

# Disponibilidade de cálcio em leite bovino tratado por raios gama

## Calcium availability in bovine milk with treatment with gamma rays

Ana Lúcia LEONARDI<sup>1</sup>, Solange Guidolin CANNIATTI-BRAZACA<sup>2\*</sup>, Valter ARTHUR<sup>3</sup>

### Resumo

O leite bovino é um alimento de grande importância com fonte de cálcio e proteínas. O objetivo deste trabalho foi o de avaliar os efeitos da radiação gama proveniente do <sup>60</sup>Co sobre a disponibilidade de cálcio e o aspecto sensorial. O leite utilizado foi embalado em sacos para leite conforme o encontrado no comércio. As amostras foram submetidas à radiação gama nas doses 0,1, 0,5, 1,0, 2,0 e 3,0 kGy e ficaram armazenadas a 4 °C, e suas avaliações ocorreram nos 1º, 4º, 7º e 10º dias de armazenamento. Foi avaliado o teor de cálcio e a composição centesimal do leite logo após sua obtenção. A diálise de cálcio in vitro foi realizada nos diferentes tempos de armazenamento. Nas duas doses, com pH mais estável na menor dose de radiação e uma dose abaixo, 0,5 e 1,0 kGy, foi realizada análise sensorial. A análise dos dados foi feita empregando teste de Tukey (5%). Quanto à análise físico-química, as amostras irradiadas melhoraram a disponibilidade do cálcio sendo a dose mais adequada a de 1 kGy devido a sua maior estabilidade do pH no período de 10 dias, porém sensorialmente as amostras não foram bem aceitas.

**Palavras-chave:** irradiação; <sup>60</sup>Co; disponibilidade; leite; cálcio; sensorial; pH.

### Abstract

Milk is an important food because it is rich in calcium and proteins. The objective of this research was to evaluate the effect of gamma radiation from <sup>60</sup>Co on the calcium availability and sensorial aspects. The milk samples were packed in bags similar to those used for commercial products. The samples were submitted to gamma radiation at doses of 0.1, 0.5, 1.0, 2.0 and 3.0 kGy and stored at 4 °C with evaluations on the 1<sup>st</sup>, 4<sup>th</sup>, 7<sup>th</sup>, and 10<sup>th</sup> days of storage. The calcium amount and centesimal composition were evaluated at the beginning of the study. Calcium dialysis in vitro was performed at different times of storage. Sensorial analysis was conducted on two doses with more stable pH under the lowest radiation dose and the second lowest radiation dose, 0.5 and 1.0 kGy, respectively. Data analysis was conducted using the Tukey test (5%). Physicochemical analysis showed an increase in calcium availability, and the most adequate dose found was 1 kGy due to its highest pH stability in the period of 10 days, but the sensorial analysis showed that the samples were not well accepted by the testers.

**Keywords:** irradiation; <sup>60</sup>Co; availability; milk; calcium; sensorial; pH.

## 1 Introdução

O leite é um excelente alimento, pelo seu valor nutritivo, constituído por proteínas, carboidratos, gorduras, sais minerais, vitaminas e água (CAMPOS et al., 2003). Do ponto de vista de saúde pública, ocupa lugar de destaque em nutrição humana, pois constitui um alimento essencial para todas as idades, sendo que para o recém-nascido o melhor leite é o leite materno (OLIVEIRA; FONSECA; GERMANO, 1999).

Dos 22 bilhões de litros de leite de vaca produzidos anualmente, estima-se que oito bilhões venham do mercado informal. Os agricultores familiares representam 52% da produção brasileira de leite, 11,5 bilhões de litros de leite de vaca. Em número de produtores, as unidades familiares somam 1,2 milhão num total de 1,8 milhão. Minas Gerais, Goiás, Rio Grande do Sul e Paraná são os principais estados brasileiros produtores de leite bovino com uma produção anual de 6,1 bilhões de litros, 2,4 bilhões, 2,3 bilhões e 1,9 bilhão, respectivamente (BRASIL, 2006; CARVALHO et al., 2005).

Por ser rico em nutrientes é necessário assegurar sua qualidade (SILVA et al., 2008), tanto do ponto de vista de saúde pública como para aumentar a sua vida de prateleira. Vários são os métodos disponíveis para as indústrias de alimentos que possibilitam o aumento do seu tempo de conservação. A maioria deles, como por exemplo, refrigeração, congelamento, desidratação, fermentação e adição de conservantes, age prevenindo ou inibindo o crescimento dos microrganismos. Outros, por outro lado, agem inativando os microrganismos. Entre estes últimos, podem ser citadas a pasteurização, a esterilização e a irradiação. Na irradiação, o processo mais versátil é o que aplica a radiação ionizante (ANDREWS et al., 1998). Esse processo faz com que o tempo de conservação do produto seja aumentado.

No Brasil, a Resolução RDC nº 21 de 26/01/2001 aprovou o “Regulamento Técnico para a Irradiação de Alimentos” que permite a irradiação de qualquer alimento com a condição de que a dose máxima absorvida seja inferior àquela que

Recebido para publicação em 30/7/2008

Aceito para publicação em 26/9/2009 (003716)

<sup>1</sup> Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo – USP, Av. Pádua Dias, 11, CEP 13418-900, Piracicaba - SP, Brasil, E-mail: leonardi@esalq.usp.br; sgcbraza@esalq.usp.br

<sup>2</sup> Seção de Radioentomologia e Irradiação de Alimentos, Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA, Universidade de São Paulo – USP, Av. Centenário, 303, CEP 13400-370, Piracicaba - SP, Brasil, E-mail: arthur@cena.usp.br

\*A quem a correspondência deve ser enviada

comprometa as propriedades funcionais e/ou os atributos sensoriais do alimento e que a dose mínima absorvida seja suficiente para alcançar o objetivo pretendido (BRASIL, 2001).

A irradiação é um método de pasteurização a frio (sem produção de aquecimento) utilizado para controlar doenças de origem alimentar, causadas por microrganismos patogênicos, parasitas, especialmente em alimentos que são consumidos crus ou parcialmente processados (LOAHARANU, 1997). Proporciona aos alimentos estabilidade nutritiva, condições de sanidade e prolongamento do período de armazenamento (ALMEIDA, 2006). Esse método de conservação apresenta característica única de poder ser aplicada em alimentos congelados (FARKAS, 1998). Há vários estudos que demonstram a irradiação como método para aumento da conservação de alimentos (IEMMA et al., 1999; PIMENTEL; WALDER, 2004; SILVA; SILVA; SPOTO, 2008).

Segundo Byun et al. (2002), a quantidade de alergênicos intactos em uma solução irradiada foi reduzida pela irradiação gama, dependendo da dose. Estes resultados mostraram que os alergênicos tiveram alterações estruturais pelo tratamento de radiação e que a tecnologia de irradiação pode ser aplicada para reduzir a alergenicidade dos alimentos.

Os alimentos irradiados têm sido bem recebidos pelos consumidores nos Estados Unidos da América (BRUHN, 1999), uma vez que o processo de irradiação, sozinho ou combinado com outros processos, é eficiente quando se deseja aumentar a segurança do alimento (FARKAS, 1998).

Há grande variação individual na absorção de cálcio. É necessário haver um suprimento constante de cálcio dietético biodisponível para garantir a massa óssea máxima do programa genético individual (COMISIÓN EUROPEA, 1998). A ingestão de cálcio a partir do nascimento, principalmente na infância e juventude, aliada ao exercício físico regular, é um fator de prevenção de uma posterior desmineralização óssea (ULRICH et al., 1996).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da radiação gama proveniente do  $^{60}\text{Co}$  sobre a disponibilidade do cálcio e verificar as alterações sensoriais, sendo possível sugerir uma dose de radiação que torne o produto adequado para o consumo humano.

## 2 Material e métodos

### 2.1 Matéria-prima

O leite foi produzido por animais do Departamento de Zootecnia ESALQ/USP, onde foi realizada a ordenha, e embalado em sacos para leite imediatamente após esta e doado para a realização da pesquisa.

### 2.2 Preparo das amostras

A pesquisa foi realizada em duas etapas:

#### Primeira etapa

No mesmo dia da ordenha, o leite foi embalado e irradiado. E foram realizados os seguintes tratamentos:

- Amostra 1: leite integral;
- Amostra 2: leite integral irradiado com dose de 0,1 kGy;
- Amostra 3: leite integral irradiado com dose de 0,5 kGy;
- Amostra 4: leite integral irradiado com dose de 1,0 kGy;
- Amostra 5: leite integral irradiado com dose de 2,0 kGy; e
- Amostra 6: leite integral irradiado com dose de 3,0 kGy.

Após sua obtenção, o produto ensacado foi colocado em caixas de isopor com gelo, sendo separados 15 sacos para cada dose. Essas caixas foram levadas ao irradiador tipo gammacell no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA). Os sacos foram acondicionados em recipiente adequado para colocação no irradiador, juntamente com gelo e tratados com as doses de 0,1, 0,5, 1,0, 2,0 e 3,0 kGy de raios gama provenientes do Cobalto-60. Em seguida, os sacos foram novamente colocados em caixa com gelo e levados ao Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição/ESALQ/USP, onde foram armazenados a 4 °C em refrigerador marca Eletrolux tipo *Frost Free* até serem realizadas as análises nos diferentes tempos.

Para cada dia de avaliação, eram utilizados 3 sacos de leite. As avaliações foram realizadas no 1º, 4º, 7º e 10º dia, para as análises de teor e disponibilidade de cálcio. O pH foi medido no 1º e no 10º dia.

A composição centesimal foi avaliada somente no primeiro dia, com a finalidade de caracterização do material utilizado.

#### Segunda etapa

Realização de análise sensorial do leite irradiado em duas doses de irradiação. O leite irradiado com doses de 2,0 e 3,0 kGy não foi utilizado por apresentar odor desagradável e não apresentar boa estabilidade, como constatado nas análises e na manipulação. Entre as demais doses, foi selecionada a dose que apresentou a melhor estabilidade de pH e uma dose abaixo, para a realização da análise sensorial.

### 2.3 Composição centesimal

A análise de composição centesimal foi realizada para caracterização do leite logo após sua obtenção.

As análises químicas da matéria seca, cinza e proteínas foram realizadas de acordo com a metodologia descrita pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 1995).

Os lipídios foram analisados de acordo com a metodologia descrita por Bligh e Dyer (1959), a qual consiste na extração de lipídios utilizando clorofórmio, metanol e água destilada na primeira etapa, e clorofórmio e sulfato de sódio 1,5% na segunda etapa.

Os carboidratos totais foram obtidos por diferença entre o total (100%) e a somatória dos demais componentes da fração centesimal.

### 2.4 Teor de cálcio

O teor de cálcio foi determinado de acordo com o método descrito por Sarruge e Haag (1974) com leitura em

espectrofotômetro de absorção atômica, modelo PERKIM-ELMER 3.110.

## 2.5 pH

A medida do pH foi realizada em pHmetro digital no 1º e no 10º dia após a ordenha.

## 2.6 Diálise de cálcio *in vitro*

A análise da diálise do cálcio foi realizada segundo o método proposto por Bosscher et al. (2000), o qual consiste na simulação da digestão gastrointestinal utilizando solução de pepsina-HCl e solução de pancreatina-sais de bile. A diálise foi realizada durante duas horas com sacos de diálise contendo  $\text{NaHCO}_3$  1M, equivalente à acidez titulável. O conteúdo do cálcio foi analisado através de espectrofotometria de absorção atômica. E a disponibilidade do cálcio foi calculada utilizando-se a Equação 1:

$$\% \text{ Ca disponível} = \left[ \frac{\text{Ca dialisável} (\text{mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1})}{\text{Ca da amostra} (\text{mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1})} \right] \times 100 \quad (1)$$

## 2.7 Análise sensorial

A pesquisa, envolvendo seres humanos para a realização dos testes sensoriais, foi previamente aprovada em 23/10/2006 pelo Comitê de ética em pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade de Campinas protocolo nº 111/2006, cumprindo assim a resolução 196/96 de 10/10/1996 do Conselho Nacional de Saúde e as demais resoluções complementares.

O método utilizado foi a Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) desenvolvida por Stone e Sidel (1993), que permite descrever as principais características que compõem a aparência, aroma, textura e sabor de um alimento, além de medir a intensidade das sensações percebidas. A ADQ foi realizada em cabines individuais, com utilização de iluminação natural.

### *Preparo e apresentação das amostras*

Para avaliação em relação ao aroma, sabor, textura, e aparência, aproximadamente 30 mL de cada amostra foram servidos em copos de vidro codificados com números de três dígitos (STONE; SIDEL, 1993).

### *Equipe sensorial*

Dentre os provadores, os que demonstraram ter interesse e aceitaram participar do teste, não sendo fumantes e possuindo disponibilidade de tempo para participar dos testes no período de realização da análise sensorial, foram previamente selecionados através do emprego de métodos analíticos de diferenciação para seleção de provadores (STONE; SIDEL, 1993).

A seleção foi feita mediante duas fases: teste de reconhecimento de gostos básicos, teste de sensibilidade para gosto doce. Foi pedido aos provadores que não engolissem as amostras e lavassem a boca com água entre as provas.

Foram selecionados provadores que apresentaram 100% de acerto no teste de reconhecimento de gostos básicos e provadores que tiveram acerto de 100% nos testes de sensibilidade para gosto doce.

### *Teste de reconhecimento de gostos básicos*

Foram utilizadas soluções quimicamente puras de gostos básicos: doce (2,0% sacarose), ácido (0,07% ácido cítrico), salgado (0,2% cloreto de sódio) e amargo (0,07% cafeína) (STONE; SIDEL, 1993). Essas soluções foram oferecidas aos provadores em copos plásticos descartáveis, codificados com números de três dígitos e arranjados aleatoriamente em bandejas. Cada provador recebeu as amostras em bandejas, copo com água para limpeza da boca entre as avaliações e responderam ao teste no computador, utilizando ficha igual a da Figura 1.

### *Teste de sensibilidade para gosto doce*

Empregando-se a metodologia de teste Triangular (HELM; TROLLE, 1946; GARRUTI, 1976), foi verificada a capacidade dos provadores reconhecerem as diferentes intensidades dos sabores com solução pouco doce de concentração de 2% de sacarose e muito doce com concentração de 4% de sacarose em água. As amostras foram servidas aleatoriamente em copos descartáveis, codificados com três dígitos.

Cada um dos provadores individualmente isolados em cabines apropriadas receberam as amostras, copo com água para limpeza da boca entre as avaliações e responderam ao teste no computador, utilizando a ficha (Figura 2).

### *Preparo e apresentação das amostras para análise sensorial*

Foi utilizado leite UHT irradiado a 1,0 kGy e não irradiado nos testes de treinamento, e no teste final foi utilizado leite UHT como amostra controle e leite integral irradiado a 0,5 e 1,0 kGy. A utilização do leite UHT foi utilizada para a amostra controle para assegurar a qualidade do leite a ser consumido pelos provadores.

Aproximadamente 30 mL de cada amostra foram servidos em copos de vidro, codificados com números de três dígitos. Cada um dos provadores, individualmente isolados em cabines apropriadas, receberam as amostras, copo com água para limpeza da boca entre as avaliações e fizeram avaliação no computador. Foram orientados a não engolirem as amostras durante o procedimento.

### *Desenvolvimento de terminologia descritiva e treinamento dos provadores*

Foi utilizado o Método de Rede Kelly's Repertory Grid Method (MOSKOWITZ, 1983) para a etapa de levantamento da terminologia descritiva. As amostras (0 e 1,0 kGy) foram apresentadas aos pares, e os provadores descreveram as similaridades e diferenças encontradas nas amostras de cada par, quanto à aparência, odor, sabor e textura (Figura 3).

Após as avaliações, sob a supervisão do líder da equipe sensorial, os provadores discutiram os termos levantados, a

<p>Por favor, prove as amostras e identifique os sabores básicos (ácido, doce, amargo e salgado).</p> <p>1- Qual das amostras tem sabor amargo?</p> <p>2- Qual das amostras tem sabor azedo?</p> <p>3- Qual das amostras tem sabor doce?</p> <p>4- Qual das amostras tem sabor salgado?</p>
---

**Figura 1.** Modelo de ficha de avaliação usada na 1ª fase da seleção de provadores.

<p>Você está recebendo três amostras.</p> <p>Duas são iguais e uma é diferente, identifique qual delas é a amostra diferente.</p> <p>Por favor, prove as amostras da esquerda para a direita, lave a boca entre uma amostra e outra. Não é necessário engolir as amostras.</p>
--

**Figura 2.** Modelo da ficha de avaliação usada na 2ª fase para Seleção de Provadores de sensibilidade quanto ao gosto doce.

<p>Levantamento de Descritores de Leite</p> <p>Nome: _____</p> <p>Você está recebendo duas amostras de leite. Por favor, avalie as amostras e descreva suas similaridades e diferenças, quanto à aparência, ao odor, ao sabor e à textura que as caracterizam.</p> <p>Amostras _____ e _____</p> <p>Aparência</p> <p>Odor</p> <p>Sabor</p> <p>Textura</p>
---

**Figura 3.** Modelo de ficha utilizada para o levantamento de termos descritores das amostras, segundo o Método de Rede.

fim de se eliminar redundâncias, sinônimos ou termos pouco citados, selecionando-se de forma consensual os termos que melhor descreviam as similaridades e diferenças entre as amostras. Em consenso, a equipe auxiliou na elaboração da lista de definição dos termos descritivos.

Durante as sessões de treinamento, os provadores foram solicitados a avaliar nas amostras de leite a intensidade de cada atributo sensorial utilizando uma ficha de avaliação descritiva, na qual cada descritor encontra-se associado a uma escala não estruturada de 9 cm, ancorada à esquerda e à direita com termos de intensidade, pouco/muito. Cada provador tinha à sua disposição a tabela com as definições dos termos descritivos e as amostras de referência criadas para cada atributo julgado.

A seleção final dos provadores foi feita baseada na reprodutibilidade dos resultados, poder discriminativo e concordância entre cada membro da equipe. Nesta etapa, os 10 provadores pré-selecionados, todos do sexo feminino, permaneceram na equipe.

#### *Teste de ADQ*

Os testes de ADQ foram realizados em cabines individuais, pela manhã (entre 8 e 11 horas) e pela tarde (entre 16h30 e 18 horas).

Foi realizada a análise sensorial das amostras através de teste de análise descritiva quantitativa (ADQ) para aparência, aroma, sabor e textura. A pesquisa foi previamente aprovada por Comitê de ética em pesquisa. Foram utilizados 10 provadores, adultos, com faixa etária entre 19 e 24 anos, saudáveis, consumidores de leite bovino e que não apresentem nenhuma reação ao consumo. Depois do treinamento, os provadores analisaram quantitativamente cada atributo levantado através de escala estruturada. Foi fornecida água para os provadores, sendo permitida a ingestão em qualquer momento.

No laboratório de análise sensorial com cabines individuais, os provadores receberam as amostras servidas em copos transparentes de 200 mL. Foram apresentadas três amostras uma para cada tratamento - controle (sem irradiação), 0,5 e 1,0 kGy -, que foram codificadas com números de três dígitos escolhidos de forma aleatória pelo programa Compusense Five (1998). Foi solicitado aos provadores que analisassem cada uma das amostras, usando uma escala de nove pontos para todos os atributos levantados.

#### **2.8 Análise estatística**

Todas as análises foram realizadas em triplicata, sendo o delineamento utilizado inteiramente ao acaso. Foi empregado o teste de Tukey para diferença de média, considerando nível de significância de 5%. Todas as análises estatísticas do teste sensorial foram realizadas nos microcomputadores do laboratório de análise sensorial que utilizam o programa Compusense Five para os dados obtidos da análise sensorial. Para os dados das demais análises foi utilizando o programa estatístico SAS (STATISTICAL..., 1999).

### **3 Resultados e Discussão**

#### **3.1 Composição centesimal**

Na Tabela 1 podemos observar a composição centesimal e teor de cálcio do leite irradiado.

Com o processo de irradiação ocorreu alteração na umidade provocando diluição de todos os nutrientes avaliados. Provavelmente essa maior presença de umidade ocorreu devido à liberação de maior quantidade de água quimicamente ligada, pois, com o processo de irradiação, pode ter ocorrido a liberação maior desse tipo de água que normalmente não é quantificado pelo método de secagem em estufa a 105 °C, ocasionando diferença significativa no teor de umidade das amostras. O teor de umidade encontrado está de acordo com o apresentado



**Tabela 1.** Composição centesimal (%) e teor de cálcio (mg.100 mL<sup>-1</sup>) do leite bovino irradiado (Média ± desvio padrão).

	Controle	0,1 kGy	0,5 kGy	1,0 kGy	2,0 kGy	3,0 kGy
Umidade %	85,7 ± 0,0 <sup>1c</sup>	88,2 ± 0,1 <sup>b</sup>	87,7 ± 0,1 <sup>b</sup>	87,0 ± 0,1 <sup>b</sup>	88,3 ± 0,0 <sup>b</sup>	89,7 ± 0,0 <sup>a</sup>
Cinza %	0,8 ± 0,0 <sup>a</sup>	0,7 ± 0,0 <sup>ab</sup>	0,8 ± 0,0 <sup>a</sup>	0,8 ± 0,0 <sup>a</sup>	0,7 ± 0,0 <sup>ab</sup>	0,4 ± 0,0 <sup>b</sup>
Proteína %	4,1 ± 0,1 <sup>a</sup>	3,5 ± 0,1 <sup>b</sup>	3,6 ± 0,1 <sup>b</sup>	3,5 ± 0,1 <sup>b</sup>	3,3 ± 0,1 <sup>b</sup>	3,0 ± 0,1 <sup>c</sup>
Lipídio %	3,4 <sup>1</sup> ± 0,0 <sup>az</sup>	3,4 ± 0,1 <sup>a</sup>	3,0 ± 0,0 <sup>b</sup>	3,1 ± 0,0 <sup>b</sup>	2,9 ± 0,0 <sup>c</sup>	3,0 ± 0,0 <sup>c</sup>
Carboidratos %	6,0	4,2	4,9	5,6	4,8	3,9
Cálcio mg.100 mL <sup>-1</sup>	142,4 ± 15,6 <sup>a</sup>	126,2 ± 4,9 <sup>b</sup>	119,7 ± 2,8 <sup>b</sup>	119,7 ± 10,1 <sup>b</sup>	135,9 ± 9,7 <sup>b</sup>	129,4 ± 11,2 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> médias com letra(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente pelo teste de Tukey em nível de  $p \leq 0,05$ .

por Torres et al. (2000), que encontraram valor de umidade de 87% para leite bovino e USDA (UNITED..., 2008) com o valor de 88,32%, considerando o leite sem irradiação. Para cinza, os valores encontrados (Tabela 1) também estão de acordo com a literatura para leite sem irradiação (TORRES et al., 2000; UNITED..., 2008). Foi observada alteração significativa no teor de cinza ( $p \leq 0,05$ ) devido ao maior teor de umidade da amostra irradiada com 3,0 kGy.

A análise de composição centesimal demonstra que houve diferença significativa no teor de proteína (Tabela 1). O teor obtido está de acordo com os valores apresentados por outros autores que analisaram leite bovino sem irradiação (TORRES et al., 2000; ALVES et al., 2007; PEDROSO et al., 2007; PONSANO et al., 2007; UNITED..., 2008) e acima do encontrado por Venturoso et al. (2007). O teor de proteínas no leite pode variar de acordo com manejo (SÁ FORTES et al., 2008), presença de mastite (CUNHA et al., 2008), período do dia em que foi realizada a ordenha (REIS et al., 2007). A alimentação não influencia no teor proteico do leite, porém diminui a porcentagem de gordura quando a dieta apresenta maior teor de gordura ou quando diminuída a proporção de forragem (OLIVEIRA et al., 2007).

O teor de gordura para as amostras não irradiadas (Tabela 1) está de acordo com os valores encontrados por Torres et al. (2000); Sá Fortes et al. (2008); Cunha et al. (2008); Pedroso et al. (2007); Ponsano et al. (2007) e USDA (UNITED..., 2008) porém está abaixo do determinado por Venturoso et al. (2007) e Alves et al. (2007). O teor de gordura do leite é menor quando ordenhado pela manhã (REIS et al., 2007), como ocorreu na coleta das amostras, cujo leite foi ordenhado pela manhã e posteriormente ensacado e irradiado. A legislação exige o mínimo de 3,0% de gordura para o leite cru e pasteurizado (BRASIL, 2002). Em leite pasteurizado, no comércio, ocorrem irregularidades em relação ao padrão estabelecido (SILVA et al., 2008).

Guimarães et al. (2006) também observaram diminuição do teor de gordura do leite após irradiação com doses de até 4,0 kGy. Essas diferenças ocorrem devido à modificação na estrutura molecular do leite. Urbain (1986) afirma que mesmo em doses baixas há transformações de lipídios que sofrem hidrólise e oxidação e de carboidratos que são transformados em ácidos, cetonas e aldeídos.

O teor de carboidratos no leite é baixo e o valor encontrado está de acordo com o apresentado por Torres et al. (2000) e USDA (UNITED..., 2008).

O teor de cálcio apresentou diferença significativa em relação às amostras irradiadas devido à diluição. O teor de cálcio (Tabela 1) é similar ao apresentado pela USDA (UNITED..., 2008) que é de 113 mg.100 mL<sup>-1</sup> e Nogueira e Canniatti-Brazaca (2008) que estudou leite integral e desnatado tratados pelo processo UHT com valor de 127 e 146 mg.100 mL<sup>-1</sup>, respectivamente.

### 3.2 Disponibilidades de cálcio

Na Tabela 2 e Figura 4, pode ser observada a disponibilidade de cálcio nos diferentes tempos de armazenamento e em diferentes doses de irradiação do leite com <sup>60</sup>Co. No 10º dia não foram analisadas a amostra controle, 0,1 e 0,5 kGy, pois estas se encontravam em processo de deterioração avançado.

As amostras irradiadas demonstram melhor disponibilidade de cálcio (Tabela 2), indicando diferença significativa com o processo de irradiação. O processo de irradiação pode ter propiciado a ligação do cálcio com aminoácidos livres (HOZ; NETTO, 2008; BAUER et al., 2000; CARROTTA et al., 2003), pois este pode ocasionar a quebra das cadeias proteicas, aumentando o número de aminoácidos livres e peptídios que podem ter se ligado ao cálcio aumentando sua disponibilidade (GHANEM; HUSSEIN, 1999; CÁMARA-MARTOS; AMARO-LÓPEZ, 2002; PERALES et al., 2005; ÜNAL; EL; KILIÇ, 2005).

No 4º dia de armazenamento, ocorreu aumento para a disponibilidade de cálcio (Figura 4) em relação ao tempo inicial e, no 7º dia, diminuição seguida de aumento no 10º dia. Essas variações podem ter ocorrido devido às alterações químicas que ocorrem no leite durante o armazenamento (AGNESE, 2002; SILVA et al., 2008).

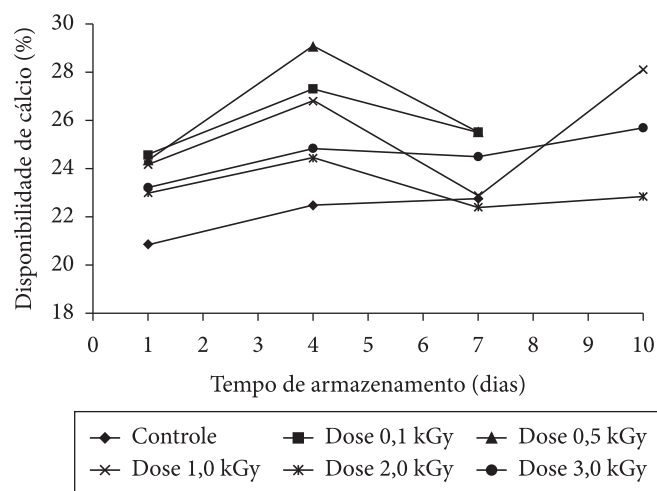
Na Figura 4, pode ser observado o comportamento da disponibilidade de cálcio no período de 10 dias. Pode ser observado que a amostra que recebeu dose de 0,5 kGy foi a que apresentou a maior disponibilidade de cálcio, seguida pela de 0,1 kGy. A amostra controle foi a que apresentou a menor disponibilidade.

Nogueira e Canniatti-Brazaca (2008) encontraram disponibilidade de cálcio em leite integral tratado pelo processo UHT de 19,28%, inferior aos valores encontrados (Tabela 2). Ünal, El e Kiliç (2005) encontraram valores semelhantes em leite integral (25,87%). O processo utilizado para conservação foi o processo UHT para o estudo de Nogueira e Canniatti-Brazaca (2008) e refrigeração para o estudo, isso pode ter influenciado na diferença da disponibilidade encontrada.

**Tabela 2.** Disponibilidade de cálcio (%) em leite controle e irradiado em diferentes doses (Média  $\pm$  desvio padrão).

	Controle	0,1 kGy	0,5 kGy	1,0 kGy	2,0 kGy	3,0 kGy
1º dia	20,9 <sup>1</sup> $\pm$ 1,5 <sup>b2</sup>	24,6 $\pm$ 0,5 <sup>a</sup>	24,4 $\pm$ 1,9 <sup>a</sup>	24,2 $\pm$ 0,7 <sup>ab</sup>	23,0 $\pm$ 1,1 <sup>ab</sup>	23,2 $\pm$ 1,1 <sup>ab</sup>
4º dia	22,5 $\pm$ 0,9 <sup>c</sup>	27,3 $\pm$ 1,6 <sup>ab</sup>	29,1 $\pm$ 1,9 <sup>a</sup>	26,8 $\pm$ 1,3 <sup>ab</sup>	24,4 $\pm$ 0,5 <sup>bc</sup>	24,8 $\pm$ 0,7 <sup>bc</sup>
7º dia	22,7 $\pm$ 0,3 <sup>b</sup>	25,5 $\pm$ 0,5 <sup>a</sup>	25,5 $\pm$ 0,1 <sup>ab</sup>	22,9 $\pm$ 0,2 <sup>ab</sup>	24,4 $\pm$ 0,2 <sup>ab</sup>	24,5 $\pm$ 1,1 <sup>a</sup>
10º dia	-	-	-	28,1 $\pm$ 1,2 <sup>a</sup>	22,8 $\pm$ 0,2 <sup>c</sup>	25,7 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> Médias com letra(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente pelo teste de Tukey em nível de  $p \leq 0,05$ .

**Figura 4.** Alteração da disponibilidade de cálcio (%) durante armazenamento a 4 °C durante 10 dias nas diferentes doses de irradiação.

### 3.3 pH

O pH foi obtido através de leitura do pHmetro no 1º e no 10º dia.

O pH baixo em leite está diretamente relacionado com deterioração, que ocorre devido à proliferação de bactérias acidificantes. As amostras controle, 0,1 e 0,5 kGy se encontravam em processo de deterioração avançado no 10º dia (Tabela 3).

Leite com pH inferior a 6,1 não suporta o processo térmico, pois não tem estabilidade podendo coagular com o calor. Martins et al. (2008) encontraram valores de pH para leite bovino de 5,6 a 6,8 para o leite cru e de 5,9 a 6,8 para leite pasteurizado em amostras de leite coletadas para controle de qualidade de leite.

A diminuição do pH ocorreu devido à presença de maior quantidade de microrganismos produzindo maior quantidade de ácido (TEIXEIRA; FONSECA; MENEZES, 2007), principalmente no controle e nas amostras submetidas às doses mais baixas de 0,1 e 0,5 kGy. A partir de 1,0 kGy, já não ocorreu acidificação pronunciada do pH, indicando que a irradiação com doses maiores de 1,0 kGy são desejadas para a não acidificação do leite até 10 dias de armazenamento.

### 3.4 Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)

Após ter sido levantada uma ampla lista de termos descritivos, chegou-se, por consenso entre todos os provadores,

**Tabela 3.** Medidas de pH no 1º e 10º dia de leite controle e irradiado em diferentes doses.

	Controle	0,1 kGy	0,5 kGy	1,0 kGy	2,0 kGy	3,0 kGy
1º dia	6,9	6,8	7,6	6,3	6,8	6,8
10º dia	4,4	4,5	4,6	6,3	6,7	6,4

a 16 descritores que caracterizavam as amostras de leite (Tabela 4) e uma ficha de avaliação foi elaborada (Figura 5).

### Terminologia descritiva

A terminologia descritiva das amostras incluiu 4 atributos para aparência, 4 para o aroma, 5 para o sabor e 3 para textura, cujas definições encontram-se apresentadas na Tabela 4.

### Aparência

A Tabela 5 demonstra que não houve diferença estatística ( $p < 0,05$ ) nos atributos: translúcido e opaco, já nos atributos branca e aparência característica o controle se diferenciou dos demais, indicando que a irradiação afetou esses atributos.

No processo de irradiação, ocorre aumento da taxa de oxidação de óleos e gorduras, desta forma acarretando em alteração da cor e da aparência característica do leite, tornando-o mais amarelado (ZEB; AHMAD, 2004).

### Aroma

Para todos os atributos relacionados ao aroma, houve diferença estatística entre a amostra controle e as demais (Tabela 6). A intensidade do odor e o odor desagradável diferiram ( $p \leq 0,05$ ) entre o controle e a dose de 0,5 kGy. O odor adocicado e o característico foram diferentes entre as amostras irradiadas e a controle. Esses resultados demonstram que a irradiação do leite apresentou efeito negativo em relação ao aroma, pois o controle apresentou melhores resultados.

Segundo Zeb e Ahmad (2004), a dificuldade principal na aplicação da radiação de alta energia no alimento é o desenvolvimento de sabores e aromas desagradáveis. A radiação ionizante afeta especialmente a qualidade dos óleos e gorduras aumentando sua taxa de oxidação. Pode também produzir espécies ativas como os radicais livres, que iniciam determinadas reações químicas e resultam assim na rancidez de óleos ou das gorduras. Quando o leite é irradiado, ocorre quebra de compostos, formando o ácido butírico que altera o sabor e aroma do leite (MARCHIONI, 2006). Há preocupação

**Tabela 4.** Definição dos termos descritivos e referências usadas como extremos de escala de intensidade na ADQ.

Terminologia descritiva – análise sensorial de leite irradiado		
Atributos	Definições	Referências
<b>Aparência</b>		
Translúcido	Capacidade de ultrapassar luz	Pouco: leite concentrado com leite em pó Muito: leite diluído com água 50%
Brancura	Cor branca apresentada pelo leite	Pouco: leite adicionado de corante amarelo Muito: leite diluído com água 50%
Aparência característica	Aparência característica do leite	Pouco: leite talhado Muito: leite UHT
Opaco	Sem brilho	Pouco: leite concentrado com leite em pó Muito: leite diluído com água 50%.
<b>Aroma</b>		
Intensidade do odor	Quantidade do odor	Pouco: leite diluído Muito: leite concentrado com leite em pó
Odor adocicado	Odor adocicado	Pouco: leite sem adição de sacarose Muito: leite com adição de sacarose
Odor característico	Odor característico do leite	Pouco: leite diluído com água Muito: leite concentrado com leite em pó
Odor agradável	Odor agradável	Pouco: leite talhado Muito: leite UHT.
<b>Sabor</b>		
Saboroso	Caracteriza-se pelo sabor agradável	Pouco: leite talhado Muito: leite UHT
Doçura	Caracteriza-se pela presença de sabor doce	Pouco: sem adição de sacarose ao leite Muito: com adição de sacarose ao leite
Azedo	Caracteriza-se em sabor azedo	Pouco: sem adição de acido cítrico Muito: com adição de acido cítrico
Salgado	Caracteriza-se pela presença de sabor salgado	Pouco: sem adição de sal Muito: com adição de sal
Intensidade do sabor característico	Caracteriza-se pelo sabor de leite consumido normalmente	Pouco: leite diluído com água 50% Muito: leite concentrado com leite em pó.
<b>Textura</b>		
Concentrado	Mais denso	Pouco: leite diluído com água 50% Muito: leite concentrado com leite em pó
Homogêneo	Sem separação visual de fases	Pouco: leite talhado Muito: leite UHT
Viscoso	Que tem visco	Pouco: leite diluído com água 50% Muito: soro do leite talhado.

em minimizar os efeitos de odores estranhos que aparecem após a irradiação de alimentos em algumas doses (BASKER et al., 1986; MOSELY, 1990; MIYACGUSKU et al., 2003).

#### Textura

Na Tabela 7, são apresentados os dados para os atributos referentes à textura da amostra controle, que se diferenciaram estatisticamente das demais. Dentre as amostras irradiadas não houve diferença estatística ( $p > 0,05$ ). Devido à quebra de moléculas promovidas pela irradiação, pode ter ocorrido a alteração de textura tornando-o mais homogêneo e com maior viscosidade e concentração. A gordura é o principal nutriente que altera as características sensoriais do leite (FROST; DIJKSTERHUIS; MARTENS, 2001).

#### Sabor

Para o sabor não houve diferença estatística entre as amostras (Tabela 8), com exceção da doçura que demonstra diferença entre as amostras irradiadas e a controle.

As doses de irradiação ionizante utilizada no teste de ADQ não alteraram a maior parte dos atributos de sabor, porém alteraram o aroma do produto (Tabela 6 e 8).

Uma das alterações indesejáveis da radiação é a rancificação oxidativa que é ocasionada pela produção de radicais livres (HOBBS; ROBERTS, 1998). Segundo Nawar (1983), a irradiação acelera os processos autooxidativos de gorduras, pois facilita a ruptura de hidroperóxidos, ocasionando a diminuição dos antioxidantes e, conseqüentemente, a ação dos radicais

Leia atentamente os atributos que serão classificados abaixo e marque na reta o ponto da escala que melhor quantifica a intensidade de cada um deles.		
<b>Aparência</b>		
Translúcido		
Brancura	Pouco	Muito
	_____	
Aparência característica	Pouco	Muito
	_____	
Opaca	Pouco	Muito
	_____	
<b>Aroma</b>		
Intensidade do Odor		
Odor adocicado	Pouco	Muito
	_____	
Odor característico	Pouco	Muito
	_____	
Odor agradável	Pouco	Muito
	_____	
<b>Sabor</b>		
Saboroso		
Doçura	Pouco	Muito
	_____	
Azedo	Pouco	Muito
	_____	
Salgado	Pouco	Muito
	_____	
Intensidade de sabor característico	Pouco	Muito
	_____	
<b>Textura</b>		
Concentração		
Homogêneo	Pouco	Muito
	_____	
Viscoso	Pouco	Muito
	_____	

Figura 5. Ficha de avaliação sensorial (ADQ) de leite.

Tabela 5. Resultados da ADQ em relação aos atributos de aparência, para leite controle e irradiado nas doses de 0,5 e 1,0 kGy (Média ± desvio padrão).

Aparência	Controle	0,5 kGy	1,0 kGy
Translúcido	5,5 <sup>1</sup> ± 2,2 <sup>a2</sup>	3,7 ± 2,3 <sup>a</sup>	3,6 ± 2,3 <sup>a</sup>
Brancura	5,7 ± 2,4 <sup>b</sup>	7,1 ± 1,9 <sup>a</sup>	8,2 ± 0,7 <sup>a</sup>
Aparência característica	5,7 ± 2,4 <sup>b</sup>	7,9 ± 1,4 <sup>a</sup>	8,5 ± 1,0 <sup>a</sup>
Opaco	3,6 ± 2,1 <sup>a</sup>	4,4 ± 2,5 <sup>a</sup>	5,6 ± 2,5 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Médias com letra(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente pelo teste de Tukey em nível de p ≤ 0,05.

Tabela 6. Resultados da ADQ em relação aos atributos de aroma, para leite irradiado controle e nas doses de 0,5 e 1,0 kGy (Média ± desvio padrão).

Aroma	Controle	0,5 kGy	1,0 kGy
Intensidade do odor	6,0 <sup>1</sup> ± 1,5 <sup>b2</sup>	4,3 ± 2,5 <sup>a</sup>	5,2 ± 2,2 <sup>ab</sup>
Odor adocicado	4,7 ± 2,3 <sup>b</sup>	2,6 ± 1,7 <sup>a</sup>	1,8 ± 1,1 <sup>a</sup>
Odor característico	6,2 ± 2,0 <sup>b</sup>	4,3 ± 2,7 <sup>a</sup>	4,7 ± 2,5 <sup>a</sup>
Odor agradável	6,3 ± 2,4 <sup>b</sup>	5,4 ± 2,6 <sup>a</sup>	4,0 ± 2,2 <sup>ab</sup>

<sup>1</sup>Médias com letra(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente pelo teste de Tukey em nível de p ≤ 0,05.

Tabela 7. Resultados da ADQ em relação aos atributos de textura, para leite irradiado controle e nas doses de 0,5 e 1,0 kGy (Média ± desvio padrão).

Textura	Controle	0,5 kGy	1,0 kGy
Concentrado	3,7 <sup>1</sup> ± 1,8 <sup>b2</sup>	6,4 ± 2,0 <sup>a</sup>	6,1 ± 2,0 <sup>a</sup>
Homogêneo	6,6 ± 2,3 <sup>b</sup>	8,0 ± 1,6 <sup>a</sup>	8,1 ± 1,3 <sup>a</sup>
Viscosidade	2,1 ± 1,0 <sup>b</sup>	4,7 ± 2,0 <sup>a</sup>	5,6 ± 2,4 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Médias com letra(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente pelo teste de Tukey em nível de p ≤ 0,05.

Tabela 8. Resultados da ADQ em relação aos atributos de sabor, para leite irradiado controle e nas doses de 0,5 e 1,0 kGy (Média ± desvio padrão).

Sabor	Controle	0,5 kGy	1,0 kGy
Saboroso	4,8 <sup>1</sup> ± 2,2 <sup>a2</sup>	4,9 ± 2,0 <sup>a</sup>	4,8 ± 2,0 <sup>a</sup>
Doçura	4,2 ± 2,9 <sup>b</sup>	2,2 ± 1,2 <sup>a</sup>	2,5 ± 1,9 <sup>a</sup>
Intensidade do sabor característico	5,4 ± 2,4 <sup>a</sup>	4,9 ± 2,0 <sup>a</sup>	4,5 ± 2,5 <sup>a</sup>
Salgado	2,2 ± 2,0 <sup>a</sup>	2,9 ± 1,5 <sup>a</sup>	2,8 ± 1,3 <sup>a</sup>
Azedo	2,3 ± 2,0 <sup>a</sup>	3,0 ± 2,2 <sup>a</sup>	2,3 ± 2,3 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Médias com letra(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente pelo teste de Tukey em nível de p ≤ 0,05.

livres, sendo os produtos com alto teor de água e gordurosos os mais propensos. O leite possui essas características, por isso a aplicação de irradiação em leite tem sido limitada pela possibilidade de produção desses compostos indesejáveis que comprometem os aspectos sensoriais.

#### 4 Conclusões

A irradiação promoveu alteração no teor de umidade, o que provocou melhora sensorial na textura do produto irradiado. As condições de qualidade do leite irradiado com doses de 1,0 kGy ou mais são melhores. As amostras irradiadas apresentaram disponibilidade de cálcio maior do que o controle.



Considerando os resultados encontrados, pode-se concluir que o processo de irradiação do leite com dose de 1,0 kGy seria indicado, mesmo que algumas alterações sensoriais de odor característico e adocicado sejam de menor aceitação.

## Referências bibliográficas

- AGNESE, A. P. Avaliação físico-química do leite cru comercializado informalmente no município de Seropédica, Rio de Janeiro. **Revista Higiene Alimentar**, v. 17, n. 94, p. 58-61, 2002.
- ALMEIDA, A. P. G. **Avaliação da influência do processo de irradiação em especiarias utilizando a técnica de difração de raios X**. 2006. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Nuclear)-Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.
- ALVES, A. C. N. et al. Substituição parcial de silagem de milho por farelo de glúten de milho desidratado na alimentação de vacas holandesas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 5, Supl., p. 1590-1596, 2007.
- ANDREWS, L. S. et al. Food preservation using ionizing radiation. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 154, p. 1-53, 1998.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. 16<sup>th</sup> ed. Arlington, 1995. 2 v.
- BASKER, D. et al. Effect of chilled storage of radiation-pasteurized chicken carcasses on the eating quality of the resultant cooked meat. **Journal of Food Technology**, v. 21, p. 437-441, 1986.
- BAUER, R. et al. Characterization and isolation of intermediates in  $\beta$ -lactoglobulin heat aggregation at high pH. **Biophysical Journal**, v. 79, n. 2, p. 1030-1038, 2000.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method for total lipid extraction and purification. **Journal of Physiology and Biochemistry**, v. 37, p. 911-917, 1959.
- BOSSCHER, D. et al. Thickening infant formula with digestible and indigestible carbohydrate: availability of calcium, iron, and zinc *in vitro*. **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition**, v. 30, n. 4, p. 373-378, 2000.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamentos técnicos de identidade e qualidade de produtos lácteos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 20 set. 2002.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social. **Programa nacional de fortalecimento da agricultura familiar**. Brasília, 2006. Disponível em: <[http://www.pronaf.gov.br/noticias/01\\_29.htm](http://www.pronaf.gov.br/noticias/01_29.htm)>. Acesso em: 04 abr. 2006.
- BRASIL. Resolução RDC n. 21, de 26 de janeiro de 2001. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 29 jan. 2001. Seção 1, p. 35.
- BRUHN, C. M. Consumer perceptions and concerns about food contaminants. **Advances in Experimental Medical and Biology**, v. 459, p. 1-7, 1999.
- BYUN, M. W. et al. Application of gamma irradiation for inhibition of food allergy. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 63, n. 3-6, p. 369-370, 2002.
- CÁMARA-MARTOS, F.; AMARO-LÓPEZ, M. A. Influence of dietary factors on calcium bioavailability. **Biological Trace Element Research**, v. 89, n. 1, p. 43-52, 2002.
- CAMPOS, L. M. A. et al. Osteoporose na infância e na adolescência. **Jornal de Pediatria**, v. 79, n. 6, p. 481-488, 2003.
- CARROTTA, R. et al. Small-angle X-ray scattering studies of metastable intermediates of  $\beta$ -lactoglobulin isolated after heat-induced aggregation. **Biopolymers**, v. 70, n. 3, p. 377-390, 2003.
- CARVALHO, L. A. et al. Importância econômica. In: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA). **Gado de leite**. Juiz de Fora, 2005. Disponível em: <<http://www.cnpqgl.embrapa.br/nova/informacoes/sistema/7/importancia.html>> Acesso em: 28 jul. 2008.
- COMISSION EUROPEA. **Informe sobre la osteoporosis en la Comunidad Europea: Accion para la prevencion**. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, 1998. 116 p.
- COMPUSENSE INC. **Compunsense five**. Ontario, 1998. 1 CD-ROM.
- CUNHA, R. P. L. et al. Mastite subclínica e relação da contagem de células somáticas com número de lactações, produção e composição química do leite de vacas da raça Holandesa. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, n. 1, p. 19-24, 2008.
- FARKAS, J. Irradiation as a method for decontamination food. A review. **International Journal of Food Microbiology**, v. 44, p. 189-204, 1998.
- FROST, M. B.; DIJKSTERHUIS, G.; MARTENS, M. Sensory perception of fat in milk. **Food Quality and Preference**, v. 12, n. 5-7, p. 327-336, 2001.
- GARRUTI, R. S. **Metodologia na seleção seqüencial e não seqüencial de provedores para análise sensorial de alimentos e bebidas**. Tese (Doutorado)-Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, UNICAMP, Campinas, SP, 1976.
- GHANEM, K. Z.; HUSSEIN, L. Calcium bioavailability of selected Egyptian foods with emphasis on the impact of fermentation and germination. **International Journal of Food Science and Nutrition**, v. 50, n. 5, p. 351-356, 1999.
- GUIMARÃES, C. F. M. et al. Qualidade do leite cru submetido à irradiação ionizante (Cobalto-60). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO LEITE, 2., 2006, Goiânia, **Anais...** Goiânia: Conselho Brasileiro de qualidade do leite, 2006. p. 015. Disponível em: <<http://www.terraviva.com.br/IICBQL/p015.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2008.
- HELM, E.; TROLLE, B. **Selection of a taste panel**. New Haven, Conn: Wallerstein, Laboratory Commun, 1946. v. 9, p. 181.
- HOBBS, B. C.; ROBERTS, D. Deterioração e preservação. In: HOBBS, B. C.; ROBERTS, D. **Toxinfeções e controle higiênico sanitário**. São Paulo: Varela, 1998. p. 137-138.
- HOZ, L. de la; NETTO, F.M. Structural modifications of  $\beta$ -lactoglobulin subjected to gamma radiation. **International Dairy Journal**, v. 18, n. 12, p. 1126-1132, 2008.
- IEMMA, J. et al. Radiação gama na conservação do suco natural de laranja. **Scientia Agrícola**, v. 56, n. 4, p. 1193-1198, 1999.
- LOAHARANU, P. Irradiation as a cold pasteurization process of food. **Annual Review of Nutrition**, v. 17, p. 255-275, 1997.
- MARCHIONI, E. Irradiação de alimentos: tecnologia a favor da saúde. **Revista Brasil Nuclear**, v. 11, n. 29, 2006. Disponível em: <[http://www.aben.com.br/html/topico.php?Cd\\_Revista\\_Topico=2](http://www.aben.com.br/html/topico.php?Cd_Revista_Topico=2)>. Acesso em: 28 jul. 2008.
- MARTINS, A. M. C. V. et al. Efeito do processamento UAT (Ultra Alta Temperatura) sobre as características físico-químicas do leite. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 295-298, 2008.
- MIYAGUSKU, L. et al. Avaliação microbiológica e sensorial da vida útil de cortes de peito de frango irradiados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, Supl, p. 7-16, 2003.
- MOSELY, B. Irradiation of food. **Food Control**, v. 1, n. 4, p. 205-207, 1990.
- MOSKOWITZ, H. R. **Product testing and sensory evaluation of foods**. Westport, Conn: Food and Nutrition Press, 1983. 605 p.

- NAWAR, W. W. Radiolysis of nonaqueous components of foods. In: JOSEPHSON, E. S.; PETERSON, M. S. (Ed.). **Preservation of food by ionizing radiation**. Boca Raton: CRC Press, 1983. v. 2, p. 78-81.
- NOGUEIRA, F. A. G.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Disponibilidade de cálcio em leite integral e desnatado adicionados de frutas, café e achocolatado. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v. 25, n. 2, p. 213-228, 2008.
- OLIVEIRA, C. A. F.; FONSECA, L. F. L.; GERMANO, P. M. L. Aspectos relacionados à produção, que influenciam a qualidade do leite. **Higiene Alimentar**, v. 13, n. 62, p. 10-16, 1999.
- OLIVEIRA, M. A. et al. Produção e composição do leite de vacas alimentadas com dietas com diferentes proporções de forragem e teores de lipídeos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 3, p. 759-766, 2007.
- PEDROSO, A. M. et al. Substituição do milho moído por casca de soja na ração de vacas leiteiras em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 5, Supl., p. 1651-1657, 2007.
- PERALES, S. et al. Bioavailability of calcium from milk-based formulas and fruit juices containing milk and cereals estimated by *in vitro* methods (solubility, dialyzability and uptake and transport by Caco-2 cells). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 9, p. 3721-3726, 2005.
- PIMENTEL, R. M. A.; WALDER, J. M. M. Gamma radiation in papaya harvested at three stages of maturation. **Scientia Agricola**, v. 61, n. 2, p. 146-150, 2004.
- PONSANO, E. H. G. et al. Correlação entre métodos tradicionais e espectroscopia de ultra som na determinação de características físico-químicas de leite. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 4, p.1052-1057, 2007.
- REIS, G. L. et al. Procedimentos de coleta de leite cru individual e sua relação com a composição físico-química e a contagem de células somáticas. **Ciência Rural**, v. 37, n. 4, p. 1134-1138, 2007.
- SÁ FORTES, R. V. et al. Propileno-glicol ou monensina na dieta de vacas leiteiras no período de transição: saúde do úbere, produção e composição do leite. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, n. 1, p. 179-184, 2008.
- SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises química em plantas**. Piracicaba: Esalq-Depto Química, 1974. 50 p.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE - SAS. **SAS user's guide: statistics**. Version 8.0. Cary: SAS, 1999.
- SILVA, J. M.; SILVA, J. P.; SPOTO, M. H. F. Características físico-químicas de abacaxi submetido à tecnologia de radiação ionizante como método de conservação pós-colheita. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 139-145, 2008.
- SILVA, M. C. D. et al. Caracterização microbiológica e físico química de leite pasteurizado destinado ao programa do leite no Estado de Alagoas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 226-230, 2008.
- STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. New York: Academic Press, 1985. 311 p.
- TEIXEIRA, L. V.; FONSECA, L. M.; MENEZES, L. D. M. Avaliação da qualidade do soro de queijos minas padrão e mozzarella produzidos em quatro regiões do estado de Minas Gerais. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 1, p. 264-267, 2007.
- TORRES, E. A. F. S. et al. Composição centesimal e valor calórico de alimentos de origem animal. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 2, p. 145-150, 2000.
- ULRICH, C. M. et al. Bone mineral density in mother--daughter pairs: Relations to lifetime exercise, lifetime milk consumption, and calcium supplements. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 63, p. 72-79, 1996.
- ÜNAL, G.; EL, S. N.; KILIÇ, S. In vitro determination of calcium bioavailability of milk, dairy products and infant formulas. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 56, n. 1, p. 13-22, 2005.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. **Food composition board**. Washington, 2008. Disponível em: <www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/>. Acesso em: 28 jul. 2008.
- URBAIN, W. M. **Food irradiation**. Academic Press, 1986. Food Science and Technology Series.
- VENTUROSO, R. C. et al. Determinação da composição físico-química de produtos lácteos: estudo exploratório de comparação dos resultados obtidos por metodologia oficial e por ultra-som. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 43, n. 4, p. 607-613, 2007.
- ZEB, A.; AHMAD, T. The high dose irradiations affect the quality parameters of edible oils. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 7, n. 6, p. 943-946, 2004.