

## EFEITO DO USO DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>) NAS PROPRIEDADES REOLÓGICAS DO QUEIJO MINAS FRESCAL

### Effect of the carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) use on the rheological properties of Minas Frescal cheese

*Junio César Jacinto de PAULA<sup>1</sup>*  
*Márcia C. T. Ribeiro VIDIGAL<sup>2</sup>*  
*Antônio Fernandes de CARVALHO<sup>3</sup>*  
*Renata Golin B. COSTA<sup>4</sup>*  
*Luis Antonio MINIM<sup>5</sup>*  
*Valéria Paula Rodrigues MINIM<sup>6</sup>*

#### SUMÁRIO

A pré-acidificação do leite com CO<sub>2</sub> para a fabricação de queijos pode trazer benefícios tecnológicos e econômicos. Ao contrário de outros ácidos, grande parte do ácido carbônico formado pela solubilização do CO<sub>2</sub> é perdida durante o processo de fabricação e pode ser removida facilmente do soro. O objetivo deste trabalho foi avaliar, em escala industrial, os efeitos da utilização de dióxido de carbono, dissolvido no leite pasteurizado, nas propriedades reológicas do queijo Minas Frescal. O experimento consistiu em avaliar dois métodos de incorporação de CO<sub>2</sub> no leite pasteurizado para a fabricação dos queijos: injeção de CO<sub>2</sub> sob pressão, no leite a 32°C até pH 6,30 e adição de 5 % de água carbonatada ao leite no tanque de fabricação, além do tratamento controle (sem CO<sub>2</sub>). Foram realizadas análises reológicas do queijo Minas Frescal durante o armazenamento a 5°C ± 1°C por 35 dias. Com base nas condições empregadas no experimento e nos resultados obtidos, pode-se concluir que a injeção de CO<sub>2</sub> ao leite aumentou a viscosidade complexa dos queijos Minas Frescal. Provavelmente, isto se deve a maior porosidade e a consequente perda de umidade provocada pela redução do pH dos queijos tratados com injeção de CO<sub>2</sub> sob pressão ao leite pasteurizado. Os queijos não apresentaram derretimento mesmo quando submetidos a alta temperatura (85°C).

**Termos para indexação:** Queijo Minas; Processamento; Reologia.

#### 1 INTRODUÇÃO

O uso de CO<sub>2</sub> na fabricação de queijos tem despertado grande interesse por ser de aplicação simples, seguro e de baixo custo. Pesquisas em países economicamente estáveis têm demonstrado que o uso do CO<sub>2</sub> na indústria de queijos ocasiona diversos benefícios tecnológicos como diminuição do tempo de coagulação, aumento da firmeza da coalhada, maior liberação de soro, redução da dose

de coalho, melhor controle do processo e alterações no rendimento (RUAS-MADIEDO et al., 2002; DIAS e GIGANTE, 2009; NELSON et al., 2004; LOSS, C. R. e HOTCHKISS, J. H., 2003).

Dentre os queijos de massa crua, o queijo Minas Frescal tem grande aceitação e popularidade no mercado, fazendo parte do hábito alimentar brasileiro, o que decorre de algumas características como alta aceitabilidade sensorial, preços mais acessíveis a uma maior faixa da população, facilidade

- 1 Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos (UFV). Pesquisador e Professor da EPAMIG-CEPE/ILCT. Rua Tenente Freitas, 116, Juiz de Fora – MG. Tel: 32-3224-3116. E-mail: junio@epamig.br.
- 2 Engenheira de Alimentos (UFV). Doutoranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Laboratório de Análise Sensorial – DTA/UFV. Campus Universitário – Viçosa – MG. Tel: 31-3899-2227. E-mail: mctribeiro@yahoo.com.br.
- 3 Pós-Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos (UFV). Professor Adjunto do DTA/UFV. Campus Universitário – Viçosa – MG. Tel: 31-3899-1800. E-mail: antoniofernandes@ufv.br.
- 4 Doutora em Ciência dos Alimentos (UFPA). Pesquisadora e Professora da EPAMIG-CEPE/ILCT. Rua Tenente Freitas, 116, Juiz de Fora – MG. Tel: 32-3224-3116. E-mail: renata.costa@epamig.br.
- 5 Doutor em Engenharia Química (UNICAMP). Professor Adjunto do DTA/UFV. Campus Universitário – Viçosa – MG. Tel: 31-3899-2227. E-mail: lminim@ufv.br.
- 6 Doutora em Ciência de Alimentos (UNICAMP). Professora Associada do DTA/UFV. DTA, Campus Universitário – Viçosa – MG. 31-3899-1623. E-mail: vprpm@ufv.br.

de fabricação, bom rendimento e preparo rápido. Com alto teor de umidade, o queijo Minas Frescal é um queijo de consumo rápido, com pouca durabilidade, dependendo da qualidade do leite e do processo de fabricação utilizado (FURTADO, 2005; PAULA et al., 2011). Esses queijos são altamente perecíveis, sendo susceptíveis às condições inadequadas de transporte e estocagem nas gôndolas dos mercados distribuidores. Atualmente, há uma tendência na indústria de alimentos de substituição dos métodos de prevenção que alterem química e fisicamente os alimentos por métodos menos severos. Dessa forma, grande atenção tem sido dada a novas tecnologias de processamento e acondicionamento, tais como atmosfera modificada, embalagens ativas, adição de  $\text{CO}_2$ , dentre outras (PAULA, 2010).

O dióxido de carbono está distribuído na natureza como um gás livre no ar normal em níveis de 0,03 a 0,04 % ou como sais e compostos na forma de sais como carbonato de sódio, bicarbonato de sódio, carbonato de cálcio, dentre outros. Em pressões e temperaturas normais, o dióxido de carbono é um gás incolor, inodoro, não combustível, não tóxico e levemente ácido (JACOBS, 1959). O  $\text{CO}_2$  é solúvel no leite mesmo durante o processo de fabricação de queijos de massa crua, em temperatura de 38°C, podendo permanecer nos produtos durante a maturação, estocagem e distribuição. Nos alimentos com alto teor de umidade, o  $\text{CO}_2$  pode se dissolver na fase aquosa, formando ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), que se dissocia nas espécies iônicas bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e hidrogênio ( $\text{H}^+$ ) (LOSS e HOTCHKISS, 2003). A presença do ácido carbônico é o grande responsável pelos benefícios tecnológicos como diminuição do tempo de coagulação, aumento da firmeza da coalhada, maior liberação de soro, redução da dose de coalho e melhor controle do processo. No entanto o comportamento reológico dos queijos pode ser modificado pela presença ou ausência de ácido na coalhada. A maior acidificação do queijo leva a uma neutralização progressiva de sua carga, o que diminui a capacidade natural de retenção de água (FURTADO, 2005), podendo aumentar a firmeza dos queijos.

Os queijos, como outros produtos alimentícios, possuem propriedades reológicas que são importantes para a sua qualidade e aceitabilidade pelo consumidor, tais como firmeza e textura. Tais propriedades estão relacionadas diretamente com a composição e microestrutura do produto, assim como o estado físico-químico desses componentes, força de interação entre os elementos estruturais e a microestrutura (FOX et al., 2000). Queijos, em geral, são considerados materiais viscoelásticos (Fox et al., 2000). Vários fatores,

principalmente de sua composição, são conhecidos por influenciar a textura dos queijos, como exemplo, os teores de proteína, gordura, sal, minerais e pH (VISSER, 1991).

Ensaaios oscilatórios fornecem importantes informações sobre as propriedades viscoelásticas dos queijos, tais como módulo de armazenamento ( $G'$ ) e módulo de perda ( $G''$ ), os quais caracterizam o comportamento sólido (elástico) e líquido (viscoso), respectivamente, bem como a viscosidade complexa ( $\eta^*$ ) e tangente de fase ( $\tan \delta = G''/G'$ ). O objetivo deste trabalho foi avaliar, em escala industrial, os efeitos da utilização de dióxido de carbono, dissolvido no leite pasteurizado, nas propriedades reológicas do queijo Minas Frescal.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Delineamento estatístico

O experimento consistiu em avaliar dois métodos de incorporação de  $\text{CO}_2$  no leite pasteurizado para a fabricação dos queijos: injeção de  $\text{CO}_2$ , sob pressão, no leite a 32°C até pH 6,30 e adição de 5% de água carbonatada ao leite no tanque de fabricação, além do tratamento controle (sem  $\text{CO}_2$ ). Os experimentos foram conduzidos em três repetições, no delineamento inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas, sendo o fator  $\text{CO}_2$  alocado nas parcelas e nos tempos de estocagem como subparcelas. As análises foram realizadas com o auxílio do programa MINITAB, versão 14 (STATISTICAL SOFTWARE. MINITAB INC., 2003).

### 2.2 Condições de carbonatação

O leite foi pasteurizado em pasteurizador a placas (BRAS HOLANDA, modelo 7500, Curitiba-PR, Brasil) a 72°C por 15 segundos e resfriado para 32°C, utilizando-se a regeneração do sistema. Um expansor de aço inoxidável foi inserido na tubulação de saída de leite pasteurizado, após a seção de regeneração do pasteurizador. Um tubo retardador de aço inoxidável, com uma válvula sanitária de controle de pressão inserida no final, foi adicionado após o ponto de injeção de  $\text{CO}_2$ , permitindo, pelo menos, 15 segundos de tempo de contato para incorporação de  $\text{CO}_2$  no leite pasteurizado. Um medidor de pressão foi colocado na linha logo antes da válvula de controle de pressão. A quantidade de  $\text{CO}_2$  adicionada ao leite foi controlada em função da leitura de pH do leite no tanque de fabricação, por meio da abertura ou do fechamento da válvula de controle de fluxo de  $\text{CO}_2$ , até obtenção de valores de pH na faixa de 6,30.

O tratamento com adição de água carbonatada foi realizado por meio da incorporação de

5% de água carbonatada comercial (marca Crystal) sob o volume de leite utilizado para a fabricação do queijo (2,5 L para 50 L de leite). A água foi adicionada no leite no tanque de fabricação logo antes da adição do coagulante.

### 2.3 Fabricação do queijo Minas Frescal

Para a fabricação do queijo Minas Frescal, foram utilizados 50 L de leite pasteurizado e padronizado para 3,0% (m/m) de gordura, ao qual foi adicionado cloreto de cálcio (Produtos Macalé LTDA), 25 mL da solução a 40% (m/v). O leite, utilizado nos três tratamentos, foi então acidificado lentamente com solução de ácido láctico (Produtos Macalé LTDA), 0,85% (m/v), diluído a 1% (10 mL da solução a 85% m/v, diluída para 1,0 L de água destilada), de modo a aumentar a acidez em 0,02 g de ácido láctico por 100 mL de leite. A temperatura foi ajustada para 35°C e então se procedeu à coagulação, usando 1,5 mL de coagulante (Chy-max M®, força 950 IMCU/mL, Chr-Hansen) sendo mantida a mesma quantidade de coagulante para os diferentes tratamentos. Após o tempo necessário para a coagulação, a coalhada foi cortada lentamente, por meio de liras horizontal e vertical, em cubos grandes (2 cm de aresta) e deixada em repouso por 5 min. O processo de mexedura foi fixado em 20 min após o início da mexedura da coalhada. A massa foi então enformada em formas de Minas Frescal de 250 g, as quais foram deixadas em repouso para o dessoramento e para a realização de três viragens, após 10 min, 30 min e 60 min. Os queijos foram então salgados em salmoura a 20% (m/v) de sal em temperatura de 10°C a 12°C por 40 min e deixados na própria forma para a secagem a 7°C e a 70% de umidade relativa do ar até o dia seguinte, quando foram embalados em embalagens plásticas de polietileno. O queijos foram armazenados em estufas tipo B.O.D (American Lab, BOD AL200) a 5°C  $\pm$  1°C para a realização das análises nos tempos previstos.

### 2.3 Análise reológica

As análises para a determinação das propriedades reológicas dos queijos Minas Frescal foram realizadas no Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa. Foi utilizado um reômetro oscilatório HAAKE MARS (Modular Advanced Reometer System, Thermo Electron Corp., Alemanha), equipado com um banho termostático (Phoenix 2C30P, Thermo Electron Corp., Alemanha), utilizando-se o sensor de placas paralelas serrilhadas de 20 mm de diâmetro (PP 20S) para evitar o deslizamento da amostra, e uma configuração de gap de 1,0 mm para todas as amostras.

As análises dos queijos foram realizadas após 1, 2, 3, 4 e 5 semanas de estocagem à temperatura de 5°C, em três repetições. As amostras cilíndricas de queijo armazenadas a sob refrigeração (5°C  $\pm$  1°C) foram cortadas em discos de 1 mm de espessura. As amostras foram retiradas do interior do queijo. Após o sistema de medição do reômetro alcançar a posição de teste, o excesso da amostra foi removido do sensor com auxílio de uma espátula. Antes das análises reológicas, as amostras foram mantidas em repouso, no sensor, por cinco minutos para estabilização da temperatura e rearranjo estrutural a exatamente 5°C. Uma nova amostra foi utilizada em cada ensaio.

A região de viscoelasticidade linear de cada formulação foi determinada por meio da aplicação de uma varredura de tensão entre 1 Pa e 500 Pa a frequência constante de 1 Hz. Para o teste oscilatório, foi utilizado um valor de tensão dentro do intervalo de viscoelasticidade linear (20 Pa).

No teste oscilatório, foi aplicada uma varredura de frequência (0,01 Hz a 10 Hz) a uma tensão constante e os valores dos componentes elástico ( $G'$ ) e viscoso ( $G''$ ) e  $\tan \delta = G''/G'$  foram calculados usando o software Haake RheoWin Data Manager.

Também foi realizada uma varredura de temperatura (de 5°C a 85°C), a frequência de 1 Hz a 1,5°C/min, para verificar o comportamento viscoelástico dos queijos Minas em função da temperatura. Para as análises estatísticas dos resultados, utilizou-se o valor de  $G'$ ,  $G''$  e  $\tan \delta$  a frequência de 1 Hz (JUAN et al., 2007).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, serão apresentados os atributos reológicos ao longo do tempo de estocagem dos queijos Minas Frescal tratado com os diferentes métodos de incorporação de CO<sub>2</sub>.

Na caracterização reológica dos queijos Minas Frescal submetidos aos diferentes métodos de incorporação de CO<sub>2</sub> verificou-se que houve diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre as amostras, para os atributos reológicos: componente elástico ( $G'$ ), componente viscoso ( $G''$ ) e viscosidade complexa ( $\eta^*$ ). O método de incorporação de CO<sub>2</sub> e o período de armazenamento do queijo por cinco semanas alteraram as propriedades viscoelásticas dos queijos Minas Frescal.

Durante todo o período de armazenamento, os queijos submetidos aos diferentes métodos de incorporação de CO<sub>2</sub> apresentaram valores do módulo de armazenamento ( $G'$ ) superiores ao módulo de perda ( $G''$ ) para toda a faixa de frequência estudada, mostrando o caráter sólido dos queijos. Entretanto, Fritzen-Freire et al. (2010) relataram comportamento oposto. Estes autores ao estudar os efeitos de uma bactéria probiótica (*Bifidobacterium*

**Tabela 1** – Atributos reológicos ao longo do tempo de estocagem dos queijos Minas Frescal tratado com os diferentes métodos de incorporação de CO<sub>2</sub>

Estocagem do queijo (dias)	Tratamento	G' (Pa)	G'' (Pa)	Tan δ	η* (Pa.s)
7	CO <sub>2</sub>	39875,00	8403,50	0,21	6486,00
	Branco	31483,33	6771,33	0,22	5125,33
	Água carbonatada	28833,33	6112,67	0,21	4690,67
14	CO <sub>2</sub>	37946,67	8371,00	0,22	6184,33
	Branco	34985,00	7437,00	0,21	5692,00
	Água carbonatada	31325,00	6939,00	0,22	5106,50
21	CO <sub>2</sub>	39286,67	8762,67	0,22	6407,00
	Branco	36363,33	8153,67	0,22	5930,67
	Água carbonatada	33220,00	7443,00	0,22	5418,67
28	CO <sub>2</sub>	45936,67	10596,67	0,23	7503,00
	Branco	44390,00	10446,33	0,24	7258,00
	Água carbonatada	32416,67	7524,67	0,23	5296,67
35	CO <sub>2</sub>	85636,67	18053,67	0,24	12471,33
	Branco	45390,00	9836,00	0,23	6861,00
	Água carbonatada	37143,33	7579,00	0,23	5432,00

Legenda: \* valores médios de cada tratamento em cada tempo.

Bb-12) e ácido láctico nas propriedades reológicas de queijo Minas Frescal após 1 e 28 dias de armazenamento reportaram que todas as amostras de queijo avaliados apresentaram uma maior tendência a viscosidade do que a elasticidade. Este resultado pode ser justificado pela maior proteólise do queijo durante o armazenamento, provocada principalmente pela ação de enzimas como aminopeptidases, dipeptidases e tripeptidases, provenientes de bactérias probióticas adicionadas. No queijo Minas Frescal, este comportamento pode impactar negativamente, de forma que o tempo de vida útil normalmente adotado pelas empresas, para o queijo Minas Frescal armazenado a 5°C, deve ser de no máximo 30 dias, a partir do qual o aumento na degradação proteica tornaria os queijos inaceitáveis aos consumidores.

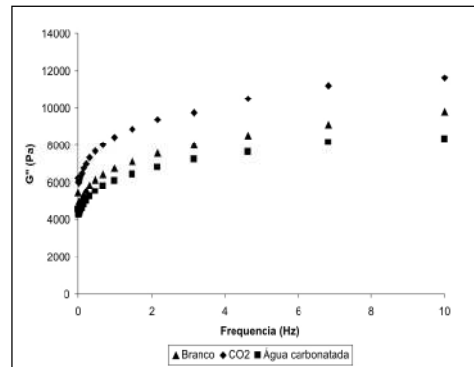
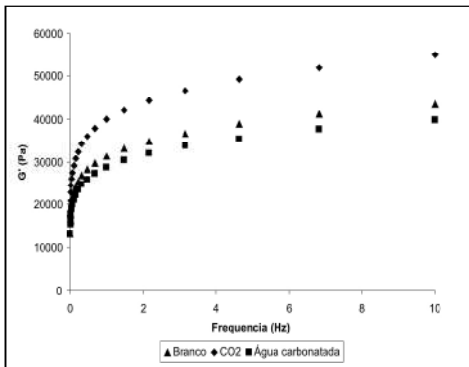
Observou-se diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) em relação ao tempo de armazenamento para os atributos G', G'', η\* e tan δ que apresentaram crescimento linear em função do tempo. A interação entre tratamento e tempo de armazenamento, segundo a análise de variância, apresentou diferença significativa para os atributos reológicos estudados ( $p \leq 0,05$ ). Em relação ao tratamento controle, os valores de G', η\* e tan δ aumentaram linearmente em função do tempo durante o período de estocagem. Já para o tratamento com injeção de CO<sub>2</sub>, não houve tendência significativa em função do tempo apenas para o atributo G''. Para o tratamento com adição de água carbonatada, os atributos G' e η\* não apresentaram tendência significativa, porém, os atributos G'' e tan δ aumentaram em função do tempo para esses tratamentos.

Para o tempo de 7, 14 e 21 dias de armazenamento, não houve diferença significativa entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ) em relação aos atributos reológicos estudados. Aos 28 dias de armazenamento, o queijo Minas Frescal tratado com injeção de CO<sub>2</sub> apresentou maiores valores de G', G'' e η\* em relação ao tratamento com adição de água carbonatada, não diferindo estatisticamente do tratamento controle. Em relação à última semana de armazenamento, o tratamento com injeção de CO<sub>2</sub> apresentou maiores valores de G', G'' e η\* diferindo dos demais tratamentos ( $p \leq 0,05$ ). Isto se deve provavelmente ao maior deessamento do queijo que foi constatado pelo teor de umidade muito mais baixo encontrado para esse tratamento na última semana de análise. Este resultado também corrobora aqueles encontrados durante o estudo de TPA que detectou maior firmeza e fraturabilidade para o queijo tratado com injeção de CO<sub>2</sub> e durante o estudo da microestrutura realizado por meio da microscopia eletrônica de varredura em que foi observado que a matriz proteica do queijo tratado com injeção de CO<sub>2</sub> apresentou visualmente uma estrutura mais compacta, com maior número de poros de tamanho reduzido em comparação com matriz dos queijos dos demais tratamentos. Segundo Karoui & Dufour (2003), alguns fatores podem afetar a viscoelasticidade de queijos e estão geralmente relacionados ao conteúdo de água, proteólise e pH.

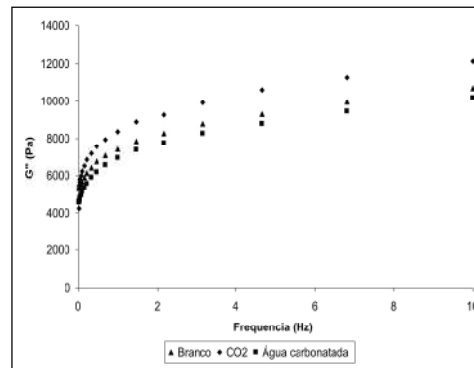
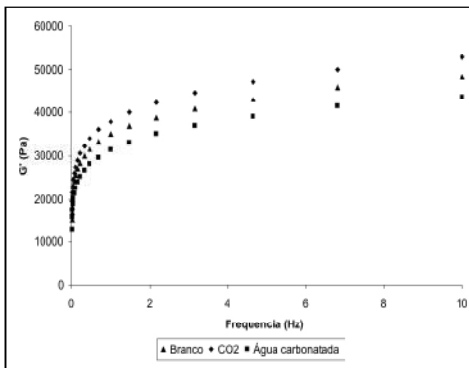
A tan δ indica a predominância da propriedade elástica ou viscosa na amostra. Não houve diferença entre os tratamentos em relação à tan δ

( $p > 0,05$ ) durante o período de armazenamento. Portanto, a  $\tan \delta$  não foi afetada pelo método de incorporação de  $\text{CO}_2$  na faixa de frequência estudada.

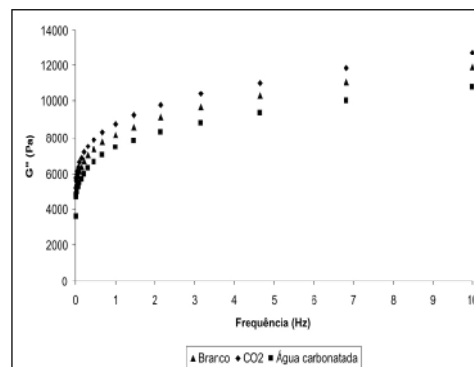
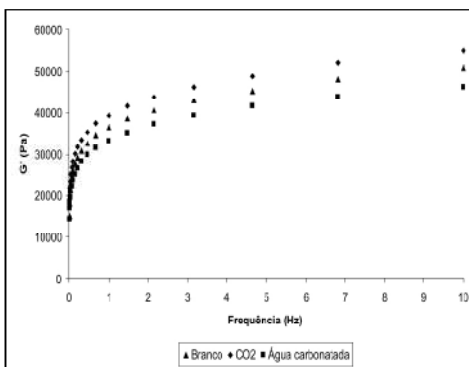
Na Figura 1, mostra-se a varredura de frequência na avaliação dos componentes de viscoelasticidade ( $G'$  e  $G''$ ) dos queijos Minas Frescal ao longo do período de estocagem.



(componentes de viscoelasticidade  $G'$  e  $G''$  aos 7 dias)

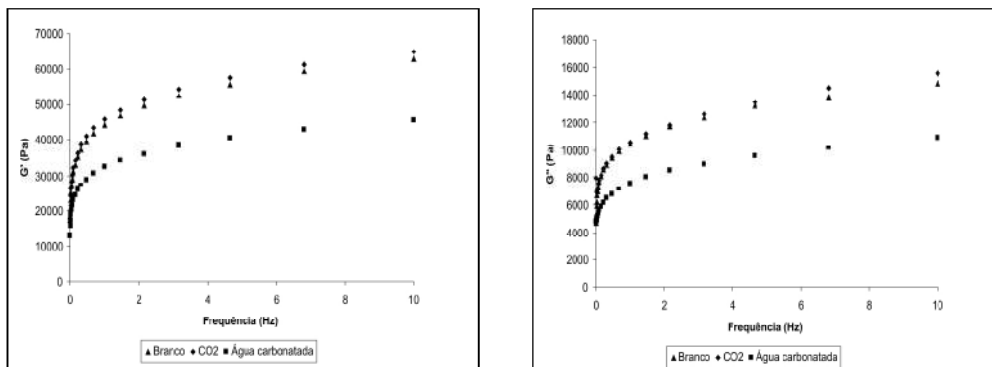
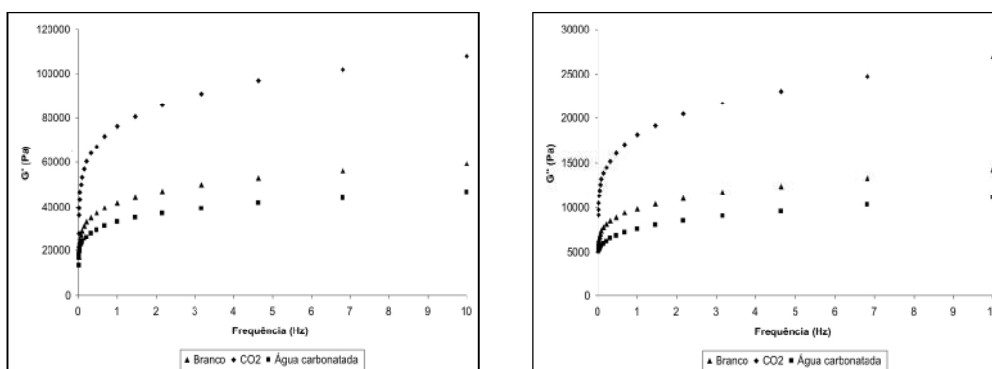


(componentes de viscoelasticidade  $G'$  e  $G''$  aos 14 dias)



(componentes de viscoelasticidade  $G'$  e  $G''$  aos 21 dias)

**Figura 1** – Varredura de frequência na avaliação dos componentes de viscoelasticidade ( $G'$  e  $G''$ ) dos queijos Minas Frescal ao longo do período de estocagem.

(componentes de viscoelasticidade  $G'$  e  $G''$  aos 28 dias)(componentes de viscoelasticidade  $G'$  e  $G''$  aos 35 dias)

continuação

**Figura 1** – Varredura de frequência na avaliação dos componentes de viscoelasticidade ( $G'$  e  $G''$ ) dos queijos Minas Frescal ao longo do período de estocagem.

O efeito dos diferentes métodos de incorporação de  $\text{CO}_2$  sobre o atributo reológico  $G'$  dos queijos Minas Frescal em função da temperatura, serão apresentados na Figura 2. Para todos os queijos os valores de  $G'$  diminuíram com o aumento da temperatura até aproximadamente  $35^\circ\text{C}$ . Após essa temperatura,  $G'$  permanece praticamente constante. A temperaturas inferiores a  $20^\circ\text{C}$ , o queijo tratado com injeção de  $\text{CO}_2$  apresentou maior valor de  $G'$  do que o controle e o queijo tratado com água carbonatada. Com o aumento da temperatura, as diferenças entre os tratamentos foram menos pronunciadas. Durante o período de estocagem,  $G'$  foi superior a  $G''$  para todos os tratamentos, não havendo cruzamento das curvas (*crossover*) com o aumento da temperatura. A propriedade elástica predominou sobre componente viscoso em toda faixa de temperatura estudada, sendo assim o queijo Minas Frescal dos diferentes tratamentos não apresenta

derretimento mesmo em temperaturas elevadas como  $85^\circ\text{C}$ . O ponto de cruzamento entre as curvas de  $G'$  e  $G''$  representa a transição do queijo de um comportamento elástico ( $G' > G''$ ) para um comportamento mais viscoso ( $G'' > G'$ ), o que caracteriza o ponto de derretimento (*melting*) em queijos (LUCEY et al., 2003).

#### 4 CONCLUSÃO

Como existe grande relação entre composição, microestrutura e reologia, a maior acidificação do queijo leva a uma neutralização progressiva de sua carga, o que diminui a capacidade natural de retenção de água fazendo com que o produto diminua sua umidade ao longo do tempo. Paralelamente a matriz protéica mais compacta, poderia justificar também o maior comportamento sólido (elástico) encontrado na análise reológica dos queijos com injeção de  $\text{CO}_2$ .

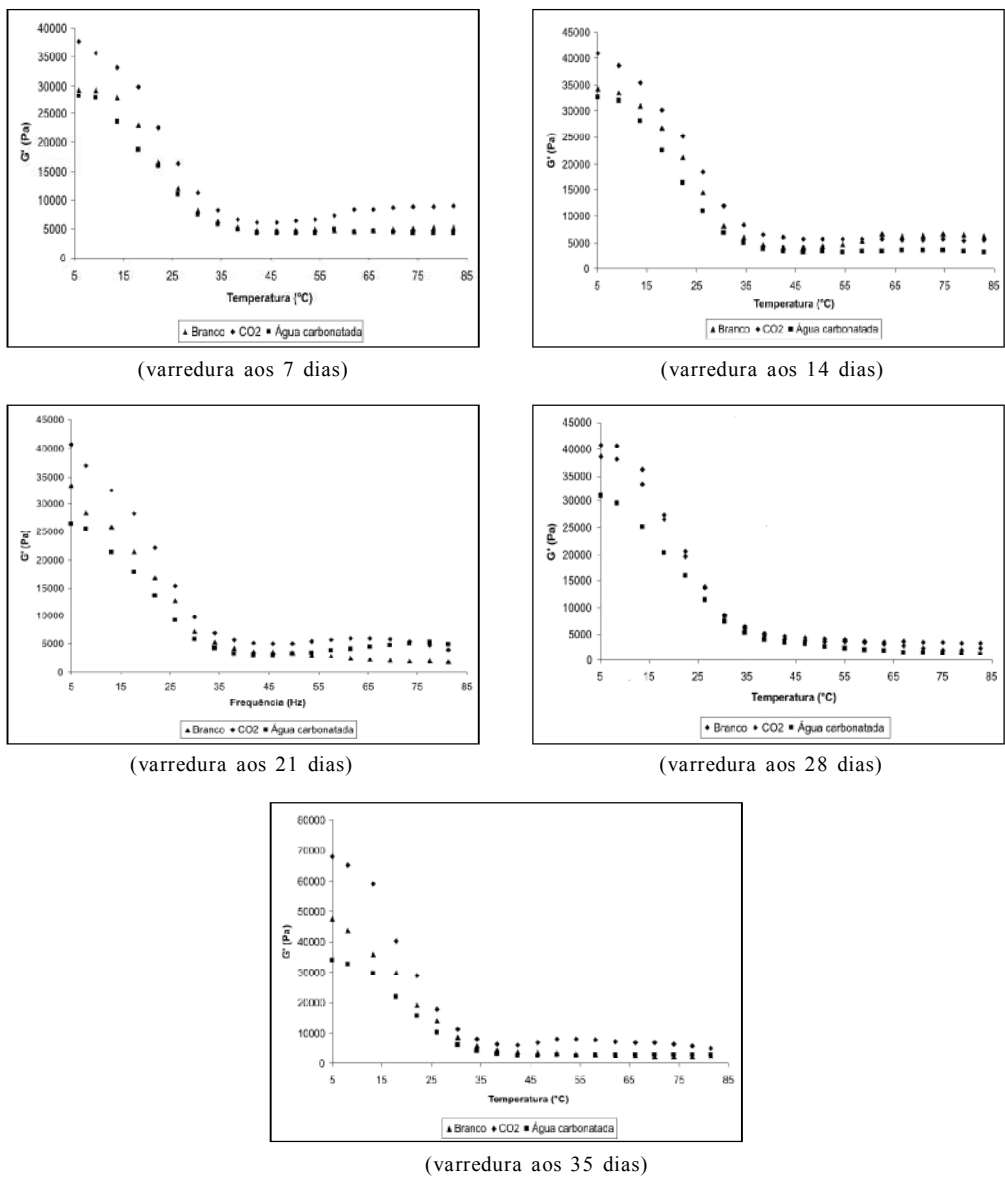


Figura 2 – Varredura de temperatura em função de  $G'$  dos queijos Minas Frescal ao longo do período de estocagem.

**AGRADECIMENTO**

Os autores agradecem à FAPEMIG, pelo suporte financeiro concedido ao projeto.

**SUMMARY**

The preacidification of cheese milk with

$CO_2$  can brings technological and economics benefits. Unlike other acids, great part of the carbonic acid formed by the  $CO_2$  solubilization is lost during the cheese-making and can easily be removed from the whey. The main objective of this work was to determine, on industrial scale, the technological effects of the preacidification of pasteurized milk with dissolved  $CO_2$  on rheological properties of Minas Frescal cheese.

The experiments were carried out with two methods of incorporating CO<sub>2</sub> into pasteurized cheese milk: CO<sub>2</sub> injection, under pressure in the milk at 32°C until to reach pH 6.30 and addition of 5% of carbonated water to the cheese milk in the cheese vat, besides the control treatment (without CO<sub>2</sub>). The rheological analysis of the Minas cheese were performed during the storage at 5°C ± 1°C for 28 days. Under the conditions employed in the experiment and the results, we can conclude that the injection of CO<sub>2</sub> to cheese milk increased firmness and brittleness of Minas Frescal cheese. However, over time, the firmness increased due to higher porosity and the consequent loss of moisture caused by lowering the pH of the cheeses treated with CO<sub>2</sub> injection under pressure in the pasteurized milk.

**Index Terms (keywords):** Minas Cheese; Processing; Reology.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DIAS, B. M., GIGANTE, M. L. Efeito da pré-acidificação do leite através da adição de CO<sub>2</sub> sobre o rendimento e as características físico-químicas do queijo Minas Frescal. **Anais do XXVI Congresso Nacional de Laticínios**, Juiz de Fora, Jul. de 2009.
- FOX, P. F., GUINEE, T. P., COGAN, T. M., Mc SWEENEY, P. L. H. **Fundamentals of cheese science**. Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, Maryland. 544 p. 2000.
- FRITZEN-FREIRE C. B., MÜLLER, C. M. O., LAURINDO, J. B., PRUDÊNCIO, E. S. The influence of Bifidobacterium Bb-12 and lactic acid incorporation on the properties of Minas Frescal cheese. **Journal of Food Engineering**. v. 96, p. 621-627. 2010.
- FURTADO, M. M. **Principais problemas dos queijos causas e prevenção**. Fonte Comunicações e Editora. São Paulo, SP, Brasil, 200 p. 2005.
- JACOBS, M. B. Manufacture and analysis of carbonated beverages. **Chemical Publishing CO. INC** – NY, 212, 5<sup>a</sup> Avenue. 1959.
- JUAN, B., TRUJILLO A. J., GUAMIS, V., BUFFA, M. e FERRAGUT, V. Rheological, textural and sensory characteristics of high-pressure treated semi-hard ewes' milk cheese **International Dairy Journal**. v. 17, p. 248-254. 2007.
- KAROUI, R., e DUFOUR, É. Dynamic testing rheology and fluorescence spectroscopy investigations of surface to centre differences in ripened soft cheeses. **International Dairy Journal**. v. 13, Issue 12, p. 973-985. 2003.
- LOSS, C. R. AND HOTCHKISS, J. H. Use of dissolved carbon dioxide to extend the shelf-life of dairy products. **Dairy Processing**. Cornell University, USA. Published by Woodhead Publishing Limited Abington Hall, Abington Cambridge CB1 6AH England. v. 1, p. 391-410. 2003.
- LUCEY, A., JOHNSON, M. E., E HORNE, D. S. J. Invited Review: Perspectives on the Basis of the Rheology and Texture Properties of Cheese. **Journal of Dairy Science**. v. 86, p. 2725-2743. 2003.
- MINIM, V. P. R., **Análise sensorial estudos com consumidores**. Viçosa – MG: Editora UFV. Universidade Federal de Viçosa. 225 p. 2006.
- NELSON, B. K., LYNCH, J. M., BARBANO, D. M. Impact of Milk Preacidification with CO<sub>2</sub> on the Aging and Proteolysis of Cheddar Cheese. **Journal of Dairy Science**. v. 87, p. 3590-3600. 2004.
- PAULA, J. C. J.; CARVALHO, A. F.; ALMEIDA, F. A.; COSTA, R. G. B.; SOBRAL, D.; MACHADO, G. M. Queijos Minas Frescal e Minas Padrão: características e tecnologia. **Revista Informe Agropecuário**. v. 32. n. 262. maio/jun. 2011. ISSN 0100-3364. 2011.
- PAULA, J. C. J. **Efeito do uso de Carbono (CO<sub>2</sub>) na fabricação dos queijos Minas Frescal e Minas Padrão**. Tese de doutorado, Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. MG. 120 p. 2010.
- RUAS-MADIEDO, P., ALONSO, L., DELGADO, T., BADA-GANCEDO, J. C., REYES-GAVILÁN, C. G. Manufacture of Spanish hard cheeses from CO<sub>2</sub>-treated milk. **Food Research International**, v. 35, p. 681-690. 2002.