

SECAGEM A FRIO DE CREME DE ABACATE¹

JOSÉ ANTÔNIO GOMES VIEIRA² e JOSÉ CAL-VIDAL³

RESUMO - O processo de secagem a frio é capaz de converter cremes em concentrados ou pastas alimentícias. O equipamento utilizado consiste de uma unidade-piloto, desenvolvida em nosso laboratório, que dispõe de setores de refrigeração, controle de temperatura e umidade relativa, túnel de secagem e sistemas de circulação de ar. Neste projeto, a secagem a frio foi aplicada à concentração de creme de abacate, e, além da análise de fatores de amostragem (espessura) e operacionais (temperatura, umidade relativa e velocidade do ar), foi avaliado o efeito de vibração das amostras no grau de perda de água. Incluem-se, também, os resultados de análises químicas e microbiológicas para estabelecer o potencial de estabilidade do produto.

Termos para indexação: concentrados, pasta de abacate, refrigeração, temperatura e umidade.

COOL DRYING OF AVOCADO CREAM

ABSTRACT - The cool drying process is capable of converting creams into food pastes. The basic pilot unit developed at our laboratory consists of a refrigeration sector, temperature and relative humidity controls, drying tunnel and air circulation systems. In this project, cool drying was applied to the concentration of avocado cream and besides the analyses of sampling factors (thickness) and operational parameters (temperature, relative humidity and air velocity) the effect of sample vibration on the degree of water removal was evaluated. Some results on chemical and microbial analyses to establish product stability are also included.

Index terms: refrigeration, concentrate, avocado paste, temperature, relative humidity.

INTRODUÇÃO

O processo de secagem a frio, assim denominado por limitar a temperatura de secagem à faixa compreendida entre zero e 15 °C, faz parte de tecnologia recente, desenvolvida em nosso grupo de pesquisa (Kubota, 1985; Kubota & Cal-Vidal, 1986, 1987; Cal-Vidal et al., 1987). A secagem a frio decorre de uma simplificação do processo de liofilização à pressão atmosférica, mediante a eliminação da etapa de congelamento. A remoção da água é conduzida a baixas temperaturas, sendo ela mantida no estado líquido em todo o decorrer da operação. Isto permite a obtenção de produtos com teor intermediário de umidade (AUI) e que se caracterizam por sua alta

estabilidade e plasticidade (Kaplou, 1970; Karel, 1973).

A umidade relativa do ar de secagem constitui fator crítico nos processos de remoção da água a baixas temperaturas - caso da secagem a frio ou liofilização atmosférica. Kubota (1985), Meryman (1959) e Lewin & Mateles (1962) observaram que a capacidade de remoção da umidade do ar frio é, de certo modo, limitada, se for comparada com a do ar quente. No entanto, quando a sua umidade relativa atinge níveis baixos, esse mesmo ar frio adquire a capacidade de absorver umidade. Para reduzir a umidade relativa do ar de secagem, pode-se fazer uso de dessecantes (Woodward, 1963; Sinnamon et al., 1968; Schmidt et al., 1977). A temperatura de secagem e a velocidade do fluxo de ar também exercem uma importante influência na secagem convencional (Madarro et al., 1984), e estas variáveis continuam exercendo importante papel nos processos a baixa temperatura (Woodward, 1963; Burke & Decareau, 1964; Sinnamon et al., 1968).

¹ Aceito para publicação em 9 de fevereiro de 1995.

² Prof. de Tecnol. de Alimentos, UNESP, São José do Rio Preto, SP.

³ Eng. de Alimentos, Dr.Sc., Prof. Titular, UFLA, CEP 37200-000 Lavras, MG.

O grau de remoção da água em creme de leite submetido à secagem a frio foi significativamente influenciado pela espessura da amostra e pela temperatura e umidade relativa do ar (Kubota & Cal-Vidal, 1987).

O uso de baixas temperaturas em processos diversos de extração ou concentração tem comprovado a redução da perda de substâncias voláteis de interesse (Deshpande et al., 1982; Braddock & Marcy, 1985) e a manutenção de componentes nutricionais críticos (Flores et al., 1973; Braddock & Marcy, 1987).

Neste trabalho, são apresentados resultados do efeito de diversas variáveis operacionais sobre a secagem a frio de creme de abacate, incluindo o fator vibração que exerceu grande influência neste novo processo.

MATERIAL E MÉTODOS

O abacate utilizado neste estudo pertence à variedade Collision e foi obtido no mercado local. A maturação dos frutos obedeceu a recomendações próprias (Biale & Young, 1971). A fruta selecionada teve as partes lesionadas eliminadas e a polpa removida e triturada numa bateadeira Braun (Alemanha), por um tempo médio de dois minutos. Ao creme resultante foi acrescentado ácido cítrico no nível de 2%, para impedir o escurecimento, sendo, a se-

guir, disposto em placas de petri (5 cm de diâmetro) em camadas de 0,5; 1,0 e 1,5 cm de espessura.

Secagem a frio

A Fig. 1 apresenta uma visão esquemática da unidade-piloto do secador a frio utilizado neste estudo. Constam dessa unidade, além da câmara ou túnel de secagem, um sistema para resfriamento do ar, um filtro desumidificador, um sistema de vibração e controles de umidade e temperatura. O fluxo do ar é obtido por intermédio de um ventilador axial, e seu resfriamento se processa num trocador de calor acoplado a um compressor que utiliza Freon 12 líquido como refrigerante. O conjunto é ligado a um termostato que permite o controle da temperatura do ar de secagem. No sistema de vibração, fez-se uso de uma unidade Productest (Telastem Peneiras Para Análises Ltda, São Paulo - SP), a qual foi acoplada à base da câmara de secagem, onde eram dispostas as amostras. As temperaturas de 5, 10, 15 e 20° e as umidades relativas de 10, 18, 30 e 40% foram controladas respectivamente mediante o uso de um termopar e de sensores de umidade relativa Vaisala (Vaisala, Helsinque, Finlândia) conectados a um higrômetro modelo HMI-14 (Weathermeasure, Sacramento, CA - USA).

A perda de água durante a secagem foi determinada pelo método gravimétrico, mediante pesagens realizadas a cada cinco horas, em balança Mettler modelo PC 2000 (Mettler Instruments AG, Zurique, Suíça). Estas pesagens foram realizadas em duplicata e os resultados expressos em percentagem e em base úmida.

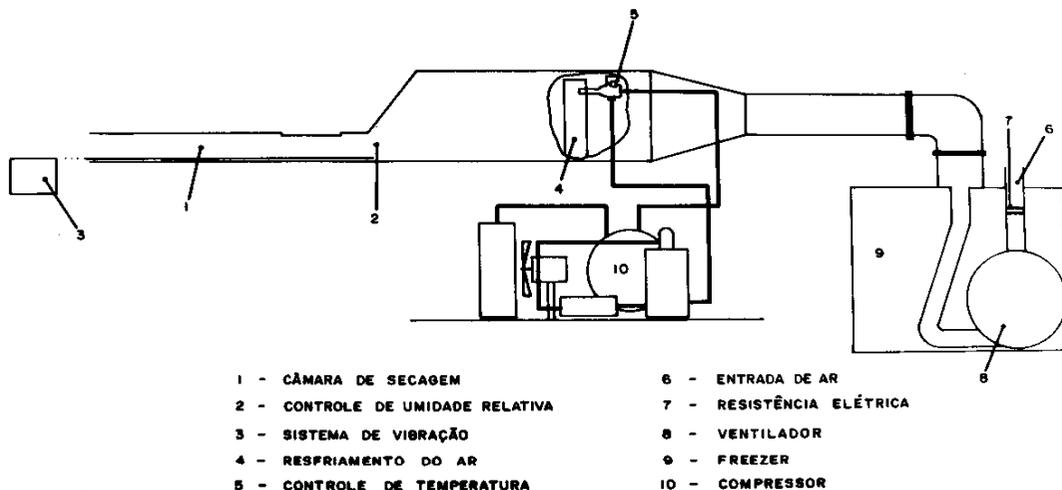


FIG. 1. Vista esquemática do secador a frio.

Análises físico-químicas e reológicas

O teor de água das amostras de creme e pasta de abacate foi determinado em duplicata conforme técnica descrita pela Association of Official Analytical Chemists (1990). A atividade da água das pastas obtidas foi avaliada com o uso do higrômetro Weathermeasure; as leituras foram efetuadas a 22 °C, aproximadamente.

As medidas de viscosidade, no decorrer da secagem, foram feitas num viscosímetro Brookfield Synchro-Lectric modelo RVT (Brookfield Engineering Laboratories, Inc. Mass., USA). As viscosidades foram determinadas a uma velocidade de cisalhamento de 5 RPM, fazendo uso da haste F em forma de T. Os resultados, em duplicata, foram expressos em centipoises, de acordo com a seguinte fórmula:

Viscosidade (η) = leitura do mostrador x 0,01 x f,

sendo f = fator de transformação da leitura em centipoises, que depende da velocidade de cisalhamento e da haste.

Testes de estabilidade

A estabilidade química e microbiológica da pasta de abacate foi determinada para um período de 30 dias. Entenda-se por creme o produto obtido da polpa batida da fruta sem sofrer qualquer processo de secagem. A pasta refere-se ao creme desidratado por secagem a frio e que apresenta menor teor de água e alta consistência. É de interesse a comparação destes dois produtos, do ponto de vista de estabilidade, para reforçar a importância da secagem a frio. As amostras foram condicionadas em frascos de vidro, fechadas hermeticamente e armazenadas a temperatura de 22 °C e na umidade relativa de 65%. O grau de rancificação do produto foi medido pela determinação do índice de peróxido, de acordo com o método proposto pela Association of Official Analytical Chemists (1990). As avaliações microbiológicas foram feitas mediante a contagem total de fungos, segundo método de Speck (1976).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cinética de perda de água

• Efeito da umidade relativa

O efeito da umidade relativa do ar no grau de remoção da água em amostras de creme de abacate com espessuras de 0,5, 1,0 e 1,5 cm desidratadas a 15 °C e 27 cm/s é mostrado na Fig. 2. A diminuição

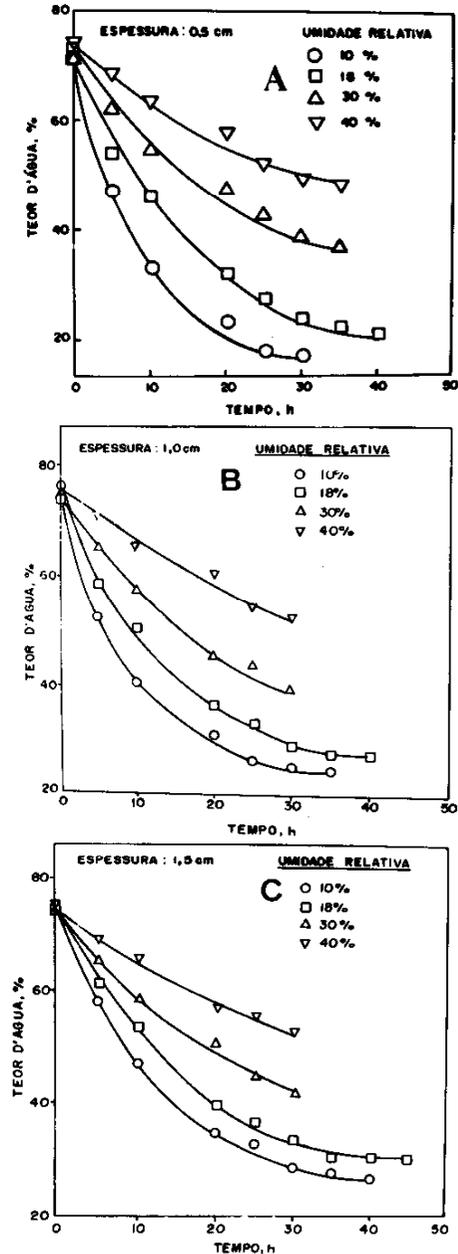


FIG. 2. Efeito da umidade relativa do ar de secagem no grau de remoção da água em amostras de creme de abacate.

da taxa de secagem com o aumento da umidade relativa foi verificada em todas as amostras, independentemente de suas espessuras. O teor final de umidade após um período de 30 horas de secagem variou de 18% (UR= 10%) a 52% (UR= 40%). Esta diferença se deve ao fato de que, à medida que se reduz a umidade relativa do ar, esse mesmo ar frio adquire a habilidade de absorver umidade (Hallowell, 1980).

• Efeito da temperatura

Foram realizados ensaios com diferentes temperaturas do ar de secagem. A Fig. 3 mostra o grau de remoção de água, a uma umidade relativa fixa de 18%, e uma velocidade do ar de 27 cm/s para as espessuras de 0,5 e 1,0 cm, num sistema vibratório. O tempo de secagem variou de 30 a 50 horas, dependendo do período requerido para atingir o equilíbrio termodinâmico. Observa-se um efeito significativo da temperatura na rapidez de perda de umidade do creme de abacate. Tal efeito foi mais pronunciado no período inicial da secagem em comparação ao período final, independentemente da es-

passura da amostra. Isto se deve a uma mais rápida transferência de massa no início da secagem, com a conseqüente formação de uma camada superficial endurecida, que dificulta a migração de umidade do interior para a superfície da amostra. A maior remoção de água com a elevação da temperatura se deve ao fato de que um aumento da temperatura do ar resulta da maior capacidade dele de reter umidade.

A representação gráfica do adimensional $(M - M_e) / (M_0 - M_e)$ em escala logarítmica em função do tempo de secagem, pode ter seus pontos experimentais ajustados a uma reta. Este comportamento sugere a existência de um regime idêntico de secagem, e o fenômeno pode indicar que a migração da água seja conduzida por forças capilares e pelas leis de difusão simultânea.

• Efeito da velocidade do ar

O aumento da velocidade do ar, mantidas as demais condições operacionais, favorece a velocidade de secagem e o grau de remoção de água das amostras de creme de abacate, conforme se mostra na Fig. 4.

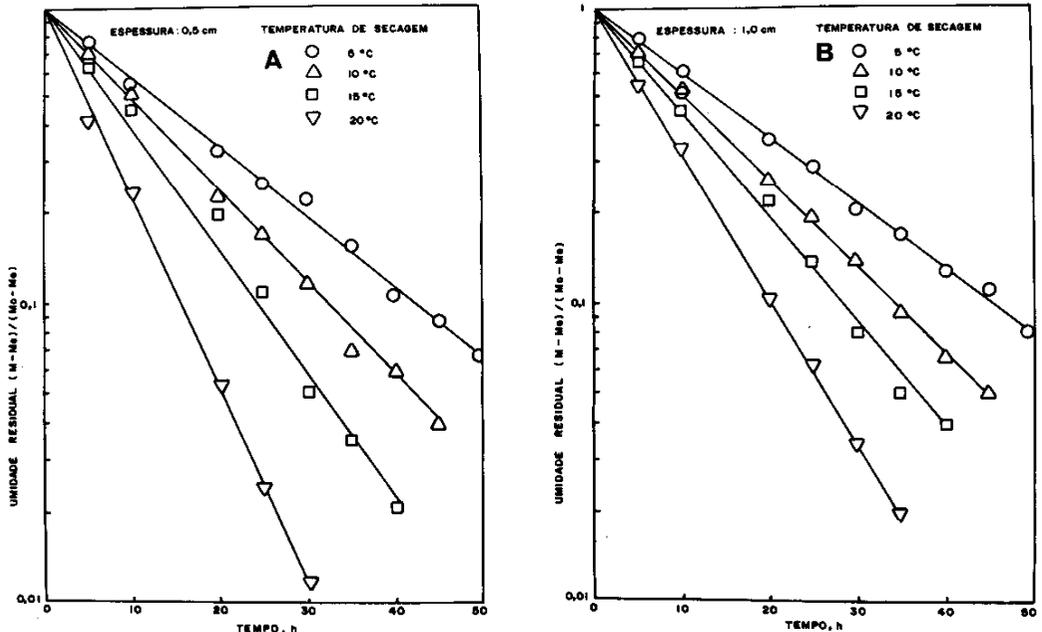


FIG. 3. Influência da temperatura do ar de secagem na umidade residual das amostras.

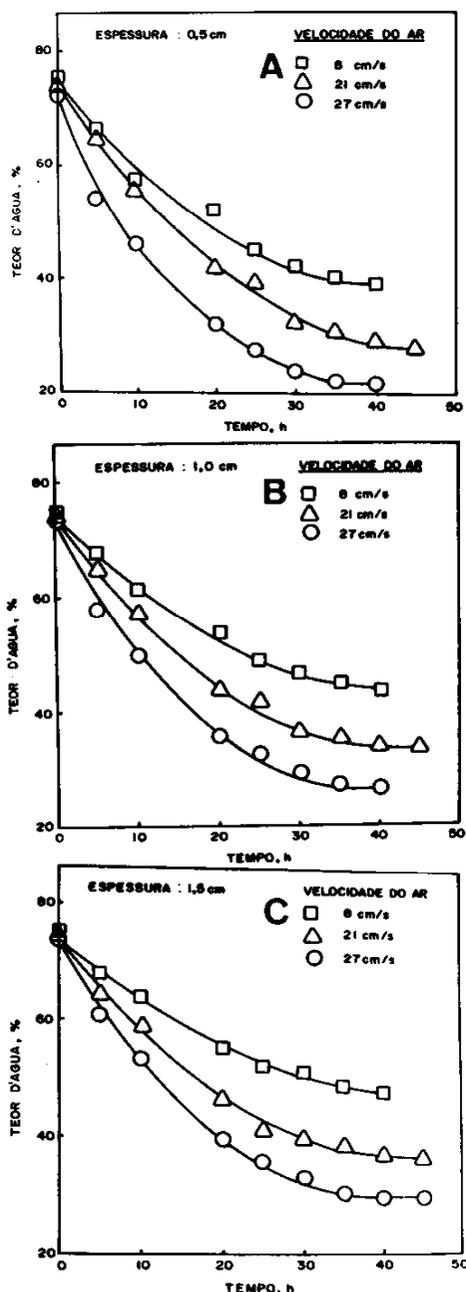


FIG. 4. Efeito da velocidade do ar sobre o grau de remoção da água das amostras.

Da velocidade de 8 cm/s obteve-se um teor final de 47% após 40 horas de secagem, e a velocidade de 27 cm/s atingiu um teor final de 25% para um mesmo tempo de secagem e uma espessura da amostra de 1,0 cm (B). Nas amostras com espessura de 1,5 cm (C), os teores finais de umidade, na velocidade de 8 cm/s e 27 cm/s, foram, aproximadamente, de 50% e 30%, respectivamente. Isto demonstra que a espessura da amostra em muito interfere com o grau de remoção de água do creme. A capacidade de retirar mais água com o aumento da vazão de ar se deve a dois motivos básicos:

1. o aumento da turbulência na fase gasosa que favorece a diminuição da resistência à convecção da massa, e
2. o aumento do potencial de transferência de massa, em virtude da diluição do vapor e da consequente diminuição da pressão de vapor ao longo da câmara de secagem.

Estes efeitos tendem a se atenuar a altas velocidades ou quando a transferência de massa passe a ser dominada pela resistência interna, controlada pelas leis de difusão molecular.

• Efeito da vibração

O efeito da vibração sobre o grau de remoção de água das amostras foi determinado com as demais variáveis operacionais do processo (T , UR , V_{ar}) mantidas constantes. O secador a frio foi acoplado a um sistema de vibração. Os resultados obtidos são mostrados na Fig. 5. Pode-se observar que a vibração das amostras aumenta a eficiência do secador com relação ao sistema sem vibração. Analisando a Fig. 5A, verifica-se que após 40 horas, o produto atingiu um teor de umidade de 46%, ao passo que no sistema que utilizou vibração, este teor foi de 25% de umidade. Esta maior remoção da água no sistema com vibração pode ser explicada pelo efeito físico provocado no produto. No sistema estático, ocorre a formação de uma camada endurecida, que no decorrer da secagem, atua como barreira à migração da umidade do interior da massa para a superfície. No sistema dispondo de vibração, a formação desta camada é muito mais lenta, o que facilita a mais rápida remoção de água do creme.

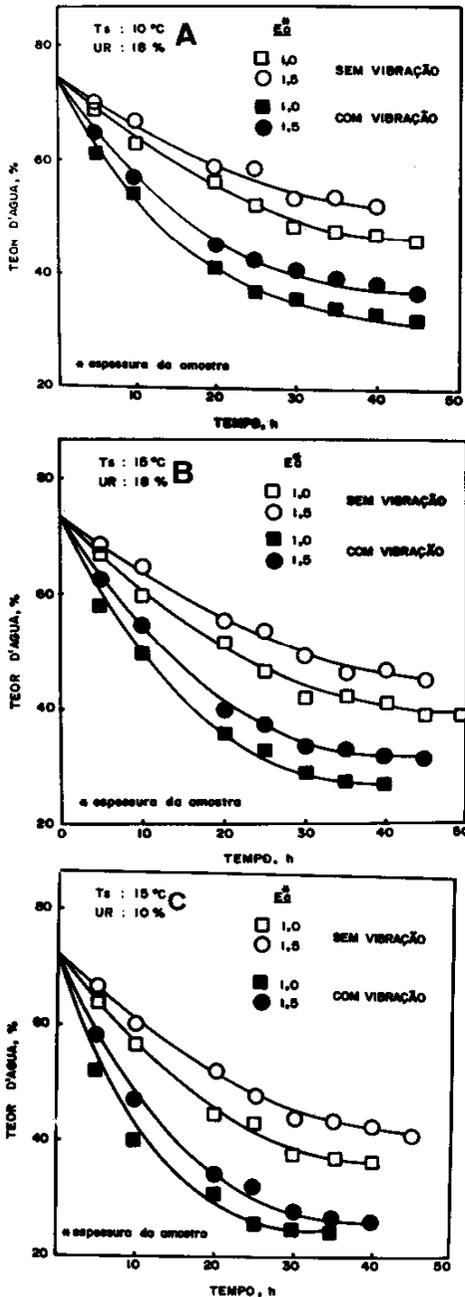


FIG. 5. Efeito da vibração sobre o grau de remoção da água das amostras.

• Efeito da espessura da amostra

Utilizando três diferentes espessuras, 0,5, 1,0 e 1,5 cm, o produto foi submetido a secagem com ar a temperaturas de 5, 10, 15 e 20 °C, com umidade relativa de 18% e velocidade de 27 cm/s em sistema vibratório. As curvas de secagem estão mostradas nas Fig. 6 e 7, representando o adimensional $(M - M_e)/(M_0 - M_e)$ em escala logarítmica, em função do tempo de secagem. Os pontos experimentais podem ser ajustados a uma reta. Este comportamento sugere a existência de um regime idêntico de secagem independentemente da espessura de amostra.

A umidade residual foi influenciada pela espessura da amostra nas diferentes temperaturas de secagem. Esta influência foi mais pronunciada com a elevação da temperatura do ar. Observa-se que com a diminuição da espessura da amostra ocorre uma redução da umidade residual. Esta diferença significativa é mais pronunciada em temperaturas mais elevadas, nas mesmas condições de processamento, conforme as figuras em referência. Resultado inesperado ocorreu com a umidade residual do creme em espessuras diferentes, tendo em vista que a amostra de 1,0 cm, com o dobro de massa, não perdeu a mesma proporção da água da amostra de 0,5 cm de espessura. Isto se deve ao fato de que, embora a área de exposição seja a mesma, no início da secagem a transferência de massa é fortemente controlada pelo potencial termodinâmico, e não, pelos mecanismos de difusão.

Otimização de secador a frio

A Fig. 7 mostra o percentual de água removida pelo secador, utilizando creme de leite em comparação com o creme de abacate. Esta comparação permite efetuar uma análise da melhoria feita no secador durante as secagens em creme de abacate. A otimização do secador se fez mediante o uso do processo de vibração e o aumento da velocidade do ar de secagem. O teste foi realizado com duas diferentes temperaturas de secagem (10 e 15 °C) e com umidade relativa de 18%. A introdução de duas novas variáveis no sistema – o aumento da velocidade do ar e a vibração das amostras durante a secagem – permitiu maior eficiência do secador. Na temperatura de 10 °C, o aumento da eficiência foi de, aproxima-

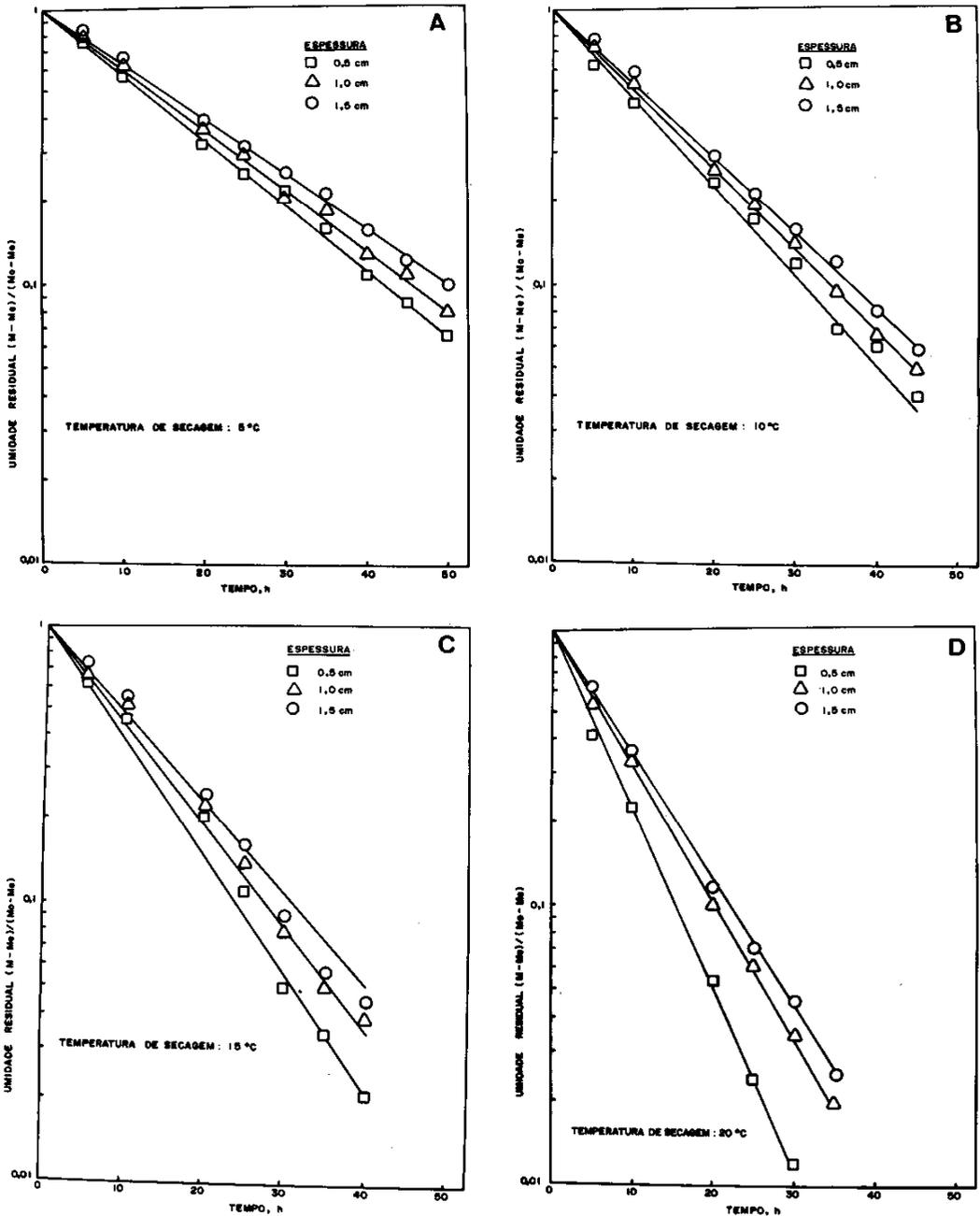


FIG. 6. Efeito da espessura da amostra sobre a umidade residual do creme de abacate, em diversas temperaturas de secagem.

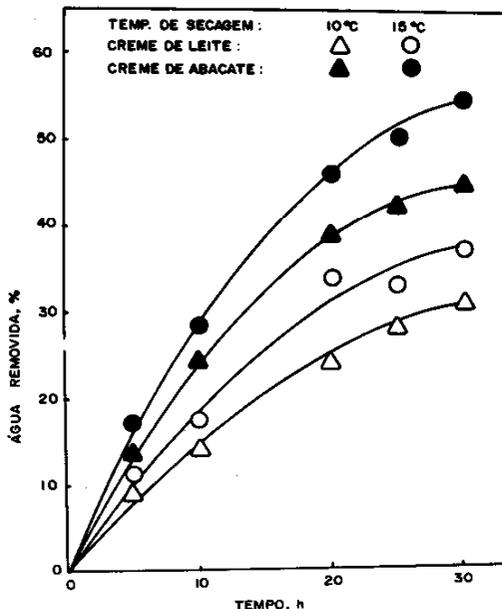


FIG. 7. Tentativa de otimização do secador a frio em relação a resultados prévios com creme de leite (Kubota, 1985).

damente, 50%, e na de 15 °C a eficiência foi acima de 57%. Embora considerando produtos diferentes, esta maior remoção de água por unidade de tempo mostra a existência de um processo de otimização.

Efeitos reológicos

A Fig. 8 mostra a mudança de viscosidade com a remoção de água em amostras de creme de abacate expostas às condições de secagem de 10 e 15 °C e umidade de 18%. Podem-se observar mudanças reológicas significativas em amostras com baixa umidade, produzindo um produto final (pasta) com alta consistência.

No início da secagem, ocorreu um aumento acentuado na viscosidade, com a remoção de água. Isto se deve à rápida evaporação que ocorre nos períodos iniciais de secagem, e à baixa temperatura utilizada. No decorrer do processo de remoção da água, a viscosidade tornou-se menos afetada, conforme se verifica no gráfico. Durante a remoção da água, tem-se a aglomeração e coalescência dos glóbulos de

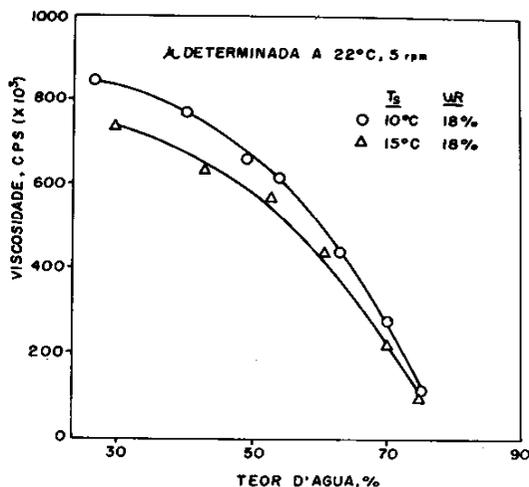


FIG. 8. Mudanças na viscosidade do creme de leite com o grau de remoção da água durante a secagem a frio.

gordura, o que favorece o aumento da viscosidade do sistema.

Estabilidade química e microbiológica

Mediante a análise do índice de peróxido e a contagem de fungos por g da amostra foi possível estabelecer a estabilidade química e microbiológica da pasta de abacate por um período de 30 dias nas condições indicadas (Fig. 9 A).

O índice de peróxido atingiu valores próximos a 40 miliequivalentes por 1000 g de óleo, valores estes que não possibilitaram a detecção de odor de ranço por provadores, ao passo que na amostra *in natura*, após doze dias, este odor foi notado, o que mostra que a redução da atividade da água e a redução do pH permitiram uma inibição da oxidação dos ácidos graxos insaturados durante este período.

Com relação ao crescimento de fungos, conforme mostra a Fig. 9 B, deu-se maior proliferação nos cinco primeiros dias de armazenamento, quanto aos diferentes valores de atividade de água. As amostras com atividades na ordem de 0,72 e 0,78 apresentaram, no final da estocagem, valores inferiores a 10^3 fungos por g da pasta, valores permissíveis de acordo com o Compêndio Nacional de Normas e

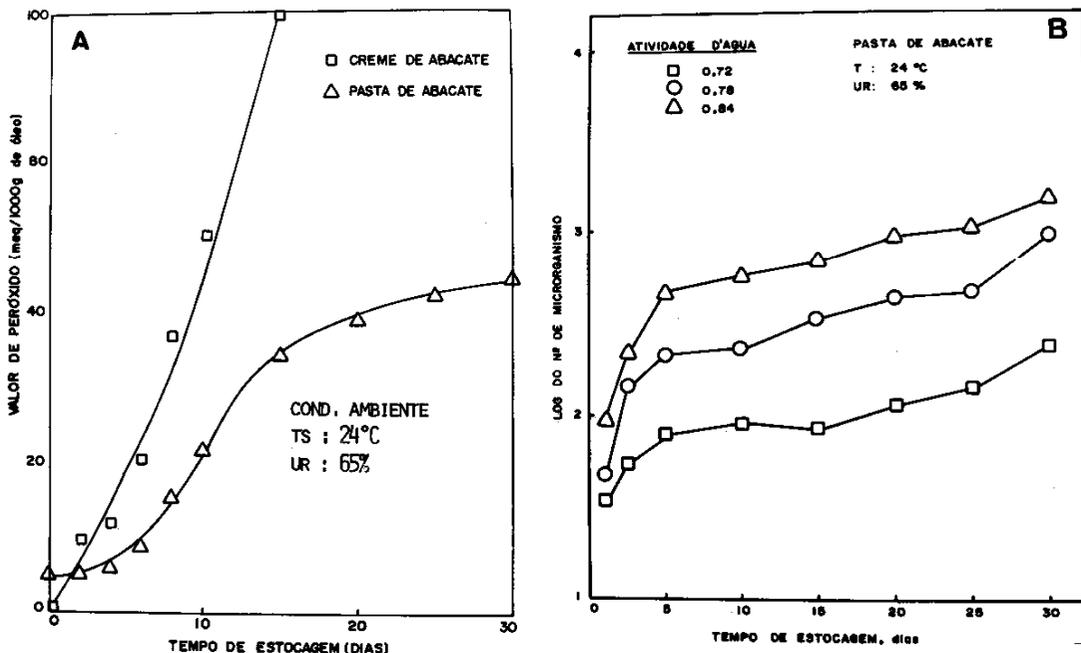


FIG. 9. Mudanças do valor de peróxido em amostras de creme e pasta de abacate (A) e desenvolvimento de fungos na pasta de abacate (B), durante 30 dias de estocagem.

Padrões Alimentícios (CNNPA). Isto demonstra que a atividade da água em níveis de 0,72 a 0,78 permite a preservação da pasta por um período mínimo de 30 dias.

CONCLUSÕES

1. O grau de remoção da água do creme do abacate é influenciado diretamente pela espessura da amostra, pela temperatura, e pela umidade relativa do ar de secagem.

2. Pela linearidade apresentada nos gráficos que representam os efeitos de espessura e temperatura, pode-se concluir que a secagem do creme de abacate apresenta um regime idêntico em todo o período de secagem, regido por forças capilares e pelas leis de difusão.

3. O sistema de vibração aumentou de 15% a 20% a cinética de perda de água do creme de abacate.

4. A introdução de duas novas variáveis - velocidade do ar e vibração de amostras - durante a secagem, aumentou a eficiência do secador em 57%.

5. O índice de peróxidos de 40 miliequivalentes por 1000 g de óleo, após 30 dias de armazenamento simulado, não produziu odor de ranço que pudesse ser detectado na pasta final de abacate.

6. O número de fungos detectados nas amostras da pasta de abacate com a_w variando entre 0,72 e 0,78, após 30 dias de estocagem, foi inferior ao permitido pelo Compêndio Nacional de Normas e Padrões Alimentícios - CNNPA, que corresponde a 10^3 por g para pasta de frutos.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (Washington, EUA) **Official Methods of Analysis**. Washington, DC, 1990.
- BIALE, J.B.; YOUNG, R.E. The avocado pear. In: HULME, A. C. (Ed.) **The biochemistry of fruits and their products**. Londres: Academic Press, 1971. p.1-63.
- BRADDOCK, R.J.; MARCY, J.E. Freeze concentration of pineapple juice. **Journal of Food Science**, v.50, n.6, p.1936-1939, 1985.
- BRADDOCK, R.J.; MARCY, J.E. Quality of freezed concentrate orange juice. **Journal of Food Science**, v.52, n.1, p.158-162, 1987.
- BURKE, R.F.; DECAREAU, R.V. Recent advance in the freeze-drying of food products. **Advances in Food Research**. New York, v.13, p.1-88, 1964.
- CAL-VIDAL, J.; CASTRO-GOMES, R.; KUBOTA, E.H. Crio-secador para produção de pastas alimentícias de alta estabilidade. **Revista da Propriedade Industrial**, v.864, p.35 patente MU 650.1583, 1987.
- DESHPANDE, S.S.; BOLIN, H.R.; SALUNKHE, D.H. Freeze concentration of fruit juices. **Food Technology**, v.36, n.5, p.68-71, 1982.
- FLORES, J., MIRÓ, E., PIÑAGA, F.; PRIMO, E. Criodeshidratación de alimentos infantiles. I. Influencia de los parámetros del proceso sobre la velocidad de secado y sobre la calidad de los alimentos. **Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, v.13, n.4, p.596-608, 1973.
- HALLOWELL, E.R. **Cold and freezer storage manual**. Westport: AVI, 1980. p.42-50.
- KAPLOW, M. Commercial development of intermediate moisture foods. **Food Technology**, v.24, n.8, p.889-893, 1970.
- KAREL, M. Recent research and development in the field of low moisture foods. **CRC Critical Reviews in Food Technology**, v.3, n.3, p.329-379, 1973.
- KUBOTA, E.H. **Cinética de perda d'água e caracterização reológica de uma pasta láctea obtida pela secagem a frio**. Lavras: ESAL, 1985. 94p. Tese de Mestrado.
- KUBOTA, E.H.; CAL-VIDAL, J. Cool drying of milk cream type product. In: INTERNATIONAL DRYING SYMPOSIUM, 5. **Proceedings...** Canada: McGill University, 1986. v.1, p.422-427.
- KUBOTA, E.H.; CAL-VIDAL, J. Secagem a frio de um produto lácteo. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.42, n.253, p.35-42, 1987.
- LEWIN, L.M.; MATELES, R.I. Freeze-drying without vacuum; preliminary investigation. **Food Technology**, v.16, n.1, p.94-96, 1962.
- MADARRO, A.; PEÑA, J.L.; PIÑAGA, F.; CARBONELL, J.V. Utilización del aire ambiente en el secado de alimentos. **Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, v.25, n.3, p.335-346, 1984.
- MERYMAN, A.T. Sublimation freeze-drying without vacuum. **Science**, v.130, p.628-629, 1959.
- SCHMIDT, F.W.; CHEN, Y.S.; KIRB-SMITH, M.; MACNEIL, J.H. Low temperature air drying of carrot cubes. **Journal of Food Science**, v.42, n.5, p.1294-1298, 1977.
- SINNAMON, H.I.; KOMANOWSKI, M.; Heiland, W.K. An experimental apparatus for drying particulate foods in air. **Food Technology**, v.22, n.2, p.219-222, 1968.
- SPECK, M.L. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington, DC: APHA Intersociety/Agency Committee on Microbiological Methods for Foods, 1976. 701p.
- WOODWARD, T.H. Freeze-drying without vacuum. **Food Engineering**, v.35, n.6, p.96-97, 1963.