

Liofilização: as vantagens dos pré-tratamentos emergentes

FREEZE-DRYING: THE ADVANTAGES OF EMERGING PRE-TREATMENTS



RESUMO

Alimentos perecíveis, como as frutas e vegetais, são propensos a reações bioquímicas e ao crescimento microbiológico devido à elevada atividade de água que possuem. A desidratação é um método eficaz para estabilizar esses alimentos, garantindo assim a segurança alimentar e diminuindo o desperdício alimentar. Destaca-se entre os processos de desidratação, a liofilização, uma tecnologia não térmica com maior capacidade de preservar nutrientes sensíveis ao calor e manter as características organolépticas do alimento. Contudo, a implementação industrial da liofilização enfrenta desafios devido ao seu elevado tempo de processamento e ao maior consumo de energia em comparação com a desidratação convencional. Neste âmbito, a aplicação de pré-tratamentos emergentes, como os campos elétricos pulsados, ultrassons e as altas pressões hidrostáticas, oferecem melhorias significativas no tempo de liofilização e nas características do alimento. A introdução destes processos inovadores pode facilitar a implementação industrial através da redução de custos e do aumento da aceitabilidade por parte do consumidor.

Palavras-chave: liofilização; PEF; altas pressões hidrostáticas; ultrassons; tecnologias emergentes.

ABSTRACT

Perishable foods such as fruit and vegetables are prone to biochemical reactions and microbiological growth due to their high water activity. Dehydration is an effective method for stabilising these foods, thus guaranteeing food safety and reducing food waste. One dehydration process that stands out is freeze-drying, a non-thermal technology with a greater capacity to preserve heat-sensitive nutrients and maintain the organoleptic characteristics of the food. However, the industrial implementation of freeze-drying faces challenges due to its high processing time and higher energy consumption compared to conventional dehydration. In this context, the application of emerging pre-treatments, such as pulsed electric fields, ultrasound and high hydrostatic pressures, offer significant improvements in freeze-drying time and food characteristics. The introduction of these innovative processes can facilitate industrial implementation by reducing costs and increasing consumer acceptability.

Keywords: freeze-drying; PEF; high hydrostatic pressures; ultrasound; emerging technologies.

CONTEXTUALIZAÇÃO

Os alimentos perecíveis, como os frutos e os vegetais, possuem geralmente valores elevados de atividade de água (a_w), o que favorece as reações bioquímicas e o crescimento microbiológico. Estes efeitos podem provocar alterações organolépticas indesejáveis no produto e por em causa

a segurança alimentar, inviabilizando o seu consumo (Fissore e Velardi, 2012; Orphanides *et al.*, 2016). Por esta razão, os alimentos perecíveis são os principais contribuintes do desperdício alimentar que se evidencia atualmente. Torna-se assim fundamental diminuir a suscetibilidade deste tipo de alimentos, de forma a evitar quebras de stock nas indústrias e nas residências familiares.

Um dos processos mais utilizados para a estabilização dos alimentos perecíveis é a desidratação. Este processo consiste em reduzir o teor de água do produto até que o mesmo atinja um nível seguro, podendo ser aplicada para garantir a qualidade microbiológica e físico-química do produto a ser armazenado durante um determinado período de tempo (Santos *et al.*, 2019). O processo de desidratação atribui propriedades atraentes comparativamente a outra tecnologia de conservação uma vez que, apresenta uma excelente estabilidade à temperatura ambiente, ampla versatilidade de processo e produto e um impacto considerável na diferenciação do produto.

«A velocidade de arrefecimento é crucial no desenvolvimento dos cristais, velocidades mais elevadas produzem cristais de gelo mais pequenos e, conseqüentemente, os danos nas estruturas biológicas são menores»

Para além da estabilização do produto, é importante para o consumidor manter a qualidade organoléptica e nutricional do alimento desidratado. Neste âmbito a liofilização é tida como processo de desidratação com maior potencial de providenciar co melhores características organolépticas e nutricionais quando comparado com outros tipo de desidratação, como por exemplo a desidratação por ar quente.

Nesta análise aborda-se o processo de liofilização assistida por pré-tratamentos

Patrícia Antunes
Diogo Gonçalves
Enrique Pino-Hernández
Sara Dias
Telma Orvalho
Marco Alves*

INOVLINIA – Agri-food Technology
Transfer and Valorization Center,
TAGUSVALLEY – Science
and Technology Park

* marco_alves@tagusvalley.pt

que permitem acrescentar valor através da otimização energética do processo e da melhoria das características nutricionais e físico-químicas do produto final.

LIOFILIZAÇÃO

A liofilização (**Figura 1**) é um processo de desidratação sem utilização de altas temperaturas, em que a água congelada do alimento, sob determinadas condições de pressão, é removida sob a forma de vapor de água sem passar pelo estado líquido (Berk, 2018; Fellows, 2017). O processo por ser dividido em três etapas, que consistem no congelamento do produto, secagem primária e secagem secundária (Haseley e Oetjen, 2018). As três etapas ocorrem faseadamente dentro do liofilizador (**Figura 2**).

«No caso da cenoura e de brócolos, após a sua desidratação por liofilização os carotenos e o ácido ascórbico foram respetivamente 573% e 297% mais elevados, quando comparado à desidratação por ar quente»

Durante a etapa de congelamento, o produto, geralmente sob pressão atmosférica, é arrefecido até a maior parte da água esteja na forma de microcristais de gelo. A velocidade de arrefecimento é crucial no desenvolvimento dos cristais, velocidades mais elevadas produzem cristais de gelo mais pequenos e, consequentemente, os danos nas estruturas biológicas são menores.

Na etapa de secagem primária, a água congelada é retirada por sublimação. Para que esse processo ocorra, é necessário que a pressão de vapor e a temperatura na câmara estejam abaixo do ponto triplo da água. Esta etapa é responsável pela remoção da maior parte da água presente no alimento.

Na última etapa, que consiste na secagem secundária, a água não congelada ligada à estrutura do produto é removida por dessorção, até valores de a_w que mantenham o produto estável (Berk, 2018; Fellows, 2017; Morais *et al.*, 2016). A liofilização é indicada para a desidratação de alimentos que contenham quantidades consideráveis de antioxidantes sensíveis ao calor, como tocoferóis, ácido ascórbico, carotenoides e compostos fenólicos. Vários estudos realizados a

legumes e frutas concluíram que a liofilização é o método que melhor conserva os micronutrientes sensíveis ao calor, como os carotenos e o ácido ascórbico (Shams *et al.*). No caso da cenoura e de brócolos, após a sua desidratação por liofilização os carotenos e o ácido ascórbico foram respetivamente 573% e 297% mais elevados, quando comparado à desidratação por ar quente (Mohammadi *et al.*, 2020).

Em relação às características organolépticas a liofilização é o método de desidratação que consegue atingir o mais alto padrão de qualidade no produto seco quanto à cor, sabor e textura, sendo estas características mais aproximadas às verificadas no produto em fresco.

Apesar das diversas vantagens da liofilização, existem diversos desafios na implementação deste processo a nível industrial. Comparativamente à desidratação convencional a liofilização é usualmente um processo mais prolongado, o que implica maiores custos energéticos por e menor a capacidade produtiva, afetando assim a sustentabilidade ambiental e financeira da produção (Shopian *et al.*, 2011).

PRÉ-TRATAMENTOS

Campos elétricos pulsados

A aplicação de campos elétricos pulsados (PEF), presente na **Figura 3**, é uma tecnologia não térmica com grande potencial como pré-tratamento na desidratação dos alimentos (Ghosh *et al.*, 2020). Nos últimos anos realizaram-se vários trabalhos com o objetivo de se estudar os efeitos do PEF na liofilização. Lammerskitten *et al.* (2019), estudaram a influência da utilização do PEF e da liofilização na desidratação de maçãs e descobriram que este método de pré-tratamento reduziu o tempo de liofilização em cerca de 25% e aumentou a capacidade de reidratação de maçãs liofilizadas. De forma similar, Wu e Guo (2020), evidenciaram que o PEF reduziu o tempo de liofilização em 23% na mesma matriz alimentar. Também, Parniakov *et al.* (2016), observaram que a realização de um pré-tratamento com PEF preservou a forma das maçãs liofilizadas e aumentou a sua porosidade em 86 vezes.

Num outro estudo, o PEF foi também utilizado como pré-tratamento em morangos e em pimento vermelho. Os autores verificaram que o PEF permitiu

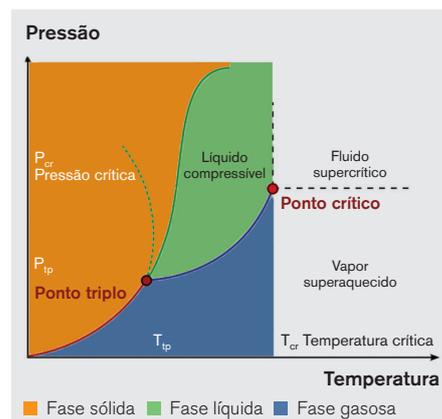


FIGURA 1. Esquema de um diagrama de fases da liofilização (adaptado de Papon *et al.*, 2002).



FIGURA 2. Liofilizador industrial do TAGUS-VALLEY com capacidade de 130 kg de gelo no condensador por ciclo.

aumentar a capacidade de reidratação do alimento seco até 50%, e que a firmeza diminui até 60% (Fauster *et al.*, 2020).

Ultrassons

Na indústria de alimentos, as ondas de ultrassom de baixa intensidade são utilizadas principalmente para caracterizar as propriedades dos materiais

alimentares (composição, estrutura, estado físico), para o controle do processo e detecção de corpos estranhos (Dolatowski *et al.*, 2007). Por outro lado, os ultrassons de alta intensidade (**Figura 4**) são utilizados no processamento de alimentos, como por exemplo: alteração de viscosidade, geração de emulsão, ruptura celular, dispersão de agregados, polimerização, desgaseificação de alimentos líquidos, extração de enzimas e

proteínas, inativação de microrganismos, corte, melhora do congelamento e descongelamento, cristalização, filtração, pasteurização e esterilização (Chemat *et al.*, 2011; Patist & Bates, 2008; Soria & Villamiel, 2010). O ultrassom oferece vantagens em termos de produtividade, rendimento e seletividade, com melhor tempo de processamento, melhor qualidade e riscos químicos e físicos reduzidos (Chemat *et al.*, 2011).

«Descobriram que para além de diminuir o tempo de secagem, o uso de ultrassons antes da liofilização aumentou a firmeza e diminui a fraturabilidade da matriz alimentar»

Xu *et al.* (2021), utilizaram os ultrassons como pré-tratamento da liofilização em quiabos e, verificaram que esta tecnologia permitiu uma maior retenção de compostos bioativos e uma redução no tempo de secagem. Merone *et al.* (2020), aplicaram ultrassons em maçãs, cenouras e beringelas, antes da liofilização, e observaram a combinação destes dois processos diminuíram em 50% o consumo de energia e em 70% o tempo de desidratação. Resultados semelhantes foram obtidos por outros grupos de investigadores com batata-doce. Descobriram que para além de diminuir o tempo de secagem, o uso de ultrassons antes da liofilização aumentou a firmeza e diminuiu a fraturabilidade da matriz alimentar.

«Constataram ainda, com a realização deste trabalho, que a aplicação de ultrassons aumentou o teor de β -caroteno de 22,7% para 32,0% e não provocou alterações nos parâmetros sensoriais do produto»

Colucci *et al.* (2018) estudaram o possível efeito destrutivo dos antioxidantes presentes nas beringelas. Verificam que este tratamento não afetou negativamente estas substâncias. Outros autores investigaram a influência de realizar pré-tratamentos com ultrassons na diminuição do tempo de liofilização em cenouras, e observaram que quanto maior for o tempo de aplicação de ultrassons no alimento, menor é o tempo de liofilização. Constataram ainda, com a realização deste trabalho, que a aplicação de ultrassons aumentou o teor de β -caroteno de 22,7% para 32,0% e não provocou alterações nos parâmetros sensoriais do produto (Fan *et al.*, 2020). Ren *et al.*, concluíram na investigação realizada que o pré-tratamento com ultrassons em cebolas liofilizadas aumentou os teores de fitoquímicos (de 1% para 20%) e a atividade antioxidante. Num outro projeto realizado, foi analisado o efeito nas propriedades funcionais da fibra da casca da laranja, aplicando um tratamento com ultrassons antes da liofilização, e

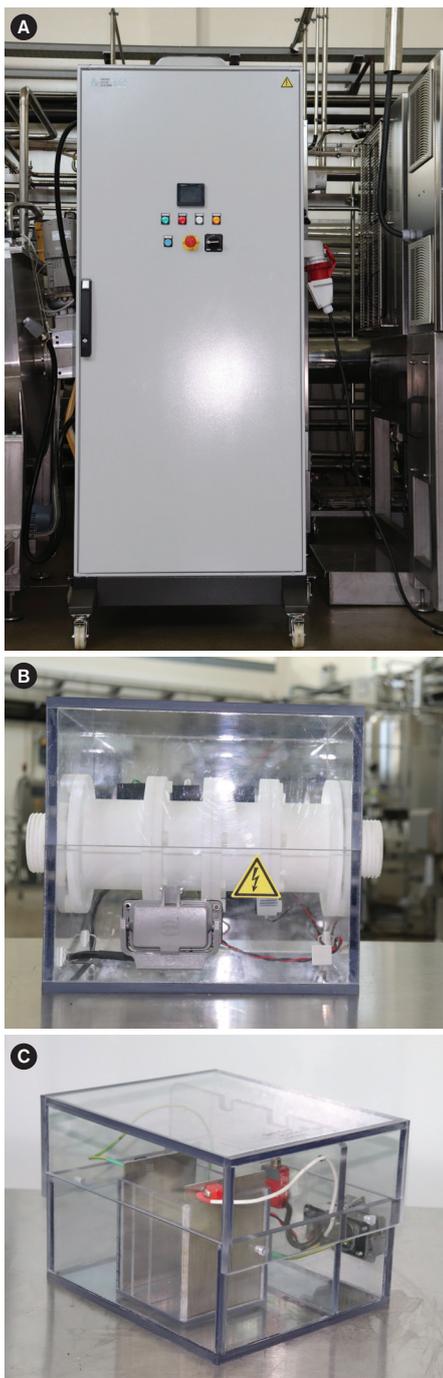


FIGURA 3. Campos elétricos pulsados do TAGUSVALLEY: Gerador de campos elétricos pulsados (A) com duas células de processamento contínua (B) e em *batch* (C).



FIGURA 4. Sonda de ultrassons de alta intensidade do TAGUSVALLEY, com frequência fixa de 20 kHz e uma potência máxima de 1500W, em *batch* ou em contínuo.



FIGURA 5. Equipamento de altas pressões hidroestáticas do TAGUSVALLEY com capacidade de 6 litros por ciclo e pressões até 600 Mpa.

concluíram que este pré-tratamento permite reduzir significativamente o tempo de secagem (57%) e aumentar a retenção de fenólicos totais (Mello *et al.*, 2020).

«Este processo consiste em submeter o alimento sólido ou líquido, embalado ou não, a altas pressões que podem variar de 100 a 800 MPa»

Yildiz & Izli (2019) usaram a tecnologia de ultrassons em fatias de marmelo, como tratamento antes da liofilização e, verificaram que ocorreu diminuição em 30% nas taxas de contração e dureza do fruto, mas a taxa de reidratação aumentou em cerca de 50%. É importante realçar que a percentagem de fenólicos totais e a atividade antioxidante do marmelo liofilizado, foram superiores quando se usou os ultrassons como pré-tratamento. As fatias de marmelo com melhor qualidade foram obtidas com 20 minutos de ultrassons.

Alta Pressão Hidrostática

A alta pressão hidrostática (do inglês HPP – *High Pressure Processing*) é um método não térmico de conservação de alimentos. Este processo consiste em submeter o alimento sólido ou líquido, embalado ou não, a altas pressões que podem variar de 100 a 800 MPa. A tecnologia HPP (Figura 5) tem a capacidade de destruir microrganismos indesejáveis nos alimentos, de forma a aumentar a sua vida útil, dando primazia à segurança, mas deixa intactos as vitaminas e os compostos de baixo peso molecular (Garriga *et al.*, 2003; Norton & Sun, 2008). O processo é realizado a temperatura ambiente o que possibilita a conservação dos parâmetros de qualidade do produto original (Garriga *et al.*, 2002).

Em relação aos processos de desidratação, o pré-tratamento com HPP incrementa a permeabilidade da membrana celular o que possibilita uma maior difusão e transferência de massa duran-

te a liofilização (Witrowa-Rajchert *et al.*, 2014). Park *et al.* (2019) usaram a tecnologia de HPP como pré-tratamento da liofilização, na produção de alhos em pó. Observaram que com o pré-tratamento resultou numa diminuição de cerca de três vezes o número de bactérias aeróbias totais. Uma tendência semelhante registou-se também na contagem de bolores e leveduras. Para além destes aspetos, observou-se um aumento do conteúdo fenólico total e da atividade antioxidante no alho liofilizado com pré-tratamento.

Fernandes *et al.* (2017) estudaram o efeito do HPP em flores comestíveis liofilizadas, e observaram que com o pré-tratamento ocorreu um aumento significativo do conteúdo fenólico total e de flavonoides. Este pré-tratamento, permitiu ainda reduzir o tempo de desidratação. ●

BIBLIOGRAFIA

Acceda à bibliografia do artigo no portal *online* da TecnoAlimentar.



MOVING YOUR WORLD

estabelecendo novos *standards* em soluções de lubrificação alimentar segura

