valores nutricionais; tônicos energéticos; iogurtes; fitoterápicos e aditivos (EBSLA, 2011).

3.2 Frutas Liofilizadas

A venda de frutas processadas no mercado nacional e internacional vem aumentando devido à melhoria na qualidade dos produtos ofertados, da facilidade para adquirir produtos prontos para o consumo e o fato de ampliar a preservação e a disponibilidade de commodities sazonais. Além do valor comercial agregado às frutas, a secagem reduz o desperdício e as perdas pós-colheita. A liofilização é o melhor método de secagem para materiais termosensíveis e para a obtenção de produtos desidratados com elevada qualidade. Conseqüentemente, ela tem sido empregada, principalmente, na desidratação de materiais com elevado custo comercial como as frutas tropicais. As frutas liofilizadas são usadas na preparação de sucos naturais substituindo as polpas congeladas; como sabores e aromas naturais para bebidas; fitoterápicos em cápsulas ou em barras vegetais; em iogurtes, bolos e sorvetes; mix práticos para viagens e passeios ecológicos e também como produtos cosméticos.

3.3 Legumes e hortaliças liofilizadas

Os legumes e hortaliças são alimentos perecíveis, estragam facil-

mente e apresentam altos índices de perdas pós-colheita. Neste sentido, a liofilização demonstra ser uma técnica viável para aproveitar o excedente da produção, disponibilizando para o mercado consumidor, produtos estáveis e seguros. Os legumes e hortaliças liofilizadas dão origem a inúmeros produtos, alguns deles de elevado consumo no Brasil como mix para sopas, temperos práticos, corantes naturais, produtos cosméticos, fitoterápicos em cápsulas e mastigáveis, molhos prontos ou semi-prontos e aditivos nutricionais.

3.4 Café solúvel

O processo de liofilização do café foi desenvolvido para melhorar a qualidade do café solúvel. A liofilização é o modo mais avançado de desidratação. O produto reterá seu aroma devido às baixas temperaturas (debaixo de -20°C) e há ausência de ar secante durante o processo secante. O processo completo inclui: Cristalização, Granulação e Secagem a frio

Quando se trabalha com extrato de alta concentração, a velocidade de esfriamento do extrato é importante. No caso de congelamento lento, os cristais de gelo crescerão e formarão cristais relativamente grandes o que é essencial para controle de cor como também para a solubilidade do produto final. Os preços de mercado do café liofilizado dependem altamente da qualidade. Os preços mais altos são obtidos de misturas da variedade arábica (REVISTA CAFEICULTURA, 2011).

3.5 Leite Materno

O uso da tecnologia da liofilização é um processo confiável de conservação de produtos biológicos, sendo isento de conservantes ou produtos químicos.

Na liofilização, o leite humano é congelado em temperaturas inferiores a -20°C e submetido à baixa pressão (alto vácuo), fazendo com que a água dos produtos que foi transformada em gelo, sublima, ou seja, passe diretamente do estado sólido para o gasoso. O resultado final é um produto com uma estrutura porosa livre de umidade e capaz de ser reconstituído pela simples adição de água. Desta forma, os produtos liofilizados não sofrem alterações de tamanho, textura, cor,

sabor, aroma, teor de vitaminas, sais minerais, proteínas, etc. e, quando conservados adequadamente, mesmo a temperatura ambiente, resiste intacto por muitos anos. A legislação brasileira permite dois anos de validade. Produtos liofilizados têm baixo peso, pois a maioria dos produtos naturais possui muita água, se conservam mesmo a temperatura ambiente e, quando reconstituídos retornam suas propriedades originais como nenhum outro produto desidratado (MARTINS et al., 2011)

4. EQUIPAMENTOS DE LIOFILIZAÇÃO

Os liofilizadores constituem-se basicamente pelos elementos: câmara de vácuo, fonte de calor, condensador e bomba de vácuo. A câmara de vácuo (onde o alimento fica contido) tem por objetivo diminuir a pressão, para que não ocorra fusão do gelo, esta pode ser de forma retangular, que permite o aproveitamento do espaço inteiro mais facilmente, ou pode ser cilíndrica, que apresenta uma maior resistência à pressão. A fonte de calor tem a finalidade de suprir calor latente de sublimação. O condensador é formado por serpentinas de refrigeração que transformam os vapores diretamente em gelo (executando a chamada sublimação inversa), este é adaptado com dispositivos automáticos de descongelamento a fim de manter área máxima de serpentina livre para que haja uma maior eficiência do processo; tendo em vista que a maior parte do consumo de energia ocorre na refrigeração dos condensadores, estes dispositivos proporcionam economia na liofilização. A bomba de vácuo tem a finalidade de remover os vapores não condensáveis.

Existem diversos tipos de liofilizadores, diferenciando-se em detrimento do modo como se proporciona calor para a superfície do alimento. Os tipos que utilizam condução e radiação são utilizados comercialmente e atualmente, também se utiliza a liofilização por microondas. Cada um destes tipos de secadores 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. 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 protéica. 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, sendo utilizados microprocessadores para este monitoramento assim como para o controle do tempo do processo, temperatura, pressão da câmara e a temperatura na superfície do alimento. Atualmente, já existem outros equipamentos onde se dispensa a utilização de bandejas e o alimento move-se no liofilizador por meio de esteiras rolantes, bases fluidizadas ou por atomização (GARCIA, 2009).

Exemplos de liofilizadores

LIOFILIZADORES DE BANCADA



LIOFILIZADORES SEMI-INDUSTRIAL





5. VANTAGENS E DESVANTAGENS DA LIOFILIZAÇÃO:

Os alimentos que passam pelo processo de liofilização apresentam alta retenção das características sensoriais e qualidade nutricional, apresentam uma vida de prateleira maior quando corretamente embalados, dependendo do alimento é possível a 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).

5.1- Vantagens:

- Mantém propriedades nutritivas do alimento: isso é possível porque a liofilização não rompe as membranas das células de proteínas e vitaminas;
- Conservação do alimento: a retirada de água faz com que ele se conserve por mais tempo. Alimentos se estragam pela presença de bactérias que necessitam de água para sobreviverem, ausência de água implica também em extinção de micro-organismos indesejáveis;
- Facilidade no transporte: essa é a vantagem que chamou a atenção de Missões espaciais. Alimentos desidratados são usados para alimentar astronautas, o espaço limitado dentro das naves espa-

ciais fez deste alimento uma solução;

- A leveza adquirida pela remoção da água faz dos alimentos desidratados a melhor opção para suprimentos de militares e de acampantes;

- 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 liofilizados têm melhor qualidade que os mesmos produtos desidratados por outros métodos;

- Processo não poluidor, água residual baixa (1 a 3%), fácil de armazenar e de transportar;

- Produtos com estrutura inalterada, fáceis de transformar em pó e de

dissolver, fáceis de (re)hidratar (MUNDO EDUCAÇÃO, 2011);

- 100% Natural, 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. Após a retirada de água ocorre mudança nestas estruturas devido à exposição das partes hidrofóbicas da proteína, antes protegidas no interior das estruturas terciárias e quaternárias, em função da não afinidade com a água

- Adequada a alimentos originalmente na forma de pedaços, pasta ou xarope. A forma do produto final pode se adaptar de acordo com a aplicação a que se destina (pedaços, fatias, cubos, granulados, pós);

- Longo shelf life (vida-de prateleira), em geral acima de 12 meses;

- Como ingrediente, vasta aplicação, possibilitando a criação de 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).

5.2 Desvantagens:

- Produtos com facilidade de hidratar e frágeis pelo que devem ser cuidadosamente embalados e armazenados;
- Os alimentos desidratados porosos são mais suscetíveis as 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;
- O processo é lento, 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);
- Custo energético muito caro (2 a 3 vezes mais que em outros métodos de secagem) (MUNDO EDUCAÇÃO, 2011).

6. CONCLUSÃO

A liofilização é uma técnica muito superior de conservação que as demais, por preservar as características do produto de modo particular, fato que nem sempre acontece nas demais técnicas. A decomposição térmica e perda de voláteis são reduzidas significativamente, preservando assim características essenciais de um alimento.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYROSA, A. M. I. B. Liofilização Ciência ou Arte?. Disponível em: <www.fAAP.br/revista_faap/engenharia>. Acesso em 20 mar. 2011.

BARUFFALDI, R., OLIVEIRA, M. N. Fundamentos de tecnologia de alimentos. São Paulo: Atheneu, 1998. 317p.

EBLSA. Aplicação de produtos liofilizados na indústria. Disponível em: <<http://www.eblsa.com.br>>. Acesso em: 02 ago. 2011.

EVANGELISTA, J. Tecnologia de alimentos. 2ed. São Paulo: Atheneu,

2005. 652p.

GARCIA, L. P. Liofilização aplicada a alimentos. 2009. 45p. Trabalho Acadêmico (Graduação Bacharelado em Química de Alimentos) - Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS, 2009

LIOTECNICA. Disponível em:

<<http://www.liotecnica.com.br>>. Acesso em: 02 ago. 2011.

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

MARTINS et al. Liofilização como alternativa para conservação do leite humano. J Health Sci Inst. v. 29, n. 2, p. 119-22, 2011.

MUNDO EDUCAÇÃO. Disponível em:

<<http://www.mundoeducacao.com.br/quimica/liofilizacao-alimentos-desidratados.htm>>. Acesso em: 15 mai. 2011.

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

REVISTA CAFEICULTURA. Como é o Processamento do Café Solúvel. Disponível em: <<http://www.revistacafeicultura.com.br>>. Acesso em: 20 set. 2011.

RODRIGUES, I. Engenharia Alimentar Processamento Geral de Alimentos “Liofilização”, 2008. Disponível em: <<http://www.esac.pt/noronha>>. Acesso em: 20 jun. 2011.

TERRONI. Disponível em:

<<http://www.terroni.com.br>>. Acesso em: 13 abr. 2011.