

# SALGA DE QUEIJO TIPO MINAS POR IMPREGNAÇÃO A VÁCUO<sup>1</sup>

Luciana C. HOFMEISTER<sup>2</sup>, José Antônio R. SOUZA<sup>2</sup>,  
José Carlos C. PETRUS<sup>3</sup>, João Borges LAURINDO<sup>3</sup>

## RESUMO

Estudou-se o uso da impregnação a vácuo (IV) para a salga de queijo tipo Minas, utilizando-se uma câmara hermética, na qual amostras de queijos (cilíndricos, com massa de 500g e dimensões de 120mm de raio por 60mm de altura) foram imersas em solução de salmoura com 22% em massa de NaCl. Os ensaios foram realizados após a etapa de enformagem e prensagem, para facilitar a reprodutibilidade estrutural dos queijos. Utilizou-se vácuo de 85,3kPa ( $P_{\text{abs}} = 16\text{kPa}$ ), aplicado intermitentemente, intercalado com a recuperação da pressão atmosférica na câmara. Após períodos pré-estabelecidos, a câmara foi aberta e os queijos foram pesados e seccionados, de modo a permitir a determinação da distribuição de sal no interior dos mesmos pelo método de Mohr. A salga por IV permitiu a obtenção de queijos com 1,6% em massa de sal em 15 minutos, contra 2,5 horas da salga convencional. Além disso, a distribuição de sal nos queijos salgados por IV foi mais homogênea do que nos queijos salgados por imersão em salmoura a pressão atmosférica. Esses resultados indicaram que a salga de queijos tipo Minas por IV pode ser uma boa alternativa de processamento, tanto do ponto de vista econômico como tecnológico.

**Palavras-chave:** queijo Minas; sal; vácuo; cinética; distribuição.

## SUMMARY

SALTING OF MINAS CHEESE BY VACUUM IMPREGNATION. Minas cheese salting by vacuum impregnation was studied using cylindrical cheese samples of about 500 g and 120 × 60mm (radius × height), that were immersed in a hermetic chamber with 22g NaCl/100g, where sub-atmospheric pressures were applied. The essays were performed after the press stage, used in this to obtain more compact cheeses and facilitate the reproducibility of an average cheese pore structure. Vacuum intensity of 85.3kPa (absolute pressure of 16kPa) was applied intermittently, interleaving with the atmospheric pressure recuperation in the chamber. After pre-determined periods, the chamber was opened and the cheeses were weighed and cut, in order to determine the salt concentration distributions, by means of a modified Mohr method. The results showed that cheese salting by vacuum impregnation (VI) attained an average concentration of 1.6g NaCl/100g in only 15 minutes, while by the classical salting method, it is necessary about 2.5 hours, for cheese samples studied in this work. Cheese salt distributions were more homogeneous in vacuum impregnated salted cheeses when compared with atmospheric pressure salted cheeses. Therefore, VI can be a very good alternative to salting Minas cheese in the industry.

**Keywords:** Minas cheese; salting; vacuum; rate; distribution.

## 1 - INTRODUÇÃO

Os alimentos, em sua grande maioria, são porosos. A porosidade e as características do espaço poroso, como a forma predominante dos poros e a conectividade interporos são importantes nos fenômenos de transferência de calor e de massa nesses alimentos durante o processamento. Na indústria de alimentos, o fenômeno de transferência de massa sólido-líquido está presente em várias operações unitárias e processos de transformação, como na secagem, na extração sólido-líquido, na desidratação osmótica de vegetais e carnes e na salga de carnes e queijos, entre outros.

Na desidratação osmótica ocorrem dois fluxos simultâneos em contracorrente: a saída da água e solutos da matriz do alimento sólido e a entrada da solução hipertônica no produto. A salga de queijos e a desidratação osmótica de frutas são processos controlados por difusão, que requerem um longo tempo de contato entre as fases líquida e sólida [16, 18, 23, 31, 32].

Nos últimos anos, a impregnação a vácuo (IV) tem sido aplicada como uma alternativa aos processos osmótico-difusivos. Vários trabalhos têm relatado a aplicação de vácuo em processos de desidratação osmótica de frutas, como alternativa para melhorar a impregnação de um soluto e diminuir o tempo de contato necessário entre as fases líquida e sólida [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 27, 29].

Trabalhos científicos publicados por pesquisadores têm sugerido o uso da IV no processo de salga de queijo tipo Manchego [4, 14, 15, 16, 24]. Uma característica micro-estrutural importante dos queijos recém prensados é a sua estrutura porosa, que os coloca como alimentos adequados para a aplicação da IV [17, 22].

Considerando a estrutura porosa dos alimentos e a presença de ar no seu interior, FITO & PASTOR [9] propuseram um modelo físico para descrever o processo de impregnação a vácuo de um meio poroso, o qual denominaram de Mecanismo Hidrodinâmico-HDM, diferenciando a IV do mecanismo difusivo que predomina na desidratação osmótica de alimentos.

As bases teóricas do Mecanismo Hidrodinâmico (HDM) consideram uma relação direta entre a microestrutura do alimento e os fenômenos de impregnação, em condições de vácuo [1, 2, 9, 12]. A IV consiste em promover o contato entre um alimento sólido e uma solução contendo o soluto ou solutos a serem impregnados em ambientes a pressões sub-atmosféricas. O gás presente nos poros do alimento se expande e sai para a câmara de vá-

<sup>1</sup> Recebido para publicação em 17/05/2004. Aceito para publicação em 11/08/2005 (001347).

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina. Caixa Postal: 476. CEP: 88040-900, Florianópolis-SC, Brasil. Telefone: (55) 48 331 9930, Fax: (55) 48 331 9687. E-mail: joao@enq.ufsc.br

<sup>3</sup> A quem a correspondência deve ser enviada.

cuo, até que a pressão interna nesses poros se equilibre com a pressão sub-atmosférica imposta na câmara de vácuo. Isso provoca uma degaseificação da estrutura porosa, cuja intensidade é função direta da intensidade do vácuo aplicado. Assim que as pressões interna e externa do alimento se igualam, ocorre uma entrada de líquido nos poros superficiais do alimento, por ação das forças capilares. Com a subsequente recuperação da pressão atmosférica, o líquido que está em contato com o alimento sólido penetra no interior dos poros devido aos gradientes macroscópicos de pressão. A intensidade dessa impregnação será função do nível de degaseificação obtido na etapa anterior.

Em alimentos com características elásticas, os fenômenos de deformação e de relaxamento da estrutura sólida também influenciam significativamente o processo de troca de matéria entre o mesmo e a solução [2, 9].

O aprisionamento de gás dentro de poros que estão mal conectados à superfície é outro aspecto que está presente no processo de impregnação de um meio poroso por um líquido, mas que é de difícil medição. Esse fenômeno de aprisionamento de um fluido no interior de meios porosos foi identificado por pesquisadores que estudaram o deslocamento de um fluido por outro fluido imiscível em meios porosos artificiais transparentes chamados micromodelos, os quais foram filmados e as seqüências de imagens analisadas por software [19, 20].

O queijo Minas Frescal originou-se a partir de fabricações caseiras difundidas no estado de Minas Gerais, sendo um dos tipos de queijo mais consumido no Brasil. Observam-se grandes variações nas características deste tipo de queijo devido à diversidade dos processos de fabricação utilizados, mas uma notável e importante é a porosidade presente no mesmo. O queijo Minas é um queijo branco, poroso, com alto teor de umidade, com sabor ligeiramente ácido e com uma concentração de sal em torno de 1,6% [13].

A salga reduz a atividade de água dos queijos, melhorando a sua estabilidade química, microbiana e bioquímica e contribui para modificar o sabor do produto final [5, 21, 22]. Os processos de salga de queijos são geralmente lentos, requerem horas ou dias, devido aos baixos valores do coeficiente de difusão do sal, para as baixas temperaturas utilizadas para manter a segurança sanitária do produto final. Isto implica em importante investimento financeiro e desperdício de sal, quando se promove a renovação de grandes quantidades de salmoura. Além disso, as soluções salinas possuem grande potencial iônico, sendo poluentes [15].

Durante o processo de salga, dois fluxos importantes ocorrem no queijo: a entrada de cloreto de sódio e a perda de água e de alguns sólidos solúveis presentes no queijo. Diversos autores estudaram a salga de queijos, modelando os processos difusivos simultâneos de penetração de sal e saída de água e determinaram os gradientes de concentração de sal no interior dos mesmos, comprovando que esta etapa é lenta e limitante do processo [25, 28, 30,

31, 33, 34]. Em um processo de salga de queijos por imersão em solução de salmoura, o valor do coeficiente de difusão do sal no queijo varia entre  $1,4$  a  $3,1 \times 10^{-11}$  m<sup>2</sup>/s [22].

PAVIA et al. [24, 25] relataram que queijos tipo Manchego salgados por IV foram menos fraturados, mais coesos e elásticos do que queijos salgados de forma convencional e que a textura dos mesmos praticamente não se alterou durante o processo de cura. Outros trabalhos publicados relataram que a salga por IV pode provocar diferenças em alguns índices de maturação e parâmetros de qualidade dos queijos, quando comparada com o processo de salga por imersão em salmoura a pressão atmosférica. Porém, estas diferenças na qualidade do produto final foram pequenas [2, 5].

Em trabalho prévio, HOFMEISTER, SOUZA & LAURINDO [17] realizaram um estudo comparativo entre a salga convencional e a salga a vácuo de queijo tipo Minas, utilizando soluções de salmoura a 22% em massa de NaCl, coloridas com azul de metileno. Após os processos de salga, os queijos foram seccionados e fotografados para observação e registro do avanço do processo de penetração da solução salina, evidenciado pelo corante. Os autores relataram que o processo de salga a vácuo foi muito mais eficaz para a impregnação da solução salina colorida que o processo convencional. Além disso, as fotografias evidenciaram claramente grande influência da intensidade do vácuo e do tempo de contato na eficácia da impregnação dos queijos com a solução de salmoura colorida. No entanto, os resultados baseados na penetração do azul de metileno são adequados somente para análises comparativas de diferentes estratégias de processamento, pois são de natureza qualitativa.

Considerando as vantagens de redução do tempo de salga e a melhor distribuição de sal nos queijos relatados na literatura, considera-se de grande interesse a aplicação da IV na salga de queijos tipo Minas. O objetivo deste trabalho foi o de estudar o comportamento deste tipo de queijo quando submetido a salga por impregnação a vácuo, visto que se trata de um dos queijos mais consumidos no Brasil. A otimização do seu processo de salga visa diminuir o tempo de processo e as heterogeneidades na concentração de sal no produto final.

## 2 - MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 - Obtenção dos queijos tipo Minas

Em cada processamento do queijo Minas foram utilizados 3 litros de leite pasteurizado, com teor de gordura padronizado entre 3,0 e 3,2%, adquiridos em supermercado de Florianópolis-SC. O leite foi aquecido a temperatura de 35°C, quando se adicionou 1g de coalho (renina comercial) previamente dissolvido em água morna (35°C) livre de cloro. A coalhada atingiu as condições de corte após 60 minutos de repouso. Para o corte da coalhada, foram utilizadas lâminas de aço inoxidável, com o corte sendo realizado de forma cruzada, obtendo-se cubos de apro-

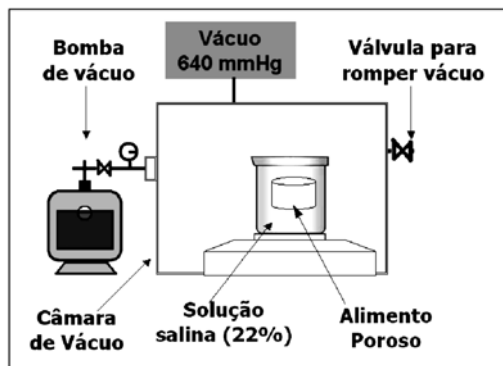
ximadamente 1,5cm de aresta. Após essa etapa, procedeu-se a mistura da massa, utilizando uma colher vazada de aço inoxidável. Em seguida realizou-se a operação de dessoragem, facilitando a etapa de enformagem, que foi realizada em fôrmas próprias para tal, logo após a etapa de mistura. As fôrmas com a massa foram levadas para um sistema de prensagem usando pesos de chumbo de 3, 5 ou 7kg, onde a massa foi prensada durante 30 minutos. A forma foi invertida para que se realizasse a prensagem do queijo por mais 30 minutos. Embora a etapa de prensagem não seja tradicional na fabricação do queijo Minas, esta foi realizada neste trabalho para possibilitar a obtenção de queijos de estrutura mais compacta e a reprodutibilidade das amostras, aspecto este de fundamental importância para se efetuar comparações entre os processos de salga por IV e a pressão atmosférica. Esse procedimento não prejudicou a aplicabilidade dos resultados, pois se o processo de salga a vácuo for adequado para os queijos prensados, o será também para queijos não-prensados, de estrutura porosa mais aberta.

Após a retirada das formas, efetuou-se os ensaios de salga por IV em duplicata e a pressão atmosférica, conforme descrito a seguir.

## 2.2 - Experimentos de salga dos queijos

### 2.2.1 - Experimentos de salga por IV

A solução salina utilizada para os experimentos com o queijo Minas foi uma salmoura a 22% em massa de NaCl comercial. Na impregnação a vácuo utilizou-se uma câmara hermética acoplada a uma bomba de vácuo da marca Tecnal, modelo TE-058-Brasil. No interior da câmara foi colocado um recipiente para receber a solução salina e os queijos a serem impregnados. O dispositivo experimental possuía uma tela de plástico, que foi colocada sobre as amostras, para impedir que as mesmas flutuassem durante os experimentos (queijo flutua porque se deforma com o vácuo e seu volume aumenta. Quando a pressão atmosférica é recuperada, a estrutura do queijo relaxa e volta ao estado inicial). Um esquema desse dispositivo experimental é mostrado na *Figura 1*.



**FIGURA 1** - Dispositivo usado nos experimentos de salga de queijos tipo Minas por IV

Os experimentos de salga por IV consistiram em se colocar os queijos submersos na solução de salmoura e se aplicar vácuo com intensidade de 85,3kPa, de maneira intermitente, durante períodos de tempo pré-determinados, conforme mostrado na *Tabela 1*. No final dos ensaios de salga por IV, as amostras de queijo foram seccionadas, de modo a permitir a determinação dos perfis de concentração de sal no interior das mesmas, conforme explicado mais adiante.

**TABELA 1** - Resumo das condições experimentais utilizadas na salga de amostras de queijo tipo Minas por IV

| Ensaio | Tempo (min) | Intermitência                         | Δt salga-análises |
|--------|-------------|---------------------------------------|-------------------|
| EP1    | 120         | 4x (25min. vácuo + 5min. $p_{atm}$ )  | 24h               |
| EP2    | 30          | 3x (9min. vácuo + 5min. $p_{atm}$ )   | 24h               |
| EP3A   | 20          | 2x (9min. vácuo + 5min. $p_{atm}$ )   | 24h               |
| EP3B   | 20          | 2x (9min. vácuo + 5min. $p_{atm}$ )   | 24h               |
| EP4A   | 15          | 2x (6,5min. vácuo + 5min. $p_{atm}$ ) | 0h                |
| EP4B   | 15          | 2x (6,5min. vácuo + 5min. $p_{atm}$ ) | 24h               |
| EP4C   | 15          | 2x (6,5min. vácuo + 5min. $p_{atm}$ ) | 7 dias            |

### 2.2.2 - Experimentos de salga a pressão atmosférica

O experimento de salga a pressão atmosférica consistiu em se colocar amostras de queijo Minas submersas em salmoura a 22% em massa de NaCl, as quais permaneceram em contato com a solução durante 6 horas a pressão atmosférica. A determinação dos perfis de concentração de NaCl foi realizada 24 horas após a etapa de salga do queijo.

## 2.3 - Análises

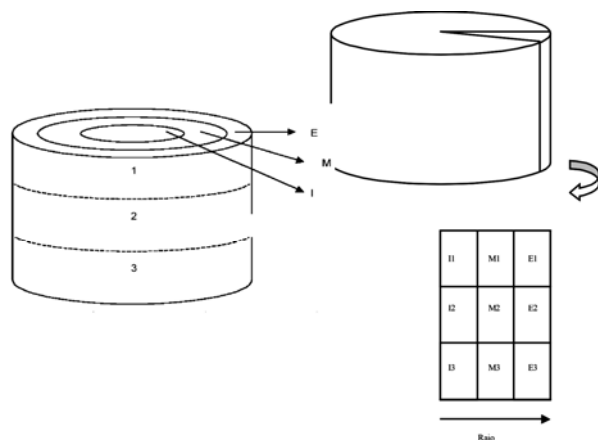
### 2.3.1 - Determinação da variação da massa do queijo Minas devido ao processo de salga

Determinou-se a variação da massa de cada queijo com uma balança semi-analítica da marca Gehaka, modelo BG2000-Brasil. Para isso, as amostras foram pesadas logo após a etapa de prensagem e após o processo de salga, com o que se determinou a variação percentual da massa de cada queijo.

### 2.3.2 - Preparação das amostras para a determinação dos perfis de concentração de NaCl

Para as determinações dos perfis de concentração de NaCl no interior dos queijos após a salga, os mesmos foram seccionados com um gabarito cilíndrico de aço inoxidável, obtendo-se as amostras ilustradas esquematicamente na *Figura 2* (E: amostras externas, diâmetro de 10,2cm; M: amostras intermediárias, diâmetro de 7,3cm; I: amostras do centro do queijo, diâmetro de 3,5cm). Os queijos também foram seccionados em três alturas diferentes (1, 2 e 3), tendo sido estes três cortes longitudinais realizados dividindo-se a altura original do queijo em três partes iguais, conforme ilustrado na *Figura 2*. Em cada queijo analisado, foram determinadas as concentrações das nove partes distintas obtidas com os cortes (E1, E2, E3, M1, M2, M3, I1, I2 e I3), realizando as determinações das concentrações de sal de cada corte em triplicata.

As determinações analíticas, para os ensaios EP1, EP2 e EP3 (Tabela 1) foram realizadas após 24h da etapa de salga. Para as amostras EP4, determinou-se os perfis de concentração de NaCl após tempos distintos de estocagem (0h, 24h ou 7 dias), visando verificar o comportamento dos perfis de concentração de sal durante o armazenamento dos queijos.



**FIGURA 2** - Cortes realizados nas amostras de queijo após a salga, para a determinação dos perfis de concentração de NaCl

### 2.3.3 - Técnica analítica para a determinação da concentração de NaCl

Para a determinação da concentração de NaCl em cada parte do queijo utilizou-se o método de Mohr modificado [26], validado pelo método de Volhard [3]. Inicialmente, fragmentou-se uma amostra de queijo, previamente cortada de acordo com a Figura 2, pesaram-se 5g em uma cápsula de porcelana e procedeu-se à calcinação da mesma em mufla a 550°C. Após a calcinação, procedeu-se à extração e à titulação dos cloretos, que consistiu em: a) adicionar 5mL de ácido nítrico (1+9) e 30mL de água quente, com posterior agitação; b) filtrar o extrato em papel filtro e lavar este papel filtro com mais 50mL de água quente; c) neutralizar o filtrado com carbonato de cálcio; d) aquecer este filtrado em banho-maria até não haver mais desprendimento de dióxido de carbono; e) esfriar a solução a temperatura ambiente; f) adicionar duas gotas de solução de cromato de potássio a 10% em massa; g) titular com a solução de nitrato de prata 0,1N, até o aparecimento da coloração castanho-avermelhada.

O percentual de cloretos presente na amostra de queijo foi calculado através da equação 1 [18],

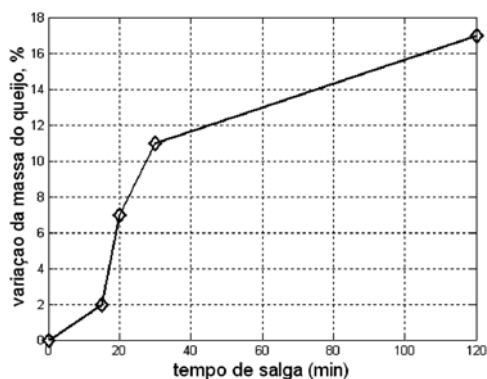
$$\% \text{ cloretos} = \frac{0,584 \times V \times f}{P} \quad (1)$$

onde V é o volume da solução de nitrato de prata (0,1 N) gasto na titulação (mL), f é o fator de correção para a solução de nitrato de prata 0,1 N e P é a massa da amostra (g).

## 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 - Variação das massas dos queijos nos processos de salga

As variações percentuais das massas dos queijos nos ensaios EP1, EP2, EP3 (A e B) e EP4 (A, B e C) podem ser visualizadas na Figura 3. Considerando-se que os queijos possuem estruturas porosas semelhantes (mesmo processo de preparação), esses resultados podem ser vistos como representativos da cinética do processo de salga dos mesmos por IV. Constata-se que, de modo geral, o ganho de massa aumenta com o tempo de contato com a solução salina. Esses valores podem ser facilmente obtidos a partir dos dados da Figura 3, considerando-se uma massa de 500g de queijo no início do processo de salga por IV. A menor taxa de ganho de massa de solução salina no início do processo pode estar relacionada com dificuldades de retirada do ar presente nos poros do queijo, nesta etapa.



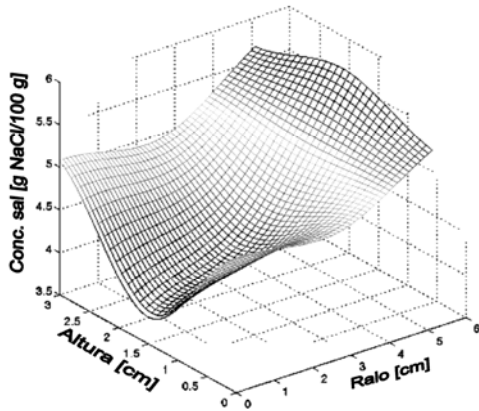
**FIGURA 3** - Variação percentual da massa de uma amostra de queijo Minas, com peso inicial de 500g, nas diferentes etapas de salga por IV

Em 20 minutos de salga a vácuo, obteve-se um aumento médio de aproximadamente 35g na massa do queijo, enquanto um tempo de contato de 6 horas na salga convencional promoveu um aumento médio de 20g na massa dos queijos testados. Estudos com queijo tipo Manchego, corroboram qualitativamente os resultados obtidos neste trabalho [14, 15, 16].

### 3.2 - Perfis de concentração de NaCl na salga por IV e a pressão atmosférica

Um resultado representativo da salga por IV, realizada por 2 horas, é apresentado na Figura 4, onde se pode constatar que a impregnação foi eficaz, mas o queijo apresentou uma concentração média de sal elevada, em torno de 4,5%, enquanto a concentração média de sal recomendada é de 1,6% [13].

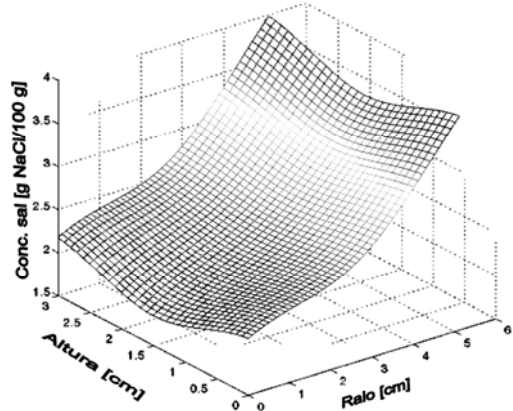
Por outro lado, o perfil de concentração dado na Figura 4 mostra que as concentrações de sal no centro do



**FIGURA 4** - Perfis de concentração de NaCl (ensaio EP1): 2h de vácuo intermitente com intensidade de 85,3kPa

queijo (I1, I2 e I3) de aproximadamente 4%, são semelhantes às concentrações das porções próximas da superfície do mesmo (E1, E2 e E3), de aproximadamente 5,4%, o que é favorável à obtenção de um produto mais homogêneo.

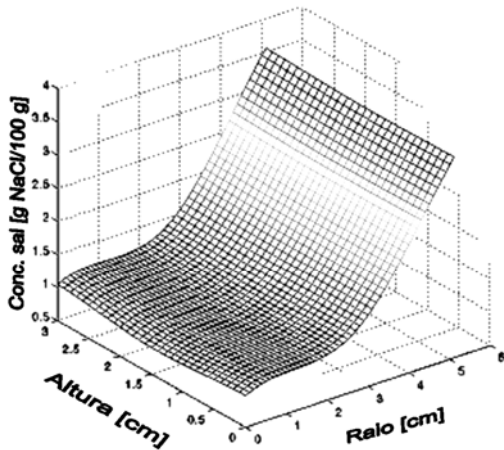
Os resultados representativos da impregnação a vácuo por 20 minutos (ensaios EP2) e 30 minutos (ensaios EP3A e EP3B) são apresentados nas Figuras 5 e 6, respectivamente. Na Figura 5, o perfil de concentração de sal mostra uma variação dos valores entre 2,08 e 3,45% de sal, o que indica uma distribuição relativamente homogênea, mas com um valor médio elevado, se considerarmos o valor indicado de 1,6% de sal. Na Figura 6, são apresentados os perfis determinados para duas amostras distintas de queijo Minas, visando estudar a repro-



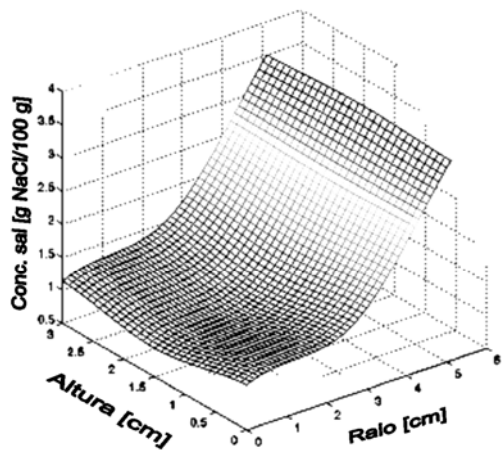
**FIGURA 5** - Perfis de Concentração de NaCl (ensaio EP2): 30 min de vácuo intermitente com intensidade de 85,3kPa

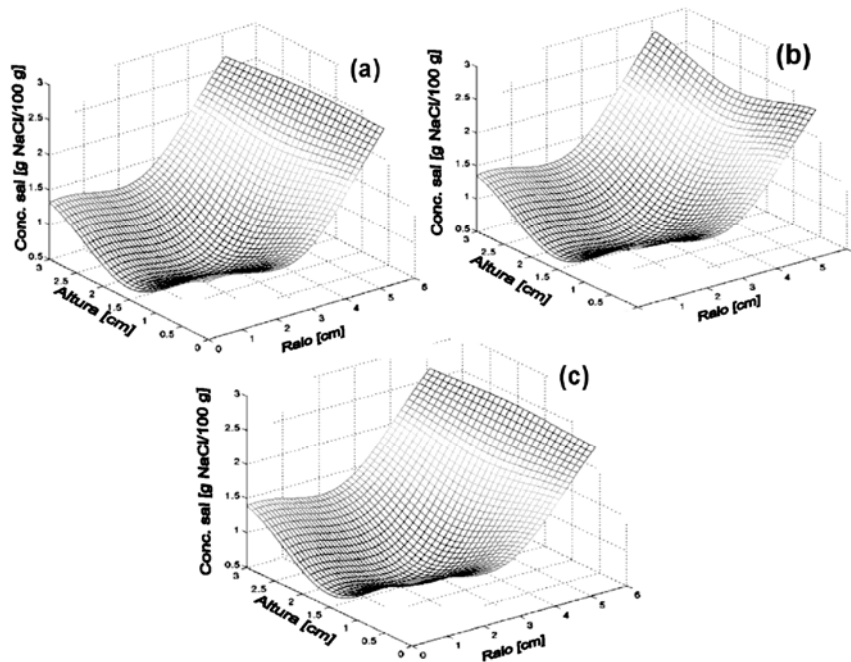
dutibilidade do processo de salga a vácuo. Com relação à distribuição de concentração de sal, os valores variaram de 1,08 a 2,86% para a amostra EP3A e de 1,06 a 2,82% para a amostra EP3B. Esses resultados experimentais mostraram claramente que o processo é reprodutivo, para queijos obtidos com o mesmo procedimento de fabricação, o que é importante quando se objetiva aplicar a salga a vácuo industrialmente.

Na Figura 7 são apresentados os perfis de concentração de sal em amostras de queijos submetidas a salga por IV por 15 minutos. As amostras foram analisadas em três momentos distintos, contados a partir do final da etapa de salga, ou seja, imediatamente, 24 horas e 7 dias após a salga.



**FIGURA 6** - Perfis de concentração de NaCl (ensaios EP3A e EP3B): 20 min de vácuo intermitente com intensidade de 85,3kPa

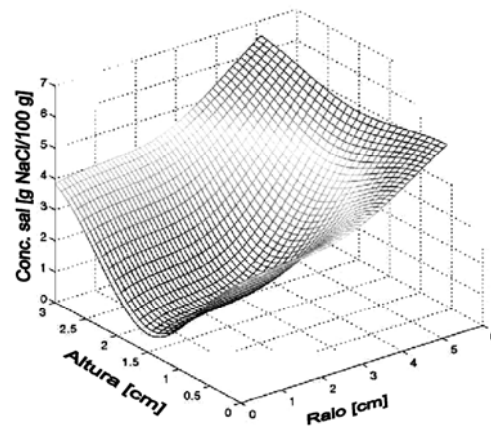




**FIGURA 7** - Perfis de concentração de NaCl (ensaios EP4A, EP4B, EP4C): 15 min de vácuo intermitente com intensidade de 85,3kPa: (a) análise imediata, (b) análise após 24 horas da impregnação, (c) análise após 7 dias da impregnação

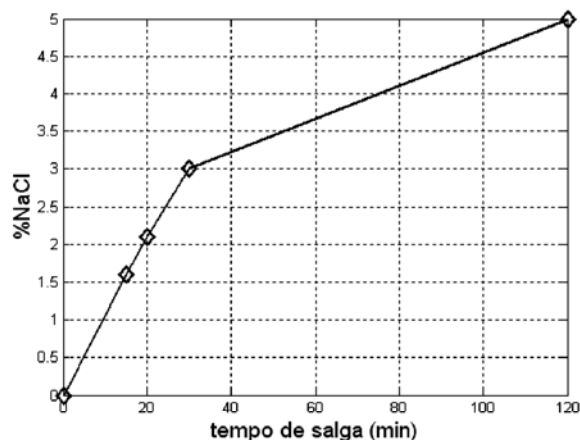
Com 15 minutos de contato, obtiveram-se queijos com concentrações médias de sal muito próximas de 1,6%. Além disso, a distribuição de concentração de sal no volume do queijo é bastante aceitável, variando de 0,7% no centro a 2,15% nas regiões próximas da superfície. Os resultados da evolução dos perfis de concentração de sal durante a estocagem indicaram que estes não se modificaram significativamente durante os sete dias analisados. A explicação para isso pode estar associada a dois fatores. O primeiro está relacionado à estrutura da matriz de caseína, a qual não sofreu proteólise, pois não houve incorporação de fermento láctico na preparação dos queijos e o tempo de estocagem foi relativamente curto. Como não houve ação das bactérias lácticas, acredita-se que a matriz protéica seja mais fechada, onde a mobilidade do NaCl é menor. O outro fator a ser considerado é que a migração de NaCl no interior do queijo ocorre preferencialmente através da água líquida presente nos poros do mesmo. Como ocorre uma secagem do queijo durante o armazenamento refrigerado, a quantidade de água líquida diminui, sobretudo na superfície, dificultando grandemente o transporte de sal das regiões de maior para as regiões de menor concentração.

Para fins de comparação, apresenta-se na *Figura 8* o perfil de concentração de sal em um queijo salgado através do processo tradicional, por imersão na solução salina a 22% de NaCl, por um período de seis horas. Esse resultado mostra uma grande diferença entre as concentrações centrais e próximas da superfície do queijo analisado, que variaram de 0,91 a 5,32% em massa de NaCl.



**FIGURA 8** - Perfis de concentração de NaCl após 6 horas a pressão atmosférica

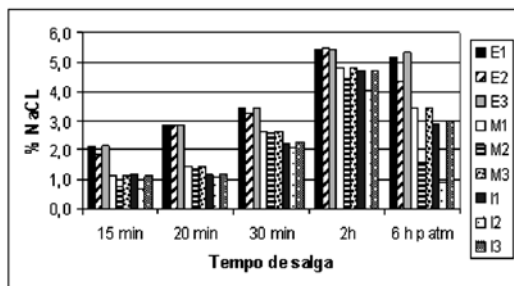
Na *Figura 9* é mostrada a evolução temporal das concentrações médias de sal obtidas para os queijos salgados por IV. Essas concentrações foram calculadas pela soma ponderada das concentrações de sal determinadas para cada corte do queijo. Para a salga a pressão atmosférica, a taxa média de transferência de sal para o queijo foi igual a 3,17g NaCl/h, para as amostras de queijo utili-



**FIGURA 9** - Evolução temporal da concentração média de NaCl em queijo salgado por IV

zadas neste trabalho. Assim, seriam necessárias aproximadamente 2,5 horas para se atingir a concentração de sal igual a 1,6% em massa. Com a salga por IV, nas condições experimentais estudadas, esse resultado foi obtido em apenas 15 minutos.

Considerando-se que os queijos possuem estruturas porosas semelhantes (mesmo processo de preparação), esses resultados podem ser analisados como sendo representativos da cinética do processo de salga dos queijos tipo Minas por IV. Constata-se que o ganho de sal aumenta com o tempo de contato com a solução salina, com a taxa de ganho de sal possuindo valor médio igual a aproximadamente 53g NaCl/min nos primeiros 15 minutos, decrescendo levemente para 50g NaCl/min entre 15 e 20 minutos de aplicação do vácuo. Para tempos entre 20 e 30min essa taxa decresce para 45g NaCl/min e finalmente para um valor médio igual a 11g NaCl/min para tempos de salga entre 30 e 120min. Esses valores podem ser facilmente obtidos a partir dos dados da *Figura 9*, considerando-se uma massa de 500g de queijo no início do processo de salga por IV.



**FIGURA 10** - Comparação dos resultados dos perfis de concentração de sal obtidos com os diferentes tempos de salga a vácuo e a pressão atmosférica

Paralelamente, a *Figura 10* mostra a boa qualidade dos perfis de concentração de sal obtidos na salga por IV, nitidamente mais homogêneos que o perfil apresentado para a salga realizada a pressão atmosférica. Essa diferença tende a ser ainda mais acentuada se as dimensões do queijo forem maiores.

#### 4 - CONCLUSÕES

Os resultados relatados na seção anterior nos permitem concluir que é possível se realizar a salga de queijo tipo Minas em tempos muito inferiores aos necessários para a salga convencional e que a distribuição de sal nos queijos salgados por IV são mais homogêneas. A introdução dessa técnica possui também a vantagem de necessitar de menos espaço físico nas instalações industriais e reduzir o descarte de solução salina no meio ambiente. Além disso, poderia se reduzir os riscos microbiológicos na etapa de salga, pois a salmoura utilizada durante toda a jornada vai se enriquecendo com diferentes substâncias oriundas dos queijos, como proteínas solúveis, partículas de caseína, lactose, ácido láctico e sais minerais e se tornando um meio de cultura propício para o crescimento de microrganismos. Outro aspecto a ser considerado é que microrganismos indesejáveis podem ser levados aos tanques de salga por queijos contaminados, que vão disseminá-los em novas cargas de queijos. O uso de menores quantidades de solução e uma maior renovação da mesma, prática essa possível na impregnação a vácuo, pode também contribuir para a diminuição dos riscos microbiológicos.

Estudos adicionais devem ser realizados sobre a influência da aplicação do vácuo na textura e suculência dos queijos salgados por impregnação a vácuo, assim como sobre a mudança de escala do processo, visando o seu uso industrial.

#### 5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ANDRES, A., PRADO, P., FITO, P., and CHIRALT, A. **Structural changes in porous foods during vacuum impregnation process**. Proceedings of the poster session. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE PROPERTIES OF WATER. Practicum II. 1994, Mexico: UDLA-Puebla, p. 1821
- [2] ANDRES, A.M.G. **Impregnacion a Vacio em Alimentos porosos. Aplicación al salado de quesos**. Valencia, 1995, 195p. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos), Universidad Politécnica de Valencia (UPV).
- [3] A.O.A.C - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16 ed., 1995. 1141p.
- [4] AZOUBEL, P. M.; MURR, F. E. X. Mass transfer kinetics of osmotic dehydration of cherry tomato. **Journal of Food Engineering**, v.61, p 291-295, 2004.
- [5] CHIRALT, A.; FITO, P.; BARAT, J.M.; ANDRÉS, A.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C.; ESCRICHE, I.; CAMACHO, M.M. Use of vacuum impregnation in food salting process. **Journal of Food Engineering**, v.49, p.141-151, 2001.

- [6] FITO, P. Modelling of vacuum osmotic dehydration of food. *Journal of Food Engineering*, v.22, p.313-328, 1994.
- [7] FITO, P.; CHIRALT, A.; BARAT, J.M.; ANDRÉS, A.; MARTÍNEZ-MONZÓ, J. & MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. vacuum impregnation for development of new dehydrated products. *Journal of Food Engineering*, v.49, p.297-302, 2001.
- [8] FITO, P.; CHIRALT, A.; BETORET, N.; GRAS, M.; CHÁFER, M.; MARTÍNEZ-MONZÓ, J.; ANDRÉS, A. & VIDAL, D. vacuum impregnation and osmotic dehydration in matrix engineering - application in functional fresh food development. *Journal of Food Engineering*, v.49, p.175-183, 2001.
- [9] FITO, P., PASTOR, R., non-diffusional mechanism occurring during vacuum osmotic dehydration (VOD). *Journal of Food Engineering*, v. 21, p. 513-519, 1994.
- [10] FITO, P., CHIRALT, A. **An update on vacuum osmotic dehydration**, 1 ed. Lancaster: Technomic Pub. Co. Inc., 1994.
- [11] FITO, P., PASTOR, R. On some non-diffusional mechanism occurring during vacuum osmotic dehydration. *Journal of Food Science*, 21, p. 319513, 1994.
- [12] FITO, P., ANDRES, A., CHIRALT, A., AND PARDO, P. Coupling of hydrodynamic mechanism and deformation-relaxation phenomena during vacuum treatments in solid porous food liquid systems. *Journal of Food Engineering*, 27, p. 229240, 1996.
- [13] FURTADO, M. M. A. **Arte e a Ciência do Queijo**, 2.edição. São Paulo: Editora Globo S.A., 1991.
- [14] GONZALES, C., FUENTES, C., ANDRÉS, A., CHIRALT, A. & FITO, P. Effectiveness of vacuum impregnation brining of manchego-type curd. *International Dairy Journal*, v.9, p.143-148, 1999.
- [15] GONZÁLEZ-MARTINEZ, C.; CHAFER, M.; FITO, P. & CHIRALT, A. Development of salt profiles on manchego type cheese during brining - influence of vacuum pressure. *Journal of Food Engineering*, v.53, p.67-73, 2002.
- [16] GUAMIS, B., TRUJILLO, A. J., FERRAGUT, V., CHIRALT, A., ANDRES, A., FITO, P. Ripening control of manchego type cheese salted by brine vacuum impregnation. *International Dairy Journal*, v. 7, p. 185-192, 1997.
- [17] HOFMEISTER L.C., SOUZA J.A.R., LAURINDO, J.B. Use of dyed solutions to visualize different aspects of vacuum impregnation of Minas cheese. *Lebensmittel Wissenschaft Und Technologie*, v. 38, p. 379-386, 2005.
- [18] INSTITUTO ADOLFO LUTZ . **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**, 3ª edição. São Paulo, 1985. 533p.
- [19] LAURINDO, J. B.; PRAT, M. Numerical and experimental network study of evaporation in capillary porous media - phase distributions. *Chemical Engineering Science*, v. 51, n. 23, p. 5171-5185, 1996.
- [20] LENORMAND, R.; TOUBOL, E.; ZARCONI, C. Numerical models and experiments on immiscible displacements in porous media. *J. Fluid Mech.*, vol. 189, p.165-187, 1988.
- [21] MARCOS, A.; ALCALÁ, M.; LÉON, F., FERNÁNDEZ-SALGUERO, J. & ESTEBAN, M.A. Water activity and chemical composition of cheese. *Journal of Dairy Science*, v.64, p.622-626, 1981.
- [22] MARTINEZ N.N., ANDRES, A.M.G., CHIRALT A.B. AND FITO P.M. **Termodinámica y cinética de sistemas alimento entorno**, 1ª edición. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 1998.
- [23] NIETO A.B., SALVATORI D.M., CASTRO M.A., ALZAMORA, S.M. Structural changes in apple tissue during glucose and sucrose osmotic dehydration: shrinkage, porosity, density and microscopic features. *Journal of Food Engineering*, v.61, p. 269-278, 2004.
- [24] PAVIA, M.; GUAMIS, B.; TRUJILLO, A. J.; CAPELLAS, M. & FERRAGUT, V. Changes in microstructural, textural and colour characteristics during ripening of manchego-type cheese salted by brine vacuum impregnation. *International Dairy Journal*, v.9, p.91-98, 1999.
- [25] PAVIA, M.; TRUJILLO, A. J.; GUAMIS, B. & FERRAGUT, V. Ripening control of salt-reduced manchego-type cheese obtained by brine vacuum-impregnation. *Food Chemistry*, v.70, p.155-162, 2000.
- [26] PAYNE, M.R.; MORISON, K.R. A Multi-component approach to salt and water diffusion in cheese. *International Dairy Journal*, v.9, p.887-894, 1999.
- [27] SALVATORI, D.; ANDRÉS, A.; CHIRALT, A., FITO, P. Osmotic dehydration progression in apple tissue I: spatial distribution of solutes and moisture content. *Journal of Food Engineering*, v.42, p.125-132, 1999.
- [28] SALVATORI, D.; ANDRÉS, A.; CHIRALT, A., FITO, P. Osmotic dehydration progression in apple tissue II: generalized equations for concentration prediction. *Journal of Food Engineering*, v.42, p.133-138, 1999.
- [29] SHI, X. Q., FITO, P., Mass transfer in vacuum osmotic dehydration of fruits: a mathematical model approach. *Lebensmittel-Wissenschaft Und-Technologie*, v.27, p.67-72, 1994.
- [30] SHI, X.Q.; FITO, P., CHIRALT, A. Influence of vacuum treatment on mass transfer during osmotic dehydration of fruits. *Food Research International*, v. 28, n.5, p. 445-454, 1995.
- [31] SILVA, R. S. F; BORSATO, D., SILVA, L. H. M. Difusão do cloreto de sódio no processo de salga de queijos: modelagem matemática com o emprego do método de elementos finitos. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, v.18, p.87-92, 1998.
- [32] SIMAL, S., SÁNCHEZ, E.S., BON, J., FEMENIA, A., ROSSELLÓ, C. Water and salt diffusion during cheese ripening: effect of the external and internal resistances to mass transfer. *Journal of Food Engineering*, v.48, p.269-275, 2001.
- [33] TURHAN, M.; KALETUNÇ, G. Modeling of salt diffusion in white cheese during Long-term brining. *Journal of Food Science*, v. 57, n. 5, p.1082-1085, 1992.
- [34] ZORRILLA, S. E.; RUBIOLLO, A. C. Average NaCl concentration in cheese for different volume ratios of brine and solid during salting. *Journal of Food Science*, v.56, n.6, p.1548-1551, 1991.