República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 102020009075-5 A2

(22) Data do Depósito: 07/05/2020

(43) Data da Publicação Nacional: 09/11/2021

(54) Título: USO DO CONGELAMENTO A VÁCUO PARA A PRODUÇÃO DE CAFÉ SOLÚVEL LIOFILIZADO

(51) Int. Cl.: A23F 5/30; A23F 5/36.

(52) CPC: A23F 5/30; A23F 5/38.

(71) Depositante(es): UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANA.

(72) Inventor(es): FRANCINY CAMPOS SCHMIDT; ANDRESSA CARLA CINTRA DA SILVA; ANA PAULA BIZ.

(57) Resumo: PRODUÇÃO DE CAFÉ SOLÚVEL LIOFILIZADO UTILIZANDO VÁCUO PARA CONCENTRAÇÃO E CONGELAMENTO DO EXTRATO. A presente invenção consiste em utilizar o congelamento a vácuo para em uma única etapa concentrar e congelar o extrato de café que será submetido à liofilização, visando a produção de café solúvel. O congelamento a vácuo tem como princípio a remoção de calor do produto através da evaporação da sua água livre e da sublimação do gelo formado, ambas a baixas pressões. Isso contribui para a formação de uma fase congelada extremamente porosa, capaz de aumentar significativamente as taxas de secagem por liofilização, bem como promover a concentração da solução diluída devido à evaporação da sua água livre. Esta invenção é caracterizada por realizar o congelamento e as etapas subsequentes da liofilização, sublimação e dessorção, no mesmo equipamento. Além disso, o produto final obtido, o café solúvel em pó, apresenta características semelhantes ao café liofilizado obtido utilizando como etapa inicial da liofilização métodos tradicionais de congelamento.

FIG. 1

PRODUÇÃO DE CAFÉ SOLÚVEL LIOFILIZADO UTILIZANDO VÁCUO PARA CONCENTRAÇÃO E CONGELAMENTO DO EXTRATO

Campo da Invenção

[001]. A presente invenção refere-se ao uso do congelamento a vácuo como método de concentração de extrato de café e como etapa de congelamento do processo de liofilização, visando à produção de café solúvel liofilizado com redução de tempo e custo de processo. Através do congelamento a vácuo é possível atingir: (i) altas taxas de congelamento concomitantemente à concentração da solução, devido à evaporação da água livre e/ou sublimação do gelo a baixas pressões e (ii) a formação de uma matriz congelada extremamente porosa, responsável pelo aumento das taxas de sublimação durante a liofilização. Além disso, com o uso do congelamento a vácuo, as etapas de concentração, congelamento e liofilização podem ser realizadas em um único equipamento, o qual é composto por uma câmara de vácuo, um sistema de condensação e uma ou mais bombas de vácuo e/ou ejetores de vapor.

Fundamentos da Invenção e Estado da Técnica

[002]. Na cadeia cafeicultora, a indústria de café solúvel é o destino de cerca de 50 % do grão verde produzido no mundo e a principal geradora de receita, uma vez que o produto final possui alto valor agregado. Apesar das projeções de crescimento e sua importância no mercado global, pouco se tem investido na concepção de rotas inovadoras com o objetivo de tornar a indústria de café solúvel mais competitiva em termos de custos operacionais e de qualidade do produto final. A maioria das patentes busca por melhorias nas características do produto, sem fazer menção a melhorias no processo

ou a possíveis reduções de custos (US32445529, US3404007, US3903312, US4138502, US2003/207017 A1 e BR112018071813-0 A2). Propostas de novas abordagens para a etapa de secagem são a maneira mais efetiva para otimizar o processamento de café solúvel, visto que essa é a etapa mais importante do ponto de vista energético (operação de maior consumo da planta) e tecnológico (o método utilizado define o nível de qualidade e o custo do produto). As indústrias de café solúvel convencionalmente empregam a secagem por atomização (*spray-drying*) ou a liofilização (*freeze-drying*). A atomização é mais econômica, mas as altas temperaturas usadas degradam compostos de impacto para o sabor e aroma do café. Por outro lado, a secagem por liofilização custa até oito vezes mais e é caracterizada por taxas lentas e longos períodos de secagem (que podem variar entre 8 e 16 h). No entanto, gera produtos de qualidade significativamente superior, em função de o processo ocorrer a baixas temperaturas e sob vácuo (evitando, assim, a perda de sabor e aroma e a evolução de reações indesejáveis). A secagem por liofilização é dividida em três etapas: congelamento do produto, sublimação do gelo formado e dessorção da água ligada. A sublimação consome quase metade da energia destinada para esse processo e uma forma de otimizar essa operação é controlando a estrutura formada na etapa de congelamento, uma vez que o espaço ocupado pelos cristais de gelo se torna a principal passagem para o transporte de vapor durante a sublimação. Em um ciclo típico de liofilização, a etapa de congelamento é realizada por contato com superfícies frias ou submetendo o produto a uma corrente de ar frio. Entretanto, para esses métodos, a formação de uma estrutura congelada com cristais de gelo grandes, contínuos e altamente conectados (capaz de proporcionar o aumento das taxas de secagem) somente pode ser alcançada utilizando um congelamento

lento ou manipulando a nucleação (uma vez que esse fenômeno controla a morfologia, o tamanho e a quantidade de cristais de gelo). Neste cenário, a concepção de tecnologias alternativas de congelamento, capazes de aumentar as taxas de transferência de calor e massa durante a liofilização, são de grande interesse para a indústria de alimentos, especialmente para a processadora de café solúvel.

[003]. Tecnologias capazes de proporcionar o controle da nucleação durante o congelamento são amplamente discutidas na literatura. Dentre essas tecnologias destaca-se: (i) a aspersão de líquidos criogênicos; (ii) a adição de agentes de nucleação; (iii) o uso de ultrassom e (iv) a aplicação de vácuo. Para o congelamento induzido por vácuo, o produto é submetido a pressões entre 10 a 100 Pa por um curto período de tempo (cerca de 1 a 5 minutos) com o objetivo de induzir a nucleação e, com isso, formar uma estrutura congelada que promove o aumento das taxas de secagem por liofilização. Diferentemente do congelamento a vácuo convencional, após a nucleação a pressão atmosférica é restabelecida e o produto é congelado utilizando métodos convencionais de congelamento (podendo ser posteriormente liofilizado).

[004]. Em relação ao uso do vácuo para o congelamento completo do produto, a Patente US 2004/0237328 A1 descreve um equipamento destinado ao congelamento a vácuo de produtos que podem ser submetidos à liofilização em etapas consecutivas, independentes ou simultâneas. O equipamento patenteado consiste em um sistema central de vácuo conectado a duas ou mais câmaras de vácuo independentes. Tal sistema de vácuo é composto por pelo menos dois subsistemas de vácuo. O primeiro subsistema serve para redução da pressão da câmara desde a pressão atmosférica até uma

pressão ligeiramente acima da correspondente ao ponto triplo da água. O segundo subsistema de vácuo é utilizado para redução da pressão acima da correspondente ao ponto triplo da água até a pressão correspondente à temperatura de congelamento desejada. Através do uso do método de congelamento a vácuo, a referida patente resolve os problemas relacionados ao alto custo das tecnologias de congelamento rápido (como, por exemplo, o do congelamento criogênico) e/ou da liofilização, com a possibilidade de realizar todo o processo (congelamento e etapas subsequentes da liofilização) em um único equipamento. Entretanto, a referida patente não se refere ao uso do congelamento a vácuo como: (i) forma de produzir uma matriz congelada porosa (devido à geração de vapor durante a etapa evaporativa do CV) capaz de aumentar significativamente as taxas de sublimação durante a liofilização e (ii) método de concentração de soluções diluídas podendo substituir, por exemplo, a etapa de crioconcentração na produção de café solúvel liofilizado.

[005]. A invenção aqui descrita considera o uso do método de congelamento a vácuo (CV) para conceber uma rota de produção de café solúvel liofilizado, na qual a concentração e o congelamento do extrato de café ocorrem simultaneamente. Concomitantemente e/ou posteriormente, iniciam-se as etapas de sublimação e dessorção do processo de liofilização. Todas essas etapas (concentração, congelamento, sublimação e dessorção) são realizadas em um único equipamento, o qual é composto por uma câmara de vácuo, um condensador e uma ou mais bombas de vácuo e/ou ejetores a vapor. O congelamento a vácuo, além de promover uma elevada perda de água durante o processo, é um método capaz de aumentar consideravelmente as taxas de congelamento e ainda formar uma

matriz congelada de estrutura extremamente porosa, facilitando o transporte de massa durante as etapas subsequentes da liofilização (sublimação e dessorção). Desta forma, o tempo e os custos de processo para obtenção de café solúvel liofilizado podem ser reduzidos.

Descrição da abordagem do problema técnico

[006]. A liofilização gera produtos desidratados de melhor qualidade comparada a métodos convencionais de secagem, em função de o processo ocorrer a baixa temperatura e sob vácuo. No entanto, o longo tempo de secagem ainda é uma problemática industrial para sua utilização em larga escala. Assim, considerando a necessidade de reduzir o tempo do processo de liofilização de extrato de café para produção de café solúvel, a presente invenção trata de uma rota alternativa para obtenção de café solúvel liofilizado por meio da utilização do congelamento a vácuo na etapa inicial da liofilização.

[007]. O congelamento a vácuo baseia-se na remoção do calor do produto por meio da evaporação da sua água livre e da sublimação do gelo formado quando esse é submetido a baixas pressões em uma câmara de vácuo. Estima-se que a razão entre as taxas de transferência de calor dos métodos convencionais de congelamento (por contato com superfície fria ou ar frio) e do método evaporativo são de até 1:16. Desta forma, uma grande vantagem do congelamento a vácuo é o curto período necessário para atingir baixas temperaturas quando comparado com métodos convencionais, como o congelamento por ar frio e por contato com superfícies frias.

[008]. Outra característica inerente do congelamento a vácuo é a elevada perda de massa durante o processo (em virtude da redução de temperatura ser obtida através da evaporação da água e da sublimação do gelo formado), fator que é vantajoso quando se

deseja remover água de uma solução diluída, como o extrato de café. Nesse contexto, o congelamento a vácuo utilizado como etapa inicial da liofilização pode permitir a diminuição de uma operação unitária de alto consumo energético no processamento de café solúvel liofilizado – a concentração, geralmente realizada por crioconcentração. Adicionalmente, o congelamento a vácuo e as etapas subsequentes da liofilização (sublimação e dessorção) podem ser realizadas em um mesmo equipamento (sistema composto por uma câmara hermeticamente fechada, um sistema de condensação de vapor e uma ou mais bombas de vácuo e/ou ejetores a vapor), podendo reduzir os custos de equipamentos e operação.

[009]. Além de aumentar as taxas de congelamento em comparação com os métodos convencionais, o congelamento a vácuo usado como etapa inicial da liofilização do extrato de café pode aumentar significativamente as taxas de secagem. Isso, em função da formação de uma matriz congelada extremamente porosa (em virtude da geração de vapor no interior do produto durante o processo a vácuo), possibilitando o aumento das taxas de transferência de massa durante a etapa de sublimação do gelo formado.

[010]. O café solúvel obtido a partir da integração do congelamento a vácuo à liofilização apresenta propriedades físicas diferentes do encontrado comercialmente, porém com aspectos mais atrativos, como elevada densidade aparente e maior luminosidade. Com relação às características de reidratação, o produto obtido utilizando o congelamento a vácuo apresenta tempo de dispersão e solubilidade similares aos obtidos para o café liofilizado comercial. Além disso, o congelamento a vácuo tem efeito positivo na estabilidade do produto desidratado, uma vez que adsorve menos umidade que o café liofilizado comercial.

Descrição das Figuras

[011]. A presente invenção será descrita em relação às seguintes figuras:

- Na Fig. 1 é apresentado o perfil de temperatura do extrato de café durante o congelamento a vácuo.
- Na Fig. 2 são apresentados os perfis de temperatura das amostras de extrato de café submetidas ao congelamento por contato indireto com superfície fria (CC) e ao congelamento a vácuo (CV).
- Na Fig. 3 são apresentadas fotografias do extrato de café submetido à liofilização, sendo: (a) vista superior da amostra congelada a vácuo; (b) vista lateral da amostra congelada a vácuo (evidenciando a formação da camada de espuma); (c) vista superior da amostra congelada por contato indireto com superfície fria.
- Na Fig. 4 é apresentada a curva de variação da pressão na câmara durante o congelamento a vácuo do extrato de café.
- Na Fig. 5 são apresentadas as curvas de variação de umidade (em base seca) do extrato de café durante a liofilização utilizando como etapa inicial o congelamento por contato indireto (CC-L) e o congelamento a vácuo (CV-L). Nesta figura, as numerações 1, 2 e 3 indicam, respectivamente, o fim das etapas de congelamento, sublimação e dessorção do processo de liofilização.
- Na Fig. 6 são apresentados os cromatogramas obtidos por meio de análise de cromatografia gasosa acoplada à espectometria de massas das amostras de café liofilizado congelado a vácuo (CV-L) e por contato indireto (CC-L).

▪ Na Fig. 7 é apresentada uma comparação entre as curvas de secagem por liofilização do extrato de café com concentração inicial de sólidos solúveis de 20 % submetido ao processo CV-L e do extrato com concentração inicial de sólidos solúveis de 35 % submetido ao CC-L.

Descrição detalhada da Invenção

[012]. A presente invenção consiste em utilizar o método de congelamento a vácuo para em uma única etapa concentrar e congelar o extrato de café que será submetido à liofilização, visando à produção de café solúvel liofilizado. No processamento de café solúvel liofilizado, convencionalmente, o extrato de café (obtido por percolação dos grãos torrados e moídos) é concentrado antes da etapa de secagem. Normalmente, esse processo é realizado por crioconcentração em blocos que consiste em três estágios: congelamento, descongelamento e separação da fração líquida concentrada. Posteriormente, o extrato concentrado é congelado (usando uma corrente de ar frio ou por contato com superfície fria) e depois submetido à secagem em um liofilizador. Em oposição ao processo convencional, na invenção em questão o extrato de café obtido após a etapa de percolação poderá ser diretamente alocado no liofilizador, onde será concentrado, congelado e, posteriormente, liofilizado. Por fim, o extrato de café seco é moído, conforme especificação desejada de granulometria para o café solúvel.

[013]. Para concentração, congelamento e secagem por liofilização, o extrato de café (obtido após a percolação dos grãos e com concentração de sólidos solúveis em torno de 20 % ou o extrato pré-concentrado até 35 %) é disposto em camada com espessura variando de 5 a 15 mm em um recipiente com tampa perfurada (para

permitir a saída do vapor gerado durante o processo de resfriamento/congelamento a vácuo). Esse recipiente é inserido na câmara de vácuo. Esta é hermeticamente fechada e o sistema de bombeamento é acionado. O sistema de bombeamento é composto de uma ou mais bombas de vácuo e/ou ejetores a vapor com pressão final de 1 Pa e um condensador de vapor mantido a -50 °C. À medida que ocorre a evaporação da água/sublimação do gelo do extrato, o vapor formado deve ser rapidamente removido/condensado para aliviar o sistema de vácuo (devido ao seu elevado volume específico a baixas pressões).

[014]. Uma curva típica da variação da temperatura do extrato de café durante o congelamento a vácuo é apresentada na Fig. 1. Para tal, foi utilizado extrato com concentração de sólidos solúveis, temperatura e espessura iniciais de 20 %, 20 °C e 6 mm, respectivamente. O processo de congelamento a vácuo se inicia quando a pressão no interior da câmara atinge a pressão de saturação correspondente à temperatura inicial do extrato (20 °C), ocasionando a evaporação da água (ponto *flash*) e a consequente concentração do extrato. Nesta etapa, o calor latente para a evaporação é fornecido pelo próprio extrato que se resfria (remoção de calor sensível) e, dependendo das condições iniciais de temperatura e concentração, é possível reduzir em até um terço a umidade do extrato. A redução de temperatura devido exclusivamente à evaporação se estende até ser atingida a pressão correspondente à temperatura de nucleação (T_n) do extrato (ver Fig. 1). À medida que os cristais de gelo começam a se formar, calor latente de fusão é liberado causando um aumento da temperatura do extrato até ser atingida a sua temperatura de congelamento (T_c - temperatura na qual a pressão de vapor do líquido é igual a do cristal de gelo formado e que depende da concentração

do extrato). Concomitantemente à conversão da água congelável para o estado sólido, inicia-se a etapa de sublimação do gelo formado. O início dessa etapa é marcado pela redução da temperatura do extrato. A sublimação cessa quando não há mais gelo na matriz e a partir desse ponto a taxa de secagem é controlada pela dessorção da água ligada. Embora uma parte da água ligada seja removida por dessorção através da camada seca formada durante a sublimação, esse fenômeno ocorre predominantemente quando resta somente a fração de água que não congelou (água ligada). Por fim, após o café desidratado ter atingido as especificações de umidade e atividade de água, o sistema de bombeamento é desligado e a pressão atmosférica é restabelecida.

[015]. Na Fig. 2 é apresentada uma comparação entre os perfis de temperatura do extrato de café (disposto em camada com espessura de 6 mm e concentração de sólidos solúveis inicial de 20 %) obtidos durante o congelamento a vácuo com taxa de redução de pressão de 570 Pa s^{-1} e pressão mínima de 47 Pa (CV) e o congelamento por contato com superfície fria mantida a -50 °C (CC). Nas condições avaliadas, o tempo para a redução da temperatura no centro geométrico da camada de extrato de 20 °C até -15 °C foi aproximadamente 3,6 vezes menor para o método a vácuo.

[016]. Além da redução no tempo de congelamento, a utilização do congelamento a vácuo proporciona a formação de espuma durante o resfriamento evaporativo que resultará em uma estrutura congelada extremamente porosa, conforme ilustrado na Fig. 3a e Fig. 3b. A formação de espuma é resultado da geração de vapor no interior do produto durante o congelamento a vácuo e, como a tensão superficial das soluções de extrato de café é suficientemente elevada, a estrutura formada durante o congelamento mantém-se

estável durante as etapas subsequentes da liofilização. Assim, o extrato é desidratado com estrutura análoga a utilizada na secagem convectiva em camada de espuma. Para esse último, taxas de secagem superiores são alcançadas quando comparadas com as obtidas na secagem de uma camada de líquido, pois ocorre o aumento substancial da área superficial da interface gás-líquido (acelerando o movimento interno da umidade). Por outro lado, quando o método de congelamento por contato indireto é utilizado, o extrato congela em uma camada compacta mantendo a espessura inicial, conforme ilustrado na Fig. 3c. No entanto, considerando a formação de espuma durante o congelamento a vácuo, o volume do recipiente onde a solução é alocada e da câmara de vácuo devem ser projetados para comportar a expansão do extrato.

[017]. O fator de concentração do extrato na etapa de congelamento e o tempo de processo dependem da concentração inicial e da temperatura inicial do extrato de café, da espessura da camada de extrato e da capacidade do liofilizador (taxa de redução da pressão, pressão final atingida e temperatura do condensador).

Exemplo I

[018]. Amostras de extrato de café com umidade inicial de 2 g g^{-1} (base seca) e temperatura inicial de 20 °C foram dispostas em camada de 6 mm de espessura em recipiente com tampa perfurada e submetidas aos seguintes processos: (a) liofilização utilizando como etapa inicial o congelamento a vácuo (processo denominado CV-L) e (b) liofilização utilizando como etapa inicial o congelamento por contato com superfície fria mantida a - 50 °C (processo denominado CC-L). Para o processo CV-L, o recipiente contendo a amostra foi acondicionado em um liofilizador composto por uma câmara de vácuo

(15,8 L) e um sistema de bombeamento. Este inclui um condensador (mantido a – 50 °C) e uma bomba de vácuo com vazão nominal de 10,2 m^3 h^{-1} e pressão final de 1 Pa. O início do processo foi marcado pelo fechamento hermético da câmara e acionamento da bomba de vácuo. A pressão mínima utilizada durante o CV-L foi de 47 Pa, a qual foi atingida em aproximadamente 0,04 horas de processo, conforme ilustrado na Fig. 4. Para o método CC-L, primeiramente as amostras foram congeladas em uma câmara fria de aço inoxidável de 8 L com temperatura média do ar e da superfície fria mantida a -50 °C. Após o centro geométrico da camada de extrato atingir -15 °C, o recipiente contendo a amostra foi transferido para o liofilizador e o sistema de bombeamento foi acionado (nas mesmas condições que o processo CV-L). Para ambos os processos, durante as etapas de sublimação e dessorção nenhuma fonte de calor externa foi utilizada e a pressão atmosférica foi restabelecida após 15 horas de processo.

[019]. Na Fig. 5 são apresentadas as curvas de variação de umidade das amostras de extrato de café durante todas as etapas da liofilização de ambos os processos avaliados (CV-L e CC-L): (1) congelamento; (2) sublimação e (3) dessorção. O tempo para as amostras atingirem umidade de 0,4 g g^{-1} foi aproximadamente 70 % menor utilizando o congelamento a vácuo como etapa inicial em comparação com congelamento por contato. Adicionalmente, com a integração do congelamento a vácuo à liofilização foi possível reduzir até 1/3 da umidade inicial na etapa de congelamento, possibilitando a redução do consumo energético nas etapas posteriores de sublimação e dessorção. A microestrutura extremamente porosa formada durante o congelamento a vácuo resultou em taxas de secagem primária (período governado pela sublimação) três vezes maiores comparativamente às obtidas para as amostras submetidas ao CC-L.

Associado à alta taxa de secagem e menor período na etapa de sublimação, as amostras submetidas ao CV-L apresentaram retenção de compostos voláteis ligeiramente superior à obtida para o produto liofilizado congelado por contato indireto, conforme pode ser observado nos cromatogramas (obtidos por meio de análise de cromatografia gasosa acoplada à espectometria de massas) apresentados na Fig. 6. Isto evidencia a viabilidade de utilização do congelamento a vácuo para soluções aromáticas.

Exemplo II

[020]. Como consequência da elevada perda de massa verificada durante o congelamento a vácuo de extrato de café, a etapa de congelamento do processo CV-L pode substituir a etapa de concentração (geralmente realizada por crioconcentração) na produção de café solúvel liofilizado. Dessa forma, no processamento industrial, o extrato bruto obtido por percolação (com concentração de sólidos solúveis em torno de 20 %) é diretamente alocado no liofilizador, onde será concentrado, congelado e, posteriormente, liofilizado.

[021]. Na Fig. 7 é apresentada uma comparação entre as curvas de secagem por liofilização do extrato de café com concentração inicial de sólidos solúveis de 20 % submetido ao processo CV-L (condições de processo descritas no Exemplo I) e do extrato com concentração inicial de sólidos solúveis de 35 % submetido ao CC-L (condições de processo descritas no Exemplo I). Para o processo CV-L, verificou-se uma rápida redução da umidade do extrato no início do processo, correspondente à etapa de congelamento a vácuo. Nesta etapa, foi obtido um fator de concentração (razão entre a fração mássica de sólidos após a etapa de concentração/congelamento e a fração inicial) de 1,42. Este valor é similar ao obtido para

crioconcentração em blocos (assistida ou não por vácuo) de extrato de café. Observou-se, ainda, que em apenas 3 horas de processo o extrato com concentração de sólidos solúveis inicial de 20 % atingiu a umidade inicial do extrato submetido ao CC-L (com concentração inicial de sólidos solúveis de 35 %). Isso representa uma redução de 60 % da umidade inicial (de 5,1 a 2 g g^{-1}) em apenas 3 horas. Em aproximadamente 6 horas, os valores de umidade das amostras com concentração de sólidos solúveis inicial de 20 e 35 % praticamente se igualaram. Portanto, os resultados mostram que o uso do congelamento a vácuo na etapa inicial da liofilização pode permitir a diminuição de uma operação unitária no processamento de café solúvel liofilizado – a crioconcentração. Vale ressaltar que a concentração do extrato de café (de aproximadamente 20 para 35 % de sólidos solúveis) é apontada como a operação de terceiro maior consumo energético na produção de café solúvel.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo de concentração e congelamento em etapas simultâneas de soluções diluídas **caracterizado pelo** uso de vácuo abaixo de 600 Pa em câmara hermeticamente fechada conectada a sistema de condensação e bombas de vácuo e/ou ejetores a vapor.
2. Processo de produção de café solúvel liofilizado **caracterizado pelo** uso do congelamento a vácuo como etapa inicial do processo de liofilização do extrato de café após a etapa de percolação dos grãos torrados e moídos ou do extrato obtido após a etapa de concentração.
3. Processo de produção de café liofilizado, conforme reivindicação 2, **caracterizada pela** etapa de congelamento concentrar o extrato de café obtido pela percolação dos grãos torrados e moídos.
4. Processo de produção de café liofilizado, conforme reivindicação 2, **caracterizada pela** etapa de congelamento obter extrato de café congelado em camada de espuma.

FIGURAS

FIG. 1

20
10
0
-10
-20
Temperatura (°C)
0
0,05
0,1
0,15
0,2
0,25
0,3
0,35
0,4
Tempo (horas)
CV
CC

FIG. 2

FIG. 3

FIG. 4

2,5
2
1,5
1
0,5
0
Umidade, base seca (g g-1)
0
2
4
6
8
10
12
14
16
Tempo (horas)
1
1
2
2
3
3
CV
CC

FIG. 5

(x1,000,000)
8.0
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
5.0
10.0
15.0
20.0
25.0
30.0
35.0
40.0
CC-L
CV-L
CV-L

FIG. 6

Umidade, base seca (g g-1)
0
1
2
3
4
5
6
0
2
4
6
8
10
12
14
16
Tempo (horas)
CV (20 % sólidos solúveis)
CC (35 % sólidos solúveis)

FIG. 7

RESUMO

PRODUÇÃO DE CAFÉ SOLÚVEL LIOFILIZADO UTILIZANDO VÁCUO PARA CONCENTRAÇÃO E CONGELAMENTO DO EXTRATO

A presente invenção consiste em utilizar o congelamento a vácuo para em uma única etapa concentrar e congelar o extrato de café que será submetido à liofilização, visando à produção de café solúvel. O congelamento a vácuo tem como princípio a remoção de calor do produto através da evaporação da sua água livre e da sublimação do gelo formado, ambas a baixas pressões. Isso contribui para a formação de uma fase congelada extremamente porosa, capaz de aumentar significativamente as taxas de secagem por liofilização, bem como promover a concentração da solução diluída devido à evaporação da sua água livre. Esta invenção é caracterizada por realizar o congelamento e as etapas subsequentes da liofilização, sublimação e dessorção, no mesmo equipamento (composto por câmara de vácuo, sistema de condensação e bombas de vácuo e/ou ejetores a vapor). Além disso, o produto final obtido (café solúvel liofilizado) apresenta características e retenção de compostos voláteis semelhantes ao café liofilizado obtido utilizando como etapa inicial da liofilização métodos tradicionais de congelamento.