

Aplicação de ácido fítico em produto cárneo tipo hambúrguer

Phytic acid addition into hamburger-type meat product

RIALA6/1343

Fabrizio Barros BRUM¹, Fernanda Teixeira MACAGNAN¹, Magda Aita MONEGO¹, Tiago André KAMINSKI^{1*}, Leila Picolli da SILVA²

*Endereço para correspondência: ¹Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil, CEP: 97105-900, e-mail: tiagoandrekaminski@hotmail.com

²Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

Recebido: 12.11.2010 – Aceito para publicação: 31.03.2011

RESUMO

Neste trabalho foram avaliados os efeitos da adição de ácido fítico sobre a cor e os indicadores de vida de prateleira em produto cárneo do tipo hambúrguer. Os produtos preparados por três tratamentos com ácido fítico (0,08; 0,10; e 0,20%) e um padrão com adição de eritorbato de sódio (0,10%) foram armazenados a -20 °C por 90 dias com análises periódicas a cada 15 dias. O tratamento-padrão mostrou ser mais eficiente na manutenção de cor nos períodos iniciais, enquanto que o tratamento com 0,20% de ácido fítico apresentou menor variação na coloração e maior intensidade de cor no período final de armazenamento. Os valores de pH não variaram significativamente e mantiveram-se adequados ao produto. Os valores de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico apresentaram comportamento inicial anômalo, com estabilização após 30 dias na presença das diferentes concentrações de ácido fítico, e manutenção de valores significativamente inferiores ao produto-padrão. O presente estudo mostra o potencial efeito do ácido fítico em produto cárneo tipo hambúrguer.

Palavras-chave. eritorbato de sódio, ácido fítico, antioxidante, hambúrguer, vida de prateleira.

ABSTRACT

This study evaluated the effects of addition of phytic acid on the color and the shelf life indicators in hamburger-type meat product. Products prepared from three phytic acid treatments (0.08, 0.10 and 0.20%) and one standard with addition of sodium erythorbate (0.10%) were stored at -20 °C for 90 days, and the samples were periodically analyzed every 15 days. The standard treatment was mostly effective in maintaining color during the initial stages, while the treatment with 0.20% of phytic acid showed lowest variation and highest intensity of color at the final period of storage. The pH values did not show significant difference and remained adequate for the product. The values of reactive substances to thiobarbituric acid showed an initial anomalous behavior, but they became stable after 30 days in the presence of different concentrations of phytic acid, and maintained significantly low values when compared with the standard product. These findings suggest a potential use of phytic acid addition into hamburger-type meat product.

Keywords. sodium erythorbate, phytic acid, antioxidant, hamburger, shelf life.

INTRODUÇÃO

O ácido fítico é um composto naturalmente presente em todos os organismos eucarióticos, com maior ocorrência em vegetais, em que representa a principal forma de armazenamento de fósforo e desempenha diversas funções fisiológicas¹. A maior concentração de ácido fítico ocorre em grãos de cereais e leguminosas, bem como nos seus derivados, o que tem sido apontado historicamente como fator limitante ao uso dessas fontes vegetais na nutrição humana e animal, pois, além de ser uma forma de fósforo indisponível, o ácido fítico também forma quelatos com metais di e trivalentes (cálcio, magnésio, manganês, ferro e zinco) e compostos orgânicos reativos (proteínas, por exemplo), reduzindo a biodisponibilidade destes no trato gastrointestinal^{2,3,4}.

Entretanto, a clássica visão do ácido fítico como uma substância de características antinutricionais tem sido revista nos últimos anos, uma vez que propriedades benéficas são atribuídas a esse composto em modelos investigativos de câncer^{5,6,7}, terapias preventivas ao mal de Parkinson⁸, arteriosclerose⁹ e cálculos renais⁹.

As diversas propriedades preventivas e terapêuticas atribuídas ao ácido fítico são justificadas pelo seu potencial antioxidante. Dessa forma, o uso desse composto, também, como aditivo alimentar desperta interesse no intuito de prevenir as reações oxidativas nos alimentos. A ocorrência de processos oxidativos está entre as maiores causas de perdas econômicas e é causa primária da perda de qualidade de carnes e produtos cárneos, conduzindo à perda do valor nutricional, alterações no sabor, odor, cor, textura e formação de produtos tóxicos à saúde do consumidor. Esses aspectos são de grande importância, sobretudo ao se considerar produtos cárneos congelados, como o hambúrguer, que possuem sua vida útil determinada pela intensidade dessas alterações. Assim, o controle da oxidação lipídica nos produtos cárneos torna-se essencial e pode ser feito com a adição de antioxidantes sintéticos ou naturais^{10,11}.

As oxidações de lipídios e pigmentos estão relacionadas, uma vez que agentes pró-oxidantes liberados através da peroxidação lipídica são capazes de se ligar à oximioglobina, conduzindo à formação de metamioglobina¹³. Por seu mecanismo de ação, o ácido fítico é capaz de se ligar tanto a elementos metálicos, cofatores das reações oxidativas, quanto ao próprio ferro do grupamento hemínico nos pigmentos da carne, caracterizando, assim, características antioxidantes e de fixação de cor^{14,15,16,17}. Por este motivo, o ácido fítico é utilizado em países como

Estados Unidos, Canadá e Japão, usualmente adicionado em produtos cárneos, pastas de peixe, frutos do mar, frutas, vegetais, queijos, massas, missô, molhos de soja, sucos, produtos de panificação e bebidas alcoólicas, no intuito de incrementar nutricionalmente, prevenir a perda de cor e prolongar a vida de prateleira desses produtos^{10,18,19}.

Neste contexto, o presente trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos sobre a cor e indicadores da vida de prateleira em produto cárneo tipo hambúrguer com substituição do antioxidante eritorbato de sódio pelo ácido fítico.

MATERIAL E MÉTODOS

Matérias-primas e elaboração dos produtos

As matérias-primas utilizadas na obtenção da massa-base das formulações consistiram em 80% de carne bovina magra, 10% de toucinho e 10% de proteína texturizada de soja hidratada na proporção de 1:3. Nas matérias-primas foram adicionados ingredientes como gelo, sal, pimenta branca e preta moídas, alho em pó, cebola em pó, glutamato monossódico e antioxidante teste (eritorbato de sódio 98%, marca Doremus, ou ácido fítico 95%, extraído de farelo de arroz e fornecido pela empresa Ingal Alimentos de Santa Maria-RS).

Os produtos foram elaborados conforme metodologia proposta por Terra²⁰ e observando-se as determinações de identidade e qualidade descritas na legislação brasileira²¹, sendo a carne e o toucinho moídos em disco de 8 mm e levados à máquina misturadeira com adição de proteína texturizada de soja, gelo e demais ingredientes. Após mistura, a massa foi dividida em 4 porções para adição dos antioxidantes, originando os seguintes tratamentos:

- hambúrguer de massa-base com adição de 0,10% de eritorbato de sódio (padrão);
- hambúrguer de massa-base com adição de 0,08% de ácido fítico;
- hambúrguer de massa-base com adição de 0,10% de ácido fítico;
- hambúrguer de massa-base com adição de 0,20% de ácido fítico.

A legislação brasileira regulamenta o uso do eritorbato de sódio na quantidade suficiente para que exerça o efeito desejável (*quantum satis*), enquanto que o ácido fítico não possui limite estabelecido para produtos cárneos²².

Após a completa homogeneização das massas, os hambúrgueres foram moldados com auxílio de forma plástica com 10 cm de diâmetro e 2 cm de profundidade, sendo obtidos produtos com peso médio de 110 g, posteriormente embalados em filme de polietileno e levados ao congelamento em temperatura de -20 °C. A operação foi repetida a fim de obter 3 lotes para cada tratamento, os quais constituíram as respectivas repetições. Os produtos foram mantidos armazenados a -20 °C por 90 dias, com coleta de amostras a cada 15 dias para avaliações de cor, pH e TBARS (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico).

Análises de cor

Em colorímetro Konica Minolta CR-300 e de acordo com o método 14-22 da AACCC²³ foi avaliado o atributo de cor a^* , cuja coordenada de cromaticidade indica a tendência de cor da região do vermelho ($+a^*$) ao verde ($-a^*$). O colorímetro foi calibrado em placa-padrão branca (nº 15233011) e as medições tomadas em diferentes locais nas superfícies das amostras.

Indicadores da vida de prateleira

Foram realizadas leituras de pH conforme técnica descrita por Terra e Brum²⁴ e análises do grau da oxidação lipídica observando a metodologia proposta por Bragagnolo et al.²⁵ com determinação de TBARS e os resultados expressos sob a forma de mg de malonaldeído por kg de amostra (mg MA/kg).

Ensaio com homogeneizados

A partir de um modelo proposto por Lee et al.¹⁵, com algumas modificações, foi avaliado o efeito do ácido fítico sobre a estabilidade de cor em homogeneizados de carne bovina. A carne foi preparada em microprocessador até a obtenção de uma massa fina da qual foram separadas amostras de aproximadamente 90 g e homogeneizadas com 10 mL das soluções teste. Os homogeneizados, elaborados em três repetições, incluíram um controle com água destilada e três soluções de ácido fítico nas concentrações de 0,023 mM, 0,230 mM e 1,150 mM. As amostras foram acondicionadas em placas de petri, cobertas com filme de polietileno e mantidas sob refrigeração de 4 °C por 9 dias, com avaliações periódicas de cor a cada 3 dias.

Delineamento experimental e análise estatística

Através do programa SAS (*Statistical Analysis System*, versão 6.11) e delineamento experimental inteiramente casualizado, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Duncan ao nível de 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O eritorbato de sódio é um isômero sintético do ácido ascórbico, produzido comercialmente para uso como aditivo em alimentos na função antioxidante^{26,27}. Conforme resultados expostos na Tabela 1, os hambúrgueres não apresentaram comportamento

Tabela 1. Efeito dos tratamentos e tempo de armazenamento a -20 °C sobre o atributo de cor a^* em hambúrgueres

Dia	ES 0,10%*	AF 0,08%*	AF 0,10%*	AF 0,20%*
0	9,39 ± 0,14 ^{cNS}	8,69 ± 0,87 ^{bcNS}	9,77 ± 0,63 ^{bcNS}	9,80 ± 1,18 ^{abNS}
15	11,52 ± 0,14 ^{aA}	9,34 ± 0,45 ^{abB}	9,62 ± 0,48 ^{bcB}	8,99 ± 0,56 ^{bB}
30	10,80 ± 0,14 ^{aA}	10,41 ± 0,23 ^{aA}	10,81 ± 0,75 ^{abB}	10,06 ± 0,20 ^{abB}
45	11,97 ± 0,39 ^{aA}	10,57 ± 0,61 ^{abC}	11,18 ± 0,30 ^{aAB}	9,86 ± 0,37 ^{abC}
60	10,81 ± 0,48 ^{bNS}	10,55 ± 1,13 ^{aNS}	11,69 ± 0,88 ^{aNS}	10,91 ± 0,63 ^{aNS}
75	9,63 ± 0,29 ^{cNS}	9,69 ± 0,08 ^{abNS}	9,14 ± 0,29 ^{dNS}	9,38 ± 0,40 ^{bNS}
90	8,27 ± 0,58 ^{dAB}	7,74 ± 0,30 ^{cb}	8,29 ± 0,32 ^{dAB}	9,02 ± 0,14 ^{bA}

* ES 0,10% (hambúrguer-padrão, com adição de 0,10% de eritorbato de sódio); AF 0,08% (hambúrguer com adição de 0,08% de ácido fítico); AF 0,10% (hambúrguer com adição de 0,10% de ácido fítico) e AF 0,20% (hambúrguer com adição de 0,20% de ácido fítico)

** Resultados expressos como média ± desvio-padrão seguidos por letras que indicam diferença estatística significativa (letras distintas) ou não significativa (ns) por Duncan ($p < 0,05$). Letras minúsculas correspondem às diferenças estatísticas nas colunas e as maiúsculas às diferenças estatísticas nas linhas

linear na redução da intensidade de cor vermelha, mas essa tendência foi observada no decorrer dos 90 dias de armazenamento a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ com poucas variações significativas entre os tratamentos. Nos dias 15, 30 e 45 o padrão apresentou intensidade de cor significativamente superior aos demais, enquanto que nos dias 60 e 75 não houve diferença significativa entre os tratamentos. A amostra com 0,20% de ácido fítico mostrou-se mais estável ao longo do tempo, contabilizando apenas três variações significativas e maior intensidade de cor no final do período de armazenamento, embora sem diferir significativamente do padrão. Esses resultados sugerem maior eficiência do eritorbato de sódio até a metade do período analisado, seguindo-se de equivalência entre os tratamentos e aparente maior eficiência do tratamento com maior concentração de ácido fítico no final do período de armazenamento. A partir dos dados, pode-se inferir que, em um período de armazenamento mais extenso, os produtos com maior proporção de ácido fítico apresentariam maior predominância da cor vermelha.

Um importante indicador da vida de prateleira é o valor de pH, em que valores entre 5,80 e 6,20 são garantia de sanidade para o consumo de carnes e derivados²⁴. A Figura 1 mostra que não houve variação significativa nos valores de pH entre os tratamentos e durante o período de armazenamento. A variação máxima observada entre todas as leituras de pH foi de 0,04; com valor mínimo de 5,88 em três leituras do tratamento-padrão com eritorbato de sódio e valor máximo de 5,92 no final do período de armazenamento para o tratamento com 0,20% de ácido fítico.

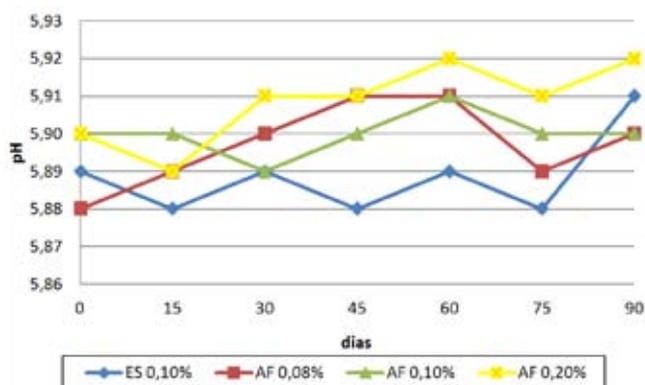


Figura 1. pH das formulações de hambúrgueres em função do tempo de armazenamento a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ES = eritorbato de sódio; AF = ácido fítico)

Conforme as curvas da Figura 2, todos os tratamentos apresentaram aumento significativo dos níveis de TBARS no período inicial, mas com posterior estabilização após 30 dias de armazenamento. Tais resultados podem ser interpretados como anômalos em se tratando de alimentos congelados, uma vez que as reações oxidativas ocorrem muito lentamente durante armazenamento em temperaturas inferiores a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ²⁸. Em trabalho com metodologia semelhante, Daniel²⁹ não constatou variação significativa nos valores de TBARS em hambúrgueres mantidos congelados a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 3 meses, e Souza³⁰ também não observou variação de TBARS em cortes de frango armazenados a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 7 meses. Independentemente do comportamento inicial das amostras, os resultados demonstraram que os produtos com adição de ácido fítico apresentaram valores de TBARS significativamente inferiores ao padrão durante todo o período, evidenciando maior proteção oxidativa. A proporção de ácido fítico adicionada nos produtos não exerceu influência significativa nos valores de TBARS e, dessa forma, não foi constatado o efeito dose-dependente relatado por Lee et al.¹⁵ e Stodolak et al.¹⁷ em 90 dias de armazenamento.

Os resultados descritos na Tabela 2 representam a influência significativa do ácido fítico na manutenção da cor em homogeneizados de carne bovina, mesmo com tendência geral de perda de cor no decorrer do período de armazenamento a $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Apesar desse declínio, as médias dos homogeneizados em soluções de ácido fítico, com exceção da solução 0,230 mM no sexto dia, foram sempre significativamente maiores que as do controle. Ao mesmo tempo, as diferenças estatísticas observadas entre

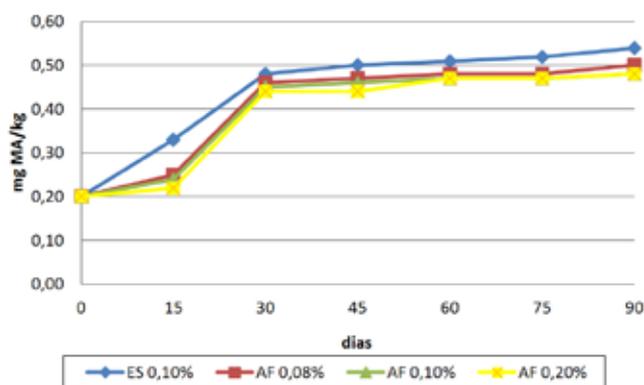


Figura 2. TBARS das formulações de hambúrgueres em função do tempo de armazenamento a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ES = eritorbato de sódio; AF = ácido fítico)

Tabela 2. Efeito das diferentes concentrações de ácido fítico e tempo de armazenamento a 4 °C sobre o atributo de cor a* em homogeneizados de carne bovina

Homogeneizados*	Tempo de armazenamento (dias) **			
	0	3	6	9
Água destilada	26,36 ± 0,58 ^{nsA}	19,28 ± 0,20 ^{bb}	11,86 ± 0,38 ^{cc}	10,83 ± 0,14 ^{bC}
AF 0,023 mM	27,20 ± 0,30 ^{nsA}	22,16 ± 0,49 ^{ab}	16,02 ± 0,40 ^{ac}	14,04 ± 1,40 ^{ad}
AF 0,230 mM	26,81 ± 0,32 ^{nsA}	21,56 ± 0,41 ^{ab}	13,35 ± 1,60 ^{bcD}	15,14 ± 0,41 ^{ac}
AF 1,150 mM	26,52 ± 0,14 ^{nsA}	21,49 ± 0,11 ^{ab}	14,47 ± 0,12 ^{abC}	14,73 ± 0,29 ^{ac}

* Água destilada (homogeneizado controle); AF 0,023 (homogeneizado com solução de ácido fítico 0,023 mM); AF 0,230 (homogeneizado com solução de ácido fítico 0,230 mM); e AF 1,150 (homogeneizado com solução de ácido fítico 1,150 mM)

** Resultados expressos como média ± desvio-padrão seguidos por letras que indicam diferença estatística significativa (letras distintas) ou não significativa (ns) por Duncan (p<0,05). Letras minúsculas correspondem às diferenças estatísticas nas colunas e as maiúsculas às diferenças estatísticas nas linhas

as soluções de ácido fítico testadas, quando ocorreram, não se mantiveram, demonstrando que a solução de ácido fítico 0,023 mM apresenta a mesma eficiência que soluções 10 e 50 vezes mais concentradas na manutenção da cor em homogeneizados mantidos a 5 °C por 9 dias. Lee et al.¹⁵ também relataram a eficiência do ácido fítico sobre a estabilidade oxidativa em homogeneizados de carne bovina.

Os resultados obtidos na manutenção de cor, pH e TBARS em hambúrgueres e homogeneizados com ácido fítico, quando associados ao mecanismo de ação deste composto, podem ser interpretados como indicativos de potencial antioxidante. Íons de metais de transição, tais como Fe²⁺ e Cu²⁺, são importantes catalisadores do processo de peroxidação lipídica em produtos cárneos, sendo que a participação do ferro heme é menos significativa que a do ferro não heme. Assim, as propriedades antioxidantes do ácido fítico são decorrentes de sua habilidade em ocupar os sítios de coordenação livres do ferro, prevenindo o desencadeamento de reações que levam à transformação da oximioglobina à metamioglobina e formando quelatos totalmente inertes, como o complexo Fe³⁺ - fitato^{13,14,16,31,32}.

CONCLUSÃO

A cor equivalente ao antioxidante-padrão nos hambúrgueres e superior ao controle em homogeneizados de carne, pH em valores regularmente estabelecidos e maior proteção oxidativa, permite concluir que os resultados apresentados sugerem a potencial aplicação do ácido fítico em produto cárneo tipo hambúrguer.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

1. Verbsky JW, Wilson MV, Kisseleva MV, Marjerus PW, Wentz SR. The Synthesis of Inositol Hexakisphosphate. *J Biol Chem*. 2002;277(35):31857-62.
2. Cúneo F, Amaya-Farfan J, Carraro F. Distribuição dos fitatos em farelo de arroz estabilizado com fitase exógena. *Ciênc Tecnol Aliment*. 2000;20(1):94-8.
3. Febles CI, Arias A, Hardisson A, Rodríguez-Álvarez C, Sierra A. Phytic acid level in infant flours. *Food Chem*. 2001;74(4):437-41.
4. Wyatt CJ, Triana-Tejas A. Soluble and insoluble Fe, Zn, Ca and phytates in foods commonly consumed in Northern México. *J Agr Food Chem*. 1994;42(10):2204-9.
5. Somasundar P, Riggs DR, Jackson BJ, Cunningham C, Vona-Davis L, McFadden DW. Inositol hexaphosphate (IP6): a novel treatment for pancreatic cancer. *J Surg Res*. 2005;126(2):199-203.
6. Rizvi I, Riggs DR, Jackson BJ, Ng A, Cunningham C, McFadden DW. Inositol hexaphosphate (IP6) inhibits cellular proliferation in melanoma. *J Surg Res*. 2006;133(1):3-6.
7. Verghese M, Rao DR, Chawan CB, Walker LT, Shackelford L. Anticarcinogenic effect of phytic acid (IP6): apoptosis as a possible mechanism of actions. *Food Sci Technol-Leb*. 2006;39(10):1093-8.
8. Xu Q, Kanthasamy AG, Reddy MB. Neuroprotective effect of the natural iron chelator, phytic acid in a cell culture model of Parkinson's disease. *Toxicol*. 2008;245(1/2):101-8.
9. Grases F, Perelló J, Prietto RM, Simonet BM, Torres JJ. Dietary myo-inositol hexaphosphate prevents dystrophic calcifications in soft tissues: a pilot study in wistar rats. *Life Sci*. 2004;75(1):11-9.

10. Soares AL. Ação de ácido fítico e vitamina E na oxidação lipídica e aroma de requentado em filés de peito de frango [dissertação de mestrado]. Londrina (PR): Universidade Estadual de Londrina; 1999.
11. Chelh I, Gatellier P, Santé-Lhoutellier V. Characterization of fluorescent Schiff bases formed during oxidation of pig myofibrils. *Meat Sci*. 2007;76(2):210-5.
12. Georgantelis D, Blekas G, Katikou P, Ambrosiadis I, Fletouris DJ. Effect of rosemary extract, chitosan and α -tocopherol on lipid oxidation and colour stability during frozen storage of beef burgers. *Meat Sci*. 2007;75(2):256-64.
13. Fernández-López J, Sevilla L, Sayas-Barberá E, Navarro C, Marín F, Pérez-Alvarez JA. Evaluation of the antioxidant potential of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) extracts in cooked pork meat. *J Food Sci*. 2003;68(2):660-4.
14. Graf E, Empson KL, Eaton JW. Phytic acid. A natural antioxidant. *J Biol Chem*. 1987;262(24):11647-50.
15. Lee BJ, Hendricks DG, Cornforth DP. Antioxidant effects of carnosine and phytic acid in model beef system. *J Food Sci*. 1998;63(3):394-8.
16. Ramalho VC, Jorge N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. *Quím Nova*. 2006;29(4):755-60.
17. Stodolak B, Starzynska A, Czyszczoń M, Zyla K. The effect of phytic acid on oxidative stability of raw and cooked meat. *Food Chem*. 2007;101(3):1041-5.
18. Reddy NR, Pierson MD, Sathe SK, Salunkhe DK. Phytates in Cereals and Legumes. Boca Raton: CRC Press; 1989.
19. St Angelo AJ. Lipidic oxidation in foods. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 1996;36(3):175-224.
20. Terra NN. Apontamentos de tecnologia de carnes. São Leopoldo: Unisinos; 1998.
21. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 20, de 31 de julho de 2000. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Almôndega, de Apresuntado, de Fiambre, de Hambúrguer, de Kibe, de Presunto Cozido e de Presunto. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 3 ago. 2000. Seção 1, nº149. p.7-12.
22. Brasil. Ministério da Saúde. Portaria nº 1002/1004, de 11 de dezembro de 1998. Aprova o Regulamento Técnico sobre Atribuição de Função de Aditivos, Aditivos e seus Limites Máximos de Uso para a Categoria 8 – Carnes e Produtos Cárneos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 14 dez. 1998. Seção 1, nº239-E. p.28-34.
23. AACC. American Association of Cereal Chemists; Approved Methods. 10th ed. Saint Paul, 2000.
24. Terra NN, Brum MAR. Carne e seus derivados. Técnicas de controle de qualidade. São Paulo: Nobel; 1988.
25. Bragagnolo N, Danielsen B, Skibsted LH. Effect of rosemary on lipid oxidation. *Eur Food Res Technol*. 2005;221(5):610-5.
26. Ghiretti GP, Zanardi E, Novelli E, Camparini G, Dazzi G, Madarena G, Chizzolini R. Comparative evaluation of some antioxidants in salame milano and mortadella production. *Meat Sci*. 1997;47(1/2):167-76.
27. Man JM. Principles of food chemistry. 3rd ed. Gaithersburg: Aspen; 1999.
28. Fellows PJ. Food processing technology. Principles and practice. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press; 2000.
29. Daniel AP. Emprego de fibras e amido de aveia (*Avena sativa* L.) modificado em produtos cárneos [dissertação de mestrado]. Santa Maria (RS): Universidade Federal de Santa Maria; 2006.
30. Souza MAA. Casca da batata inglesa (*Solanum tuberosum*) na proteção antioxidante da carne de frango [dissertação de mestrado]. Santa Maria (RS): Universidade Federal de Santa Maria; 2006.
31. Lee JB, Hendricks DG. Phytic acid protective effect against beef round muscle lipid peroxidation. *J Food Sci*. 1995;60(2):241-4.
32. Quirrenbach HR, Kanumfere F, Rosso ND, Carvalho Filho MA. Comportamento do ácido fítico na presença de Fe (II) e Fe (III). *Ciênc Tecnol Aliment*. 2009;29(1):24-32.