AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA, PROTEÓLISE E PROPRIEDADES FUNCIONAIS DO QUEIJO MUSSARELA COMERCIAL COM TEOR REDUZIDO DE GORDURA

Evaluation of chemical composition, ripening and functional properties of reduced fat mozzarella cheese

Marisol de Oliveira CHIESA[1]
Jaqueline CAMISA[1]
Ariane Tayla Bisca VIEIRA[2]
Katia SIVIERI[3]
Priscila Cristina Bizam VIANNA[4]
Christiane Maciel Vasconcellos Barros de RENSIS[4*]

SUMÁRIO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a composição química, a proteólise e as propriedades funcionais de queijo Mussarela comercial com teor reduzido de gordura, disponíveis no mercado de Londrina-PR. Os queijos foram adquiridos no mercado com datas de fabricação próximas aos 30 dias e submetidos às análises de composição química. As propriedades funcionais capacidade de derretimento e formação de óleo livre, bem como os índices de extensão e de profundidade da proteólise foram acompanhados após 30, 45 e 60 dias de armazenamento a 5°C. As amostras comerciais não apresentaram diferença significativa em relação à composição. O teor de gordura de todas as amostras atendeu à legislação vigente em relação à porcentagem mínima (25%) de redução de gordura. Dentre as três marcas avaliadas, os queijos da marca C foram os que apresentaram os maiores índices de profundidade de proteólise. Em todas as marcas, a capacidade de derretimento aumentou ao longo do período de maturação. Em relação ao teor óleo livre, a marca C obteve valores significativamente maiores ($p<0,05$) quando comparados às demais marcas, o que pode comprometer a aparência do produto quando submetido ao aquecimento.

Termos para indexação: derretimento; Índice de Extensão; Índice de Profundidade; Queijo *light*; Óleo livre.

1 INTRODUÇÃO

Mundialmente a demanda por produtos light têm aumentado, principalmente entre consumidores mais exigentes com a saúde. O queijo Mussarela, que é largamente consumido no Brasil, vem sendo fabricado com teor reduzido de gordura (FERREIRA, 2004).

Entretanto, a remoção da gordura altera as características do produto final, acarretando defeitos na textura, no sabor e nas propriedades funcionais dos queijos (ZISU; SHAH, 2007; SHEEHAN; GUINEE, 2004).

Em queijos com teor reduzido de gordura, a matriz protéica exerce influência predominante e quanto maior a redução da gordura, a textura se torna mais firme e borrachenta (MISTRY; ANDERSON, 1993). Ao longo do tempo de armazenamento, observa-se um enfraquecimento da matriz protéica do queijo, que ocorre fundamentalmente em virtude da ação proteolítica do coalho ou coagulante residual. Este evento, denominado

1 Mestre em Ciência e Tecnologia do Leite, Universidade Norte do Paraná, UNOPAR, Londrina/PR.
2 Aluna do Curso de Engenharia de Alimentos, Bolsista PIBIC/CNPq, Universidade Norte do Paraná, UNOPAR, Londrina/PR.
3 Pesquisadora Universidade Estadual de São Paulo, UNESP, Araraquara/SP.
4 Professora do Mestrado em Ciência e Tecnologia do Leite, Universidade Norte do Paraná, UNOPAR, Londrina/PR *. christiane@unopar.br.

proteólise primária, está associado a um aumento da capacidade de derretimento e de retenção de água do queijo, aumento da liberação de óleo livre e redução da firmeza e elasticidade (FOX, 1989).

De acordo com Kindstedt (1993), o derretimento é a capacidade que as partículas de queijo tem de coalescerem formando uma massa de queijo uniforme. A capacidade de derretimento refere-se à habilidade da massa em derreter-se com relativa facilidade sobre a pizza, de maneira homogênea e sem formação exagerada de bolhas. Vários fatores como umidade, teor de gordura, conteúdo de sal, quantidade de água livre e proteólise podem influenciar a capacidade de derretimento do queijo Mussarela.

A separação de gordura, também conhecida como formação de óleo livre, ocorre quando a matriz de caseína se colapsa durante o aquecimento, permitindo que os glóbulos de gordura coalesçam dirigindo-se à superfície. Segundo Tunick e Shieh (1995), a quantidade de óleo livre formada depende da interação entre gordura e caseína. O excesso de óleo livre pode ser considerado como um defeito grave na aparência do queijo derretido. Esse defeito tem adquirido uma maior importância na medida em que cresce a preocupação da população com uma dieta saudável, com baixa ingestão de alimentos com elevados níveis de colesterol e gordura (KINDSTED; RIPPE, 1990).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a composição química, a proteólise e as propriedades funcionais de queijo Mussarela comercial com teor reduzido de gordura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

a. Coleta e amostragem

Amostras comerciais de três marcas diferentes de queijos tipo Mussarela com teor reduzido de gordura foram coletadas, duas vezes (dias diferentes), em supermercados da cidade de Londrina, estado do Paraná. As marcas foram selecionadas de maneira que apresentassem datas de fabricação semelhantes (próximas a 30 dias.

Seis peças (~500g / do mesmo lote), de cada marca de queijo, foram adquiridas e numeradas de um a seis para serem sorteadas em cada dia de análise. As amostras foram armazenadas em estufa BOD (Tecnal TE-391) a 5ºC. A composição química foi avaliada aos 30 dias e a proteólise e propriedades funcionais foram avaliadas nos dias 30, 45 e 60 de armazenamento refrigerado.

Para todas as análises, foram retiradas e desprezadas fatias de aproximadamente 0,5 cm das laterais e das partes superiores e inferiores. A parte central foi preparada em função de cada tipo de análise. Para a composição química, pH, acidez titulável, índice de extensão e de profundidade e o óleo livre, a parte central da peça foi cortada em cubos e triturada em multiprocessador, até obtenção de partículas de 2-3 mm. Em seguida, o material foi homogeneizado manualmente, acondicionado em frascos de vidro, identificados e mantidos sob refrigeração (5ºC) até o momento das análises. Para a capacidade de derretimento foi retirado um cilindro da parte central da peça com o auxílio de uma sonda de aço inox de 36 mm de diâmetro interno. O cilindro foi fracionado transversalmente em cilindros de 6 mm de altura. As fatias das extremidades foram desprezadas.

b. Composição química

Os queijos foram avaliados quanto ao pH, acidez titulável, umidade, cinzas, nitrogênio total (AOAC, 2003), gordura (KOSIKOWSKI; MISTRY, 1997), teor de sal (RICHARDSON, 1985), nitrogênio solúvel em tampão acetato a pH 4,6 e em ácido tricloroacético (TCA) 12%, de acordo com Bynum e Barbano (1985), seguido por Kjeldahl (AOAC, 2003). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

c. Evolução da proteólise

A proteólise dos queijos foi monitorada através da determinação dos teores de nitrogênio solúvel em tampão acetato a pH 4,6 e em ácido tricloroacético 12% de acordo com o item 2.2. Os índices de extensão e profundidade de proteólise foram determinados de acordo com as equações (1) e (2), respectivamente:

$$\text{Extensão da proteólise} = \frac{(\%\text{nitrogênio solúvel a pH 4,6}) \times 100}{\%\text{ nitrogênio total}} \quad (1)$$

$$\text{Profundidade da proteólise} = \frac{(\%\text{nitrogênio solúvel em TCA 12\%}) \times 100}{\%\text{ nitrogênio total}} \quad (2)$$

d. Propriedades Funcionais

i. Capacidade de derretimento (CD)

Cada fatia, obtida conforme item 2.1, foi colocada no centro de uma placa de Petri e após 30 minutos a temperatura ambiente, o diâmetro de cada cilindro foi medido. As placas foram então levadas a uma estufa com circulação e renovação de ar (Tecnal TE-394/2) por 124ºC/ 9 minutos de acordo com Chiesa et al. (2009) em seguida, deixadas a temperatura ambiente durante 30 minutos. As amostras foram avaliadas em sextuplicata.

ii. Formação de óleo livre

A liberação de óleo livre foi avaliada pelo método de Gerber modificado, em duplicata, conforme Kindstedt e Fox (1991). Os resultados foram expressos em função da porcentagem de gordura total do queijo, conforme equação (3):

$$\% \text{ óleo livre} = \frac{\% \text{ óleo livre do queijo x } 100}{\% \text{ gordura do queijo}} \quad (3)$$

e. Planejamento experimental e análise estatística dos resultados

O delineamento experimental foi do tipo casualizado em blocos. Em cada bloco foram avaliadas três marcas comerciais de queijos Mussarela *light*, sendo que cada bloco foi executado em duplicata, resultando em seis experimentos. Os resultados da composição química foram analisados através de Análise de Variância (ANOVA), utilizando-se o teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, para verificar diferenças entre as amostras.

Para a proteólise e propriedades funcionais foi adotado um delineamento do tipo *split-plot*, sendo que a sub-parcela foi obtida pela incorporação do fator tempo de armazenamento refrigerado (t). As análises foram realizadas após os dias 30, 45 e 60 de armazenamento refrigerado. O teste de F-ANOVA foi usado para avaliar as diferenças entre as marcas de queijo, entre tempos e a interação tempo versus marcas. O teste de Duncan ($p< 0,05$) de comparações múltiplas foi utilizado para agrupar marcas e/ou tempos com médias cujas diferenças não forem estatisticamente significativas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

a. Composição química

Os dados apresentados na Tabela 1 demonstram que não houve diferença significativa em relação à composição química das marcas analisadas ao nível de 5% de significância.

Considerando que o teor de gordura de um queijo Mussarela integral é em média 23% (FURTADO; LOURENÇO NETO, 1994), as reduções observadas nos queijos A, B e C foram, respectivamente, de 25%, 32% e 39% de gordura. Além disso, todos os queijos apresentaram uma diferença maior que 3g/100g. Logo, todas as marcas apresentaram a redução mínima no teor de gordura (25%) e também diferença maior que 3g/100g exigida pela legislação brasileira para produtos com teor reduzido de gordura (BRASIL, 1998).

Verificou-se também que todos os queijos apresentaram teor de umidade superior ao do queijo tipo Mussarela integral que de acordo com Furtado e Lourenço Neto (1994) é de aproximadamente 44%. Esse aumento está relacionado com a diminuição do teor de gordura dos queijos, que promove uma alteração no balanço dos componentes (MISTRY, 200)1. De acordo com o regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade do queijo Mussarela (BRASIL, 1997), o mesmo deverá possuir os seguintes requisitos: máximo de 60 g/100 de umidade e mínimo de 35g/100g de GES. A umidade encontra-se dentro dos padrões da legislação, entretanto a GES é menor do que 35g/100g em todas as amostras. Essa diminuição reflete a retirada da gordura do leite utilizado para a fabricação dos queijos para que os mesmos fossem classificados como *light* de acordo com a legislação vigente.

b. Evolução da proteólise

O índice de extensão de proteólise (IE) foi influenciado apenas pelo tempo de armazenamento ($p<0,05$). Ao longo do período de armazenamento, houve um aumento nos índices de extensão da proteólise para todas as marcas (Figura 1). A extensão da proteólise é um fator indicativo da proteólise primária e ocorre principalmente pela ação proteo-

Tabela 1 – Composição química (média ± desvio padrão) de três marcas de queijos Mussarela com teor reduzido de gordura (n=3).

Componente	Marca A	Marca B	Marca C
Umidade (%)	51,80 ± 1,15 [a]	48,48 ± 4,83 [a]	47,73± 3,68 [a]
Gordura (%)	17,38 ± 1,59 [a]	15,63 ± 0,53 [a]	14,00± 1,41 [a]
GES (%)[1]	35,45 ± 2,28[a]	32,34 ± 2,13 [a]	29,54± 5,24 [a]
Proteína Total (%)	22,25 ± 2,46 [a]	24,44± 2,41 [a]	23,04± 1,51 [a]
Sal (%)	1,42± 0,17 [a]	1,56 ± 0,56[a]	1,43 ± 0,27 [a]
Cinzas	3,48 ± 0,65[a]	3,74± 0,67 [a]	3,81± 0,81 [a]
pH	5,90± 0,03 [a]	6,02 ± 0,06 [a]	5,95± 0,08 [a]

[1]Gordura no Extrato Seco

Em uma mesma linha, médias acompanhadas de letras em comum, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$)

lítica do coalho ou coagulante residual no queijo, sobre a α_{s1}-caseína e, em menor escala sobre a β-caseína dando origem peptídeos de alto e médio peso molecular (FOX, 1989).

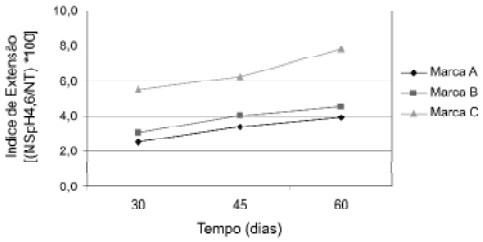


Figura 1 – Evolução da extensão da proteólise nos queijos Mussarela com teor reduzido de gordura durante o armazenamento refrigerado a 5ºC.

Em relação à profundidade da proteólise, índice este relacionado à presença de enzimas proteolíticas oriundas de microrganismos, que hidrolisam os peptídeos resultantes da ação do coalho e da plasmina sobre as caseínas (FOX, 1989), os resultados desse estudo mostraram diferenças significativas na comparação das três marcas comerciais dos queijos (p= 0,014).

A interação entre a tratamento *vs* tempo foi significativo (p = 0,01) indicando que o aumento dos índices de profundidade (IP) ocorreu de forma diferente entre as amostras. Observa-se na Figura 2 que o IP do queijo C foi maior, indicando maior proteólise, quando comparado aos queijos das outras marcas analisadas. Essa diferença provavelmente está relacionada à adição de uma cultura adjunta (*Streptococcus thermophilus*) juntamente com o fermento mesófilo ao leite de fabricação do queijo da marca C (dados fornecidos pelo fabricante).

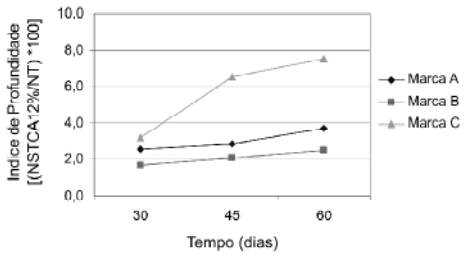


Figura 2 – Evolução da profundidade da proteólise nos queijos Mussarela com teor reduzido de gordura durante o armazenamento refrigerado a 5ºC.

As culturas adjuntas são adicionadas intencionalmente ao leite destinado à fabricação de queijos, para melhorar ou acelerar o desenvolvimento de sabor dos queijos com teor reduzido de gordura através do aumento da proteólise, especificamente atividade aminopeptidase, a qual reduz o sabor amargo e aumenta a concentração de peptídeos de sabor desejável e precursores voláteis de sabor (FOX et al., 2001; MISTRY, 2001; DRAKE; BOYLSTON; SWANSON, 1996).

c. Propriedades Funcionais

i. Capacidade de derretimento (CD)

A capacidade de derretimento dos queijos aumentou significativamente (p < 0,05) durante o período de maturação (Figura 3) para as três marcas de queijo. Esse aumento está diretamente ligado ao aumento do índice de extensão da proteólise durante o armazenamento. A proteólise primária, cujo principal responsável é o coalho ou coagulante residual está relacionada com o aumento da capacidade de derretimento do queijo, devido ao enfraquecimento da matriz protéica que faz com que o queijo perca a capacidade de manter sua estrutura durante o aquecimento (KINDSTEDT, 1993).

Apesar de ter havido diferença significativa e a marca C ter apresentado maior índice da proteólise não houve diferença significativa (p > 0,05) na capacidade de derretimento entre as três marcas de queijo Mussarela *light*. Ferreira (2004), avaliou a capacidade de derretimento de queijos Mussarela *light* fabricados a partir de leite ultrafiltrado em 112ºC/ 7 minutos. Os resultados mostraram que os queijos apresentaram diâmetro derretido em torno de 4 cm ao longo do período de maturação, sendo esse valor menor do que os encontrados para esse trabalho, nas condições estabelecidas.

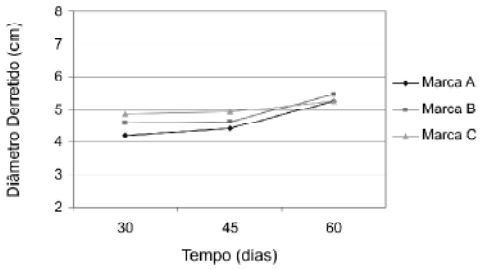


Figura 3 – Capacidade de derretimento dos queijos Mussarela com teor reduzido de gordura durante o armazenamento refrigerado a 5ºC.

ii. Formação de óleo livre

A formação de óleo livre em queijo é a tendência da gordura líquida se separar do queijo

derretido. As marcas B e C demonstraram maior capacidade de formação de óleo livre durante o período de armazenamento refrigerado a 5ºC (Figura 4). Observa-se que quanto mais maturado o queijo maior foi à liberação de óleo livre, sendo que a marca C apresentou aumento significativo ($p<0,05$) em relação às outras marcas, o que poderá comprometer a aparência do produto quando submetido ao aquecimento.

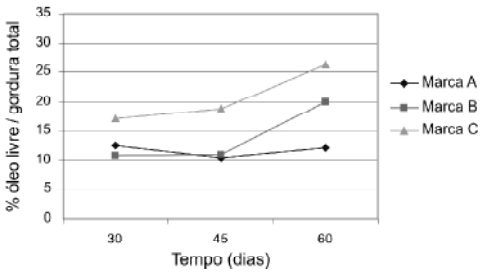


Figura 4 – Evolução da formação de óleo livre dos queijos Mussarela com teor reduzido de gordura durante o armazenamento refrigerado a 5ºC.

Os resultados do presente estudo concordam com os encontrados por Ferreira (2005), onde os queijos *Mussarela light* fabricados a partir de retentados de ultrafiltração apresentaram liberação de óleo livre em torno de 15%.

Quando comparados com queijos Mussarela integrais, as três marcas apresentaram uma menor liberação de óleo (OLIVEIRA, 2001). Esse resultado já era esperado, visto que a liberação de óleo diminui consideravelmente conforme se reduz o teor de gordura.

4 CONCLUSÕES

Dentre as três marcas comerciais de queijo Mussarela com teor reduzido de gordura investigadas, os queijos da marca C apresentaram os maiores índices de extensão e profundidade de proteólise. A adição de uma cultura adjunta nessa marca, provavelmente, contribuiu para a proteólise secundária mais pronunciada.

A capacidade de derretimento aumentou ao final do período de armazenamento refrigerado para as três marcas estudadas, mostrando relação direta com o índice de extensão da proteólise durante o armazenamento. Este fato é decorrente da proteólise primária onde o responsável é o coalho ou coagulante residual relacionado com o aumento da capacidade de derretimento do queijo pelo enfraquecimento da matriz protéica.

Todos os queijos apresentaram liberação de óleo livre. O tempo de armazenamento exerceu influencia significativa na formação de óleo livre para as três marcas analisadas sendo que a marca C apresentou maior liberação. Este comportamento pode estar relacionado ao aumento nos níveis de extensão da proteólise dos queijos ao logo do armazenamento.

SUMMARY

Chemical composition, proteolysis and functional properties of commercial Mozzarella cheese with reduced fat content found in the market of Londrina – PR were evaluated. The cheeses were analyzed for chemical composition, meltability, free oil formation, and the indexes of extension and depth of proteolysis during 30, 45 and 60 days of storage at 5°C. The samples showed no significant difference in chemical composition. The fat content of all samples complied with current legislation regarding the minimum percentage (25%) of fat reduction. Among the three brands tested, the cheeses of brand C showed the highest depth index of proteolysis. In all chesses, the meltability has increased during storage period. The, the brand C had significantly higher ($p <0.05$) free oil content when compared to other brands tested.

Index terms: Depth index; Extension index; Free oil; Light cheese; Melting.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A. O. A. C. **Association Of Official Agricultural Chemists**. Official Methods of Analysis. 16th ed., Washington, 2003. 109 p.

BRASIL. Ministério da Saúde – Secretaria de Vigilância Sanitária. **Regulamento técnico referente à informação nutricional complementar,** Portaria nº. 27, de 13 de janeiro de 1998. Disponível em: <http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=97>. Acesso em: 24 jul. 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade do queijo mozzarella (muzzarella ou mussarela)**. Portaria nº 364, de 04 de setembro de 1997.

BYNUM, D. G.; BARBANO, D. M. Whole milk reverse osmosis retentates for cheddar cheese manufacturing: chemical changes during ageing. **Journal of Dairy Science**, v. 68, n. 1, p. 1-10, Jan., 1985.

CHIESA, M. O.; SATO, R. T.; HARA, E. T.; DE RENSIS, C. M. V. B. Emprego da metodologia de

superfície de resposta para avaliação da capacidade de derretimento de queijo mussarela light. **UNOPAR Científica. Ciências Biológicas e da Saúde** v. 11, p. 55-58, 2009.

DRAKE, M. A.; BOYLSTON, T. D.; SWANSON, B. G. Chemical and sensory effects of lactobacillus adjunct in cheddar cheese. **Food Research International**, v. 29, n. 3-4, p. 381-387, 1996.

FERREIRA, D.N.: **Influência do uso de retentados de baixo fator de concentração no rendimento e na qualidade da mussarela de reduzido teor de gordura feita por acidificação direta.** 2004. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Unicamp, Campinas, 2004.

FOX, P. F. Proteolysis during cheese manufacture and ripening. **Journal of Dairy Science**., v. 72, p. 1379-1400, 1989.

FOX, P. F.; GUINEE, T. P.; COGAN, T. M.; MCSWEENEY, P. L. H. **Fundamentals of Cheese Science**. Gaithersburg: Aspen, 587 p. 2000.

FURTADO, M. M.; LOURENÇO NETO, J. P. M. L. **Tecnologia de queijos**: manual técnico para a produção industrial de queijos. São Paulo: Dipemar, 1994.

KINDSTEDT, P. S. Effect of manufacturing factors, composition and proteolysis on the functional characteristics of Mussarela cheese. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 33, n. 2, p. 167-187, 1993.

KINDSTEDT P. S., RIPPE J. K., Rapid quantitative test for free oil (oiling off) in melted Mozzarella cheese, **Journal of Dairy Science**. v. 73, p. 867-873, 1990.

KINDSTEDT, P. S.; FOX, P. F. Modified Gerber test for free oil in melted Mozzarella cheese. **Journal of Food Science,** v. 56, n. 4, p. 1115-1116, July-Aug.,1991.

MISTRY, V. V; ANDERSON, D. L. Composition and microstructure of commercial full-fat and low-fat cheeses. **Food Structure**, v. 12, n. 2, p. 259-266, 1993.

MISTRY, V. V. Low fat cheese technology. **International Dairy Journal**, v. 11, p. 413-422, 2001.

OLIVEIRA, A. N. **Influência da concentração de quimosina na composição, rendimento, proteólise e propriedades funcionais do queijo mussarela feito por acidificação direta.** Campinas, 2001. 85p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

RICHARDSON, G. H. **Standard methods for examination of dairy products**. 15. ed. Washington: American Public Health Association, 1985.

SHEEHAN, J. J. AND T. P. GUINEE, 2004. Effect of pH and calcium level on the biochemical, textural and functional properties of reduced-fat Mozzarella cheese. **International Dairy Journal**. v. 14, p. 161-172.

TUNICK, M. H.; SHIEH, J. J. Rheology of reduced-fat Mussarela cheese. In: Malin, E.L.; Tunick, M. H. (ed.). **Chemistry of structure –** Function relationships in cheese. London: Plenum Press, 1995. cap. 2, p. 7-19, 1995

ZISU, B.; SHAH, N. P. Texture characteristics and pizza bake properties of low-fat Mozzarella cheese as influenced by pre-acidification with citric acid and use of encapsulated and ropy exopolysaccharide producing cultures**. International Dairy Journal**. v. 17, n. 8, 985-997, 2007.