

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: HIGIENE E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E CONTEÚDO DE METAIS PESADOS  
EM CMS (CARNE MECANICAMENTE SEPARADA) DE FRANGO E DE  
BOVINO PRODUZIDAS NO ESTADO DE GOIÁS**

Renata Moreira Gonçalves

Orientador: Prof. Dr. Moacir Evandro Lage

GOIÂNIA  
2007

RENATA MOREIRA GONÇALVES

**AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E CONTEÚDO DE METAIS PESADOS  
EM CMS (CARNE MECANICAMENTE SEPARADA) DE FRANGO E DE  
BOVINO PRODUZIDAS NO ESTADO DE GOIÁS**

Dissertação apresentada para  
obtenção do grau de Mestre em  
Ciência Animal junto à Escola de  
Veterinária da Universidade  
Federal de Goiás

**Área de Concentração:**  
Higiene e Tecnologia de Alimentos

**Orientador:**  
Prof. Dr. Moacir Evandro Lage - UFG

**Comitê de Orientação:**  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Iolanda Aparecida Nunes - UFG  
Prof. Dr. Edmar Soares Nicolau - UFG

GOIÂNIA  
2007

**RENATA MOREIRA GONÇALVES**

Dissertação defendida e aprovada em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_\_, pela Banca Examinadora constituída pelos professores:

---

Prof. Dr. Moacir Evandro Lage – EV/UFG  
(Orientador)

---

Prof. Dr. Rogério Marcos de Souza – UFMG/MG

---

Prof. Dr. Cristiano Sales Prado – EV/UFG

“A Deus sobre todas as coisas, criador e sustentador do Universo e da vida.

Aos meus pais, merecedores dos meus méritos, pelos esforços e sacrifícios realizados desde o dia da minha criação. Aos meus irmãos, pela compreensão e paciência. A todos meus próximos mais queridos, nos quais não irei mencionar nomes, mas que estão ligados à minha vida, parentes ou não... Dedico-lhes com muito carinho e gratidão.”

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por conceder a minha vida e os frutos dela colhidos, dentre eles o conhecimento e a experiência, dando-me saúde, fé e forças para lutar por meus objetivos e ideais.

Aos meus pais José Rubens Gonçalves e Rosa Maria Moreira Gonçalves, por todo apoio, estrutura, incentivo e amor incondicional fornecidos durante minha vida, ofereço-lhes todo o meu amor, reconhecimento e gratidão sempre.

Aos meus irmãos Raniery Moreira Gonçalves e Roberta Moreira Gonçalves, por cada dia juntos, pelo companheirismo e colaboração.

À minha avó materna Elzira Mendonça Moreira, e avós paternos Auristela Rodrigues de Oliveira e João Rodrigues Gonçalves (ambos *in memorian*), com carinho e nos quais serão sempre lembrados saudosamente.

Ao Prof. Dr. Moacir Evandro Lage pela orientação, apoio, paciência e contribuição, extensivos aos professores Dra. Iolanda Aparecida Nunes e Dr. Edmar Soares Nicolau.

À Marcele Louise Tadaieski Arruda pela colaboração e atenção especiais.

Aos funcionários do CPA, Rodrigo Almeida de Oliveira e Winder Macusuel Borges de Oliveira, e aos acadêmicos Lívia Cardoso Lopes, Raphael Rocha de Oliveira, Marcelo Rezende de Carvalho Rios e Mariana Braz Segger, pelos esforços e trabalho em contribuição na realização do experimento deste Mestrado.

Ao Médico Veterinário Ms. José Rubens Gonçalves, pelos conhecimentos repassados e contribuições práticas na realização desta pesquisa.

Aos Funcionários e colegas do CENTRAR/Agência Rural, local especial para mim, pela concessão do tempo disponível.

A toda equipe de Funcionários, Professores e Estagiários do CPA, extensivo aos demais integrantes da Escola de Veterinária/UFG, incluindo o secretário Gerson Luis Barros.

Ao CNPq, pela bolsa concedida.

A todos que direta ou indiretamente estiveram relacionados a este trabalho.

"Ser Nutricionista é vitaminar planos,  
dar energia a sonhos e  
alimentar idéias."

Carin Weirich

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	1
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b>	4
2.1 Carne Mecanicamente Separada	4
2.2 Fatores que interferem na qualidade da Carne Mecanicamente Separada	7
2.3 Avaliação físico-química e de metais pesados	8
2.4 Metais pesados	10
2.5 Cádmio, chumbo, cálcio, ferro e zinco	13
2.6 Oxidação lipídica	21
<b>3 OBJETIVOS</b>	23
3.1 Objetivo geral	23
3.2 Objetivos específicos	23
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b>	24
4.1 Amostragem	24
4.2 Procedimento	24
4.2.1 Análises químicas	25
4.3 Análises estatísticas	25
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	26
<b>6 CONCLUSÃO</b>	41
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	43

## RESUMO

A Carne Mecanicamente Separada (CMS) é um produto originado da Trituração de partes das carcaças de animais de abate que não são facilmente desossados, sendo que a parte mole é separada por meio de equipamentos especiais. Em decorrência da modernização tecnológica, a CMS tem se expandido principalmente por sua facilidade de obtenção e transformação de produtos industrializados com melhor sabor e viabilidade de preparação doméstica. A qualidade físico-química da CMS afeta diretamente a qualidade dos produtos processados que a têm em sua composição. Foram colhidas 20 amostras de CMS de frango em dois frigoríficos diferentes e 20 amostras bovinas comercializadas no Estado de Goiás. Foram realizadas as análises de cálcio, ferro, zinco, lipídios totais, proteína, umidade, resíduo mineral fixo, índice de peróxidos, cádmio e chumbo. As análises foram baseadas nos métodos oficiais. Os resultados demonstraram que as amostras estão em acordo com os limites oficiais, sendo que para umidade e cinzas não existem valores padrão para CMS. Não houve diferença significativa ( $P<0,05$ ) entre os dois frigoríficos de frango, apenas entre os tipos de amostras (CMS de frango e bovina) em todas as análises realizadas. As CMS não apresentaram rancidez pelo índice de peróxido. Umidade e cinzas estão dentro do esperado para carnes em geral. A CMS pode ser um integrante alimentar na dieta como fonte de proteína, lipídio, cálcio, zinco e ferro, o último principalmente na forma heme, apresentando melhor biodisponibilidade. Chumbo e cádmio apresentaram valores abaixo do permitido pela legislação. Percebe-se a importância da avaliação físico-química de CMS como controle por parte dos órgãos fiscalizadores, visto que, aliada a uma qualidade satisfatória, mais indústrias a utilizam devido à conveniência econômica.

Palavras-chave: cádmio, cálcio, carne mecanicamente separada, chumbo, ferro, zinco.

## ABSTRACT

The Mechanically Deboned Meat (MDM) is a product made by trituration of some parts of slaughter animals's carcass that are not easy to separate the bone. In such case the mild meat is deboned by especial equipment. As a result of technological modernization, the MDM has been more frequently used due to its easy obtainment and transformation in industrialized food products with better taste and proper to domestic preparation. The physical-chemical quality of MDM affects directly the quality of processed food in which MDM takes part. Twenty samples of mechanically deboned poultry meat were collected in two different slaughterhouse and 20 samples of mechanically deboned bovine meat commercialized in Goias State were also collected. The analyses performed were: calcium, iron, zinc, total lipid, protein, moisture, fixed mineral residue, peroxid index, cadmium and lead contents. The methodologies applied in the analysis were based on official methods. The results revealed that samples were within the official limits and there are no official limits for moisture contents and ashes in MDM. There was no significant difference ( $P<0,05$ ) between the two poultry slaughterhouse, only between the type of samples (mechanically deboned poultry meat and mechanically deboned bovine meat) among all samples analyzed. The MDM did not show rancidity by peroxide rate; moisture and ashes were within the expected for meat. The MDM can be part of a food diet as source of protein, lipid, calcium, zinc and iron, once the iron was more frequently found as heme iron, which has a high bioavailability. The content of lead and cadmium were under the allowed limits. In this manner, we can perceive the importance of the physical-chemical evaluation of MDM, controlled by official organs, since its satisfactory quality will allow more industries to used it because its economic convenience.

Key-words: cadmium, calcium, mechanically deboned meat, lead, iron, zinc.

## **1 INTRODUÇÃO**

O favorecimento de topografia, clima, solos, pluviosidade e extensão territorial, são itens que beneficiam o Brasil a caminhar como forte candidato a liderar o Mercado Internacional de Carne (PINEDA & ALMEIDA, 2003).

A carne é considerada um alimento nobre pelas suas características, respondendo em grande parte às necessidades nutricionais humanas, sendo fonte de proteínas de alto valor biológico, de vitaminas (principalmente do complexo B) e de minerais, daí sua importância na alimentação humana.

Em decorrência da modernização tecnológica, surgiu a Carne Mecanicamente Separada (CMS) que, pela legislação brasileira, obedece à seguinte descrição: “produto obtido a partir de ossos ou partes de carcaças dos animais liberados pela Inspeção Federal, à exceção dos ossos da cabeça, submetidos à separação mecânica em equipamentos específicos (máquina de desossa mecânica) e imediatamente congelados por processos rápidos ou ultra-rápidos” (BRASIL,1981).

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a CMS poderá ser utilizada em substituição à carne *in natura* como matéria-prima na proporção máxima de 20% na lingüiça, 30% em hambúrguer cozido e 60% em salsicha, por exemplo, sendo obrigatória a colocação no rótulo deste produto, da expressão: “contém Carne Mecanicamente Separada” (BRASIL,1981).

A CMS tem se expandido muito, principalmente pela sua facilidade de obtenção e transformação de produtos industrializados com melhor sabor e facilidade de preparação doméstica. É um dos itens que têm crescido em produção e utilização no Brasil e em outros países. O Brasil produziu em 2005, 9,4 milhões de toneladas de frango, empregando-se 70,5% no mercado interno, e 7,8 milhões de toneladas de equivalente carcaça de bovinos, sendo 76,8% para consumo no próprio país. O consumo per capita de frango no ano de 2005 foi de 35,7, e de bovinos 33,0 Kg/hab/ano (ANUALPEC, 2006). Estima-se que pelo menos 20% da carne fresca são transformadas em CMS (BRASIL, 2000), assim, é possível calcular, grosseiramente, que 1,7 milhão de toneladas do produto foram produzidas em 2005.

A sua conveniência econômica, aliada a uma qualidade satisfatória, tem impelido mais e mais indústrias a utilizarem essa matéria-prima. Sob o ponto de vista macroeconômico existe um benefício real para todos os setores envolvidos na produção e consumo de produtos cárneos.

Por ser uma matéria-prima muito utilizada pelas indústrias em produtos cárneos processados, verifica-se a necessidade da avaliação físico-química para o controle da qualidade das CMS produzidas no Estado de Goiás, incluindo as análises de proteína, gordura, índice de peróxido, cinzas, umidade e cálcio, bem como averiguar a presença de metais pesados. Torna-se ainda mais importante, por quantificar valores nutricionais da CMS, como o ferro e o zinco. A qualidade físico-química da CMS empregada terá efeito direto na qualidade do produto processado final oferecido aos consumidores, sendo ponto essencial para a saúde humana; incentivando uma maior fiscalização e controle constantes deste produto, tanto por parte dos órgãos fiscalizadores, como pelos próprios frigoríficos.

Os oligoelementos, muitos dos quais não se conhecem ainda o mecanismo completo de suas funções, são os seguintes: cobalto, cobre, cromo, ferro, selênio, molibdênio e zinco. Entre os metais que no homem ocasionam mais freqüentes processos tóxicos estão: antimônio, arsênio, cádmio, chumbo, lítio, mercúrio e tálio; destes, o mercúrio, o chumbo e o cádmio, em doses anormais, são os mais importantes do ponto de vista patogênico (EVANGELISTA, 1994). Como para o mercúrio já existem muitas pesquisas e estudos, será dado um enfoque principal aos elementos cádmio e chumbo.

A presença dos elementos metálicos nos alimentos varia amplamente, dependendo de numerosos fatores associados a condições ambientais, assim como as práticas tecnológicas empregadas e o uso indiscriminado de produtos químicos. Os níveis dos metais podem variar de uma região para outra, e consequentemente há necessidade de controle estrito desses elementos nos alimentos. Alguns órgãos têm emitido recomendações sobre a contaminação de metais, através de seu valor toxicológico, de sua ingestão diária e semanal e de suas doses máximas toleradas em alimentos, visando coibir intoxicações, o que é uma preocupação mundial. No

contexto desse processo, percebe-se a importância da segurança alimentar no controle de remanescentes residuais nos alimentos, em decorrência de acidentes envolvendo contaminantes ambientais. Daí a importância para a saúde pública dos metais cádmio e chumbo, considerados importantes do ponto de vista patológico, ainda pouco pesquisados quando comparados ao mercúrio, não só na CMS como em outros alimentos também, e dos elementos essenciais ferro, cálcio e zinco, como participantes das funções fisiológicas normais dos seres vivos.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Carne Mecanicamente Separada

A CMS surgiu no final da década de 50, nos Estados Unidos. O surgimento da CMS se deu pela preferência dos consumidores por cortes de frangos e filés ao invés dos frangos inteiros. A predileção por cortes de frangos despertou a necessidade de encontrar meios para o aproveitamento de dorsos, pescoços e ossos resultantes da desossa (TRINDADE et al., 2004).

Um outro fator responsável pelo aumento na produção de CMS é que em todo processo de desossa, depois da remoção dos cortes habituais da carne, existe sempre uma quantidade de carne que está firmemente presa aos ossos. Isso significava prejuízo. Uma boa opção foi fazer a separação mecânica das carnes presas a estes ossos. O produto resultante dessa separação é o que chamamos de Carne Mecanicamente Separada. Esse produto passou então a ser utilizado na fabricação de inúmeros produtos como mortadelas, salsichas, salames, almôndegas, hambúrgueres e lingüiças.

Em frangos, a carne começou a ser separada mecanicamente entre as décadas de 50 e 60 com o desenvolvimento da máquina Paoli. A partir daí, outros equipamentos foram desenvolvidos para a separação da carne crua do osso, como as máquinas: Prince, Bibun e Reiser (FRONING, 1976). Com a introdução de máquinas desossadoras comerciais, se tornou praticável a remoção de carne de pescoço e costas de frangos para serem usadas no processamento de alimentos derivados, aumentando o valor de mercado de produtos crus e, ao mesmo tempo, fazendo com que a carne de frango desossada fosse competitiva com outros tipos de carnes cruas (CIA, 1992).

Normalmente a separação mecânica é feita em ossos de forma irregular, mais difícil de ser manualmente desossados, como coluna vertebral e pescoço. Porém, outros ossos com carne presa, ou carcaças inteiras, podem ser submetidos à separação mecânica (TRINDADE et al., 2004).

As matérias-primas com menor quantidade de carne aderida (pontas de asa, ossos da coxa e cartilagem do peito) não são processadas separadamente, pois resultariam em CMS de baixa qualidade. Normalmente, essas partes são processadas juntamente ao dorso, misturadas em proporções variáveis, dependendo do nível de qualidade de CMS que se deseja (CIA, 1992).

A desossa mecânica é um processo no qual a matéria-prima (ossos com resíduos cárneos não removidos durante a desossa manual) escolhida é forçada contra faces perfuradas de um crivo metálico, mecanicamente ou por pressão hidráulica. NUNES (2003) descreve que atualmente, o processo mais comumente utilizado consiste em cortar a matéria prima inicial, separar tendões e ossos da carne, utilizando uma rosca sem fim no interior do equipamento para forçar a passagem por cilindros perfurados, ou em placas justapostas com um espaço entre si funcionando como uma peneira.

BERAQUET (2000) descreve que os novos equipamentos geralmente têm como princípio o uso de dois estágios de compressão: num primeiro estágio o material é submetido a uma pressão suave para remover a carne da superfície dos ossos evitando a incorporação da medula óssea; a carne obtida mantém sua integridade e poderia ser considerada carne moída. Num segundo estágio, a carne é comprimida por uma rosca sem fim contra uma peneira similar às máquinas de um estágio só, e a carne obtida é considerada CMS. Esse equipamento tem como rendimento 40% para operação à baixa pressão e 30% para operação subsequente à alta pressão, utilizando-se dorsos de frango.

O rendimento da CMS das aves varia de 55 a 70%. Quanto maior o rendimento maior a porcentagem de cinzas e lipídeos. Desossadores mecânicos podem processar de 230-9100 kg/hora dependendo do tipo e da capacidade do equipamento (FRONING & McKEE, 2001).

Muitos fatores relacionados com equipamento podem afetar a qualidade do produto final. Por exemplo, a pressão aplicada sobre a matéria prima, quando aumentada, permite uma maior quantidade de ossos, tendão e outros resíduos não cárneos no produto final, tornando o processo sensivelmente menos eficiente (FRONING & McKEE, 2001).

A CMS brasileira deve atender ao disposto no Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de carne mecanicamente separada de aves, bovinos e suínos (BRASIL, 2000).

Na comunidade européia, a CMS é dividida em 2 grupos. Um grupo é definido como Carne Mecanicamente Recuperada por separação severa, que significa a carne obtida de ossos com exceção os da cabeça, das extremidades dos membros abaixo das juntas carpal e tarsal, produzida para estabelecimentos aprovados pelos regulamentos da União Européia. O outro grupo é definido como Carne Mecanicamente Recuperada por separação suave, que significa a carne obtida de ossos com remoção dos tendões e tecidos conectivos. Esse tipo de carne é utilizado em embutidos crus tipo lingüiça (NURMI & RING, 1999).

Na legislação canadense, CMS significa um produto cárneo que não contenha mais que 0,027% de cálcio para cada 1% de proteína do produto, ou quaisquer partículas ósseas maiores que 2 mm de tamanho e que tenha sido obtida pela remoção da maior parte do osso e cartilagens de um produto cárneo cominuido dos quais os ossos e as cartilagens não tenham sido previamente removidos (BERAQUET, 2000).

Comparando essas definições, observa-se que a definição brasileira engloba procedimentos de controle da qualidade relativos ao manejo da carne, enquanto a canadense incorpora restrição quanto à composição da carne e a proposição européia diferencia as carnes obtidas por diferentes tecnologias (BERAQUET, 2000).

A carne mecanicamente separada pode ser adicionada aos derivados da carne em níveis que variam de 20 a 60%, o que possibilita redução do custo dos derivados da carne. Quando no processamento da CMS são respeitadas boas práticas de fabricação, esta não apresenta riscos à saúde humana.

Na fabricação de produtos derivados da carne, alguns limites devem ser respeitados quanto aos níveis de CMS incorporados aos produtos (BRASIL, 2000). Na Tabela 2.1 estão as quantidades de inclusão de CMS em alguns produtos produzidos pelas indústrias e/ou frigoríficos.

**Tabela 2.1.** Derivados cárneos e as respectivas quantidades permitidas de carne mecanicamente separada (CMS) na sua produção

Produtos	Quantidade de CMS
Mortadela (geral)	Máximo 60%
Mortadela Tipo Bologna	Máximo 20%
Mortadela de carne de ave	Máximo 40%
Mortadela Italiana	0% (Não é permitida adição)
Lingüiça (geral)	Máximo 20%
Lingüiça Calabresa	Máximo 20%
Lingüiça Portuguesa	Máximo 20%
Lingüiça Toscana	0% (Não é permitida adição)
Paio	Máximo 20%
Salsicha (geral)	Máximo 60%
Salsicha Tipo Viena	Máximo 40%
Salsicha Tipo Frankfurt	Máximo 40%
Salsicha de Carne de Ave	Máximo 40%
Salsicha Viena	0% (Não é permitida adição)
Salsicha Frankfurt	0% (Não é permitida adição)
Almôndega	Máximo 30%
Hambúrguer	Máximo 30%

Fonte: BRASIL (2000)

## 2.2 Fatores que interferem na qualidade da Carne Mecanicamente Separada

Uma série de testes podem ser efetuados para avaliação da qualidade da CMS. Basicamente, a qualidade está ligada a fatores que acarretam influências sensoriais no produto. Muitas vezes, as empresas produtoras de CMS, em função de obter 1% a 2% ou mais no rendimento durante a desossa mecânica, obtêm um produto com alto teor de fragmentos ósseos, elevando-se o teor de cálcio (BRASIL, 2000). Ou seja, alto teor de cálcio também é indício de CMS de má qualidade.

FIELD et al. (1979) afirmaram que alguns cuidados devem ser tomados na obtenção da CMS, tais como: 98% das partículas ósseas não devem exceder o tamanho de 0,5 mm e o conteúdo de cálcio não deve ultrapassar 0,75%. Devem ser utilizados unicamente ossos, carcaças ou partes de carcaças de animais de açougue (aves, bovinos e suínos), que tenham sido aprovados para consumo humano pelo SIF (Serviço de Inspeção Federal). Não poderão ser utilizadas cabeças, pés e patas (BRASIL, 2000).

O processo de separação mecânica se efetuará de maneira que os ossos, as carcaças e partes de carcaças não se acumulem na sala de separação. A carne mecanicamente separada deverá seguir imediatamente para refrigeração ou congelamento. A sala de separação mecânica deverá ser exclusiva para tal finalidade. A temperatura da sala não deverá ser superior a 10°C. Se a carne mecanicamente separada não for utilizada diretamente como ingrediente de um produto cárneo logo após o processo de separação mecânica, a mesma deverá ser refrigerada a uma temperatura não superior a 4°C por no máximo 24 horas. E se a CMS for armazenada no máximo até 0°C poderá ser utilizada em até 72 horas após sua obtenção. A CMS que for congelada, deverá estar em blocos com espessura máxima de 15 cm e conservada em temperatura não superior a -18°C no prazo máximo de 90 dias (BRASIL, 2000). Em todos os casos, deverão ser rigorosamente observados os padrões microbiológicos, sendo proibido o congelamento da CMS resfriada, se vencido o seu prazo de conservação.

### **2.3 Avaliação físico-química e de metais pesados**

O grande volume de CMS, a expansão do seu uso em produtos tradicionais como na salsicha, lingüiça e hambúrguer; e sua consequente importância econômica, fizeram com que os fabricantes passassem a considerar a separação mecânica não mais como uma operação unitária, mas sim como um processo, no qual há a necessidade da verificação constante da qualidade desse produto.

Por isso se enfoca a necessidade da avaliação físico-química de proteína, gordura, índice de peróxido, cinzas, umidade e cálcio, itens básicos ressaltados como padrões de qualidade pelo “Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de carne mecanicamente separada (CMS) de aves, bovinos e suínos” (BRASIL, 2000).

As características sensoriais pertinentes à CMS incluem cor característica, odor característico e textura pastosa. Quanto às características físico-químicas, deve-se considerar a proteína com mínimo de 12%, gordura com o máximo de 30%, teor de cálcio máximo de 1,5% na base seca e no máximo 1,0 mEq/Kg de peróxidos. (BRASIL, 2000).

É importante a verificação constante da CMS produzida em determinada região, para saber se está de acordo com os padrões estabelecidos e também ter uma noção de sua qualidade nutricional.

No contexto desse processo, percebe-se também a importância da segurança alimentar no controle de remanescentes residuais nos alimentos, em decorrência de acidentes envolvendo contaminantes ambientais, inserindo-se aí, os metais pesados chumbo e cádmio.

Os animais utilizados como matéria-prima nas CMS poderão ser contaminados de várias maneiras, dentre elas a ingestão de rejeitos industriais ou através de matérias primas de baixa qualidade utilizada no balanceamento de rações e suplementos minerais ou ainda através do meio ambiente, pela vegetação e forragens; bem como pelos mananciais hídricos contaminados. Deve-se ressaltar também o perigo de contaminação do meio ambiente através do lançamento de efluentes de indústrias, particularmente de frigoríficos, curtumes, laticínios e fábricas de baterias, muitas vezes fora dos padrões preconizados pelos órgãos ambientais e das especificações exigidas pela fiscalização do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (GONÇALVES, 1999).

Alguns elementos, quando em pequenas concentrações, desempenham funções biológicas essenciais para o homem e animais e a sua deficiência acarreta distúrbios no crescimento e metabolismo, como é o caso do cálcio. Outros como o

cádmio e o chumbo, podem apresentar sérios problemas devido à sua comprovada toxicidade para o organismo vivo, mesmo em concentrações baixas, devendo a sua presença nos alimentos ser controlada (MURTA, 1993).

## 2.4 Metais pesados

O homem, desde tempos remotos, tem tido contato com os metais pesados que se encontram naturalmente concentrados no solo e na água, tendo, provavelmente, provocado os primeiros envenenamentos. Com o passar dos anos, devido à necessidade de se aumentar a produção de alimentos para atender à demanda do crescimento populacional, o homem incrementou o setor industrial, dando origem a um grande acúmulo de rejeitos oriundos dessas indústrias. Posteriormente, com a necessidade de elevar a produtividade de alimentos foram introduzidos resíduos na elaboração de alimentos para animais produtivos, o que aumentou o risco para a saúde dos animais e dos seres humanos pelo acúmulo de substâncias inorgânicas no organismo, vindos do processamento desses alimentos, tendo como conseqüência o aparecimento de enfermidades a médio e longo prazos nos animais, afetando o homem por ser o alvo principal da utilização desses produtos.

A atividade humana é geradora permanente de resíduos. Nos primórdios da humanidade, os resíduos se limitavam às sobras alimentares, aos dejetos humanos e aos restos de uma agropecuária incipiente, sendo que a própria natureza cuidava de processar sua reciclagem (REDDY & RAO, 1993). Com o aumento populacional, as pessoas passaram a se concentrar em vilas, que foram se transformando em grandes centros urbanos. A necessidade de produzir quantidades cada vez maiores de alimentos determinou o aparecimento de indústrias com os mais diferentes objetivos, agravando, de modo sensível, a produção de resíduos, que então já não eram mais apenas as sobras alimentares, os dejetos e os resíduos da atividade agrícola, mas um complexo de produtos orgânicos e inorgânicos que

passaram a se acumular em quantidade proporcional ao crescimento urbano (MALAVOLTA, 1994). Desta forma, a ação natural passou a não dar conta de reciclar os produtos lançados nos córregos e rios, se transformando em verdadeiros esgotos a céu aberto, como ocorre com rios situados nas grandes metrópoles, e em seu entorno, causando grande impacto ambiental, que o homem somente agora está tomando consciência e tentando neutralizar. A consciência ecológica, que vem crescendo dia a dia, não mais permite que os resíduos urbanos sólidos sejam lançados diretamente ao meio ambiente sem um prévio tratamento.

Os metais são encontrados na crosta terrestre e nos oceanos e essa incidência justifica sua participação no meio ambiente. Por essa razão sua presença ocorre em plantas, seres vivos e em alimentos. Alguns desses elementos metálicos, os oligoelementos (ferro e zinco), desempenham, quando em pequenas concentrações, funções biológicas essenciais para o homem e animais e a sua deficiência acarreta distúrbios no crescimento e metabolismo. Outros, como o cádmio e o chumbo podem apresentar sérios problemas devido à sua comprovada toxicidade para o organismo vivo, mesmo em concentrações baixas, devendo a sua presença nos alimentos ser controlada (MURTA, 1993). Estes elementos são geralmente considerados contaminantes accidentais e são translocados através da cadeia alimentar para o organismo do homem e do animal.

Os traços desses metais nos mais diversos alimentos têm sido detectados em níveis prejudiciais à saúde humana, daí a razão da preocupação das autoridades sanitárias em estabelecer teores máximos para estes elementos, tendo em vista as exigências pelos países importadores de produtos de origem animal do Brasil (CEE, 2002).

Dos 92 elementos naturais encontrados na natureza, 22 são essenciais para mamíferos, recebendo a denominação de micronutrientes (CONCON, 1988). A maior parte dos metais encontrados no organismo humano quer sejam essenciais ou não-essenciais, apresentam alta reatividade química e atividade biológica, particularmente na forma de íons, radicais ou complexos orgânicos. Por isso, podem ser potencialmente de alto risco, dependendo da quantidade ingerida e das outras

condições associadas à exposição (tempo e freqüência da exposição e suscetibilidade do organismo exposto) (MIDIO & MARTINS, 2000).

Considera-se metal tóxico todo aquele que pertence a um grupo de elementos que não possui características benéficas e nem essenciais para o organismo vivo, produzindo efeitos danosos para as funções metabólicas normais, mesmo quando presentes em quantidades traços (PARMIGIANI & MIDIO, 1995). Todavia, metais essenciais, por sua vez, podem tornar-se nocivos ao organismo quando ingeridos através de alimentos em quantidades muito acima das nutricionalmente desejáveis, ou quando ocorra uma exposição por outras vias que não a oral.

Metais pesados não podem ser naturalmente metabolizados pelo organismo e exercem seus efeitos tóxicos quando se combinam com um ou mais grupos reativos essenciais para as funções fisiológicas normais (ANDERSON & HANSEN, 1992). Se caracterizam geralmente por sua dureza, infusibilidade, maleabilidade, ductibilidade, por seu brilho, condução de calor e de eletricidade. Por isso são empregados em muitos tipos de indústrias: farmacêutica, de pesticidas, de instrumentos de controle e medição, na fabricação de celulose, de eletrodos e de componentes elétricos, etc. (EVANGELISTA, 1994).

Quando um metal ou seus compostos são veiculados pela dieta, as quantidades que serão absorvidas e retidas pelo animal ou homem dependem das características físico-químicas da substância, da composição dos alimentos, do estado nutricional e de fatores genéticos do organismo exposto (MIDIO & MARTINS, 2000).

## 2.5 Cádmio, chumbo, cálcio, ferro e zinco

Os componentes metálicos dos praguicidas, defensivos agrícolas, insumos agropecuários e a aplicação industrial dos metais têm contribuído para que a contaminação ambiental seja uma das maiores causas de envenenamento humano por metais pesados, principalmente por chumbo e cádmio.

Com a necessidade de aumentar a produção de alimentos, foram introduzidos os resíduos industriais na elaboração de alimentos para animais de criação, o que aumentou o risco para a saúde destes e dos seres humanos, devido ao acúmulo de substâncias inorgânicas no organismo originadas nos processos produtivos desses alimentos, tendo como consequência o aparecimento de enfermidades a médio e a longo prazos nos animais, afetando em seguida o homem (REDDY & RAO, 1993).

O problema da contaminação do meio ambiente por estes metais alcança dimensões mundiais, sendo observado tanto nos países desenvolvidos como naqueles em desenvolvimento, em virtude da expansão industrial.

Entre os metais pesados, o cádmio tem tido destaque nos estudos por se encontrar naturalmente em rochas fosfóricas utilizadas na fabricação de fertilizantes e suplementos minerais, constituindo-se em importante fonte de contaminação ambiental (MARÇAL et al., 1998). Este elemento foi descoberto em 1817, porém seu uso não era comum até que foram reconhecidas suas valiosas propriedades metalúrgicas, eletroquímicas e químicas e sua alta resistência à corrosão, as quais propiciaram sua utilização na eletrodeposição de metais, fabricação de plásticos e pigmentos de tintas para pinturas (GREENE, 1980).

O cádmio é tóxico, mesmo em pequenas concentrações, e cumulativo no organismo vivo, atingindo todos os sistemas e funções. Deposita-se no fígado, rins e pulmões, provocando problemas respiratórios, bronquites, arterioesclerose e hipertensão. Não possui nenhuma ação como micro elemento essencial ao processo

biológico. A contaminação pode ocorrer através da ingestão e inalação (ZANINI & OGA, 1985).

O cádmio pode afetar a absorção do ferro no organismo, tendo sido descrita a ocorrência de níveis baixos de hemoglobina e volume celular reduzido em bovinos criados em áreas contaminadas com o metal (KESSELS et al., 2002). O seu acúmulo no córtex renal do homem após prolongada exposição do organismo ao metal e a ocorrência de anemia microcítica em ratos também são relatados. Devido ao acúmulo do metal nos rins, este órgão não deveria ser consumido ou utilizado, nem para fabricação de rações para animais, uma vez que os níveis de cádmio descritos nos rins são muito elevados. Deve-se ressaltar que substâncias tóxicas ingeridas pelos animais, através do alimento ou água de bebida, podem aparecer como resíduos nos produtos de origem animal (SCHUMANN, 1990).

Igualmente, os produtos vegetais também podem apresentar contaminação pelo cádmio, procedente das mais variadas fontes ambientais (MALAVOLTA, 1994), tendo sido sugerido que o consumo médio desses produtos contaminados pode estar excedendo o limite máximo permitido pela Organização Mundial de Saúde. O autor assegurou que a fonte de contaminação dos animais foi o solo, transferindo os metais para as plantas, onde detectou para o cádmio teores residuais de 0,002 a 0,106 ppm. O CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION (2002), limita um consumo máximo de cádmio de 0,525 mg/pessoa/semana.

É descrita a ocorrência de uma deficiência de cálcio associada à exposição ao cádmio, em níveis de 5 a 25 ppm no alimento, em fêmeas em lactação, e/ou gestação, determinando profunda desmineralização óssea devida ao deslocamento do elemento essencial de sua função normal, tendo como resultado osteoporose nos indivíduos adultos da espécie bovina (ROCHA et al., 1984).

O chumbo é um dos principais determinantes de envenenamento de animais nas fazendas, especialmente em bovinos, devido ao hábito alimentar (BLOOD & HENDERSON, 1995). Em uma pesquisa realizada por Laboratórios de Veterinária dos Estados Unidos e Canadá, os bovinos apresentavam as mais altas incidências de intoxicação por chumbo, sendo verificados três casos por 1000

animais analisados (NRC, 2001). Os ruminantes são comumente mais afetados pelo envenenamento por chumbo e isto pode ser atribuído, em parte, à tendência de certas partes desse material ficarem retidas no retículo e serem convertidas a acetato de chumbo, que é solúvel pela ação de ácidos no rumem. A ocorrência da intoxicação aguda nos animais é usualmente baixa (10 a 15 %), enquanto a letalidade varia de 75 a 100 % (ARANHA et al., 1994). A natural curiosidade e o hábito de provar, aliado à depravação de apetite devido a um desequilíbrio nutricional em elementos minerais essenciais, principalmente da carência de fósforo em bovinos, faz de alguns dos materiais que contêm chumbo, uma fonte potencial de intoxicação (BLOOD & HENDERSON, 1995).

A principal fonte de intoxicação aguda em animais domésticos, principalmente bovinos, é derivada do chumbo presente em depósitos de placas de baterias, pipas de água, massas de vidraças, linóleo, asfalto, gasolina queimada, óleo de motores, recipientes de alimentos, tintas, inseticidas, motores abandonados nos ambientes e alimentos contaminados em comunidades urbanas altamente industrializadas e mecanizadas (AMMERMAN et al., 1997).

AMMERMAN e GAMBLE (1995) relatam que a ingestão de 200 a 400 mg de chumbo por Kg de peso vivo em um dia, na forma de acetato de chumbo, carbonato básico de chumbo ou óxido de chumbo, é suficiente para causar a morte de bezerros de até quatro meses de idade, enquanto que bovinos adultos podem requerer uma dose oral de 600 a 800 mg/Kg/peso para produzir o mesmo efeito. A ingestão de pequenas doses repetidamente, determina efeito cumulativo, levando também à intoxicação crônica.

A contaminação de pastagens, água e solo com chumbo pode ocorrer nas proximidades de fundições e fábricas de baterias, localizadas próximas às microrregiões em que predominam atividades agrícolas e industriais no Estado de Goiás (GONÇALVES, 1999).

No homem, o chumbo dos alimentos é absorvido em pequenas concentrações, sendo gradativamente acumulado nos tecidos. O chumbo absorvido

entra na corrente sanguínea, chega aos ossos e tecidos moles, inclusive rins e fígado, sendo deste gradualmente excretado, via bile, para o intestino delgado e então eliminado nas fezes, ficando retida nos tecidos uma pequena parte onde se acumula, causando mais tarde, os sintomas de intoxicação (CARL, 1991).

Chumbo tem grande afinidade pelos ossos, níveis de 5 a 20 ppm, na base da matéria natural. Esta afinidade pelos ossos e tecidos moles faz com que o chumbo venha a competir com os elementos essenciais, como o cálcio, deslocando-os de suas funções fisiológicas, diminuindo a ação dos mesmos no tecido ósseo tendo como consequências a desmineralização e fragilidade óssea. Essa ação antagônica afeta principalmente os elementos cobre, cálcio, ferro e zinco que participam de importantes mecanismos enzimáticos e apresentam a mesma valência ao nível de eletrosfera do átomo (MALAVOLTA, 1994).

O cálcio é um macroelemento essencial para a vida dos animais domésticos e seres humanos (ORTOLANI, 1996). É um mineral indispensável por ser o material construtor de ossos e dentes e por desempenhar funções biológicas essenciais para o homem e animais como a de controlar a transmissão de impulsos nervosos, a ação muscular, a coagulação do sangue e a permeabilidade celular. A deficiência de cálcio pode provocar raquitismo, falhas no mecanismo de coagulação do sangue, distúrbios nervosos e contrações musculares convulsivas. Uma elevação das concentrações sanguíneas de cálcio (hipercalcemia) pelo excesso no consumo de cálcio ou uma elevação na excreção urinária de cálcio pode causar tônus muscular frouxo, constipação, náusea e, ao final, confusão, coma e morte. Essa elevação essencialmente nunca decorre da ingestão de fontes alimentares naturais e sim na ingestão de suplementos, medicamentos ou produtos processados (SHILS et al., 2003). As ingestões excessivas de cálcio podem reduzir a absorção de manganês, zinco e ferro (MAHAN & ESCOTT-STUMP, 2003).

Mais de 99% do cálcio está nos ossos e dentes (SHILS et al., 2003). A ingestão adequada de cálcio é necessária para permitir ganhos ótimos na massa e densidade óssea nos anos pré-puberais e da adolescência. Estes ganhos são especialmente críticos para as meninas, pois o osso acumulado pode fornecer

proteção adicional contra a osteoporose nos últimos anos de vida após a menopausa. Mostrou-se que o pico de retenção de cálcio pelas meninas ocorre nos períodos pré-puberais e no início do período puberal (ABRAMS & STUFF, 1994).

O ferro é essencial para o funcionamento de todos os órgãos e tecidos do organismo. Ocorre como um núcleo ferro-porfirina, conhecido como heme, não apenas na hemoglobina e mioglobina, mas também em proteínas que são componentes da citocromo c, peroxidase, catalase e outras enzimas. Assim, é um componente de portadores de oxigênio e de catalisadores oxidantes ou enzimas. Mais da metade do ferro presente no organismo está na forma de hemoglobina, e parte dele na forma de mioglobina. Além disso, uma reserva variável está localizada mais no fígado, depois baço e rins (MAYNARD & LOOSLI, 1974).

A falta de ferro é a mais importante deficiência nutricional do mundo (NOGUEIRA et al., 1998). A deficiência de ferro é normalmente chamada de anemia ferropriva. Tem como sintomas: cansaço, taquicardia, tontura, palidez, dores de cabeça, fraqueza, falta de apetite e indisposição. Se a anemia for usada como um indicador de insuficiência de ferro, NOGUEIRA et al. (1998) citam que de acordo com a Organização Mundial da Saúde, estima-se que 30% a 60% das mulheres e crianças de países em desenvolvimento sejam carentes desse mineral. O que também é afirmado por FRANCO (1995), para quem a deficiência de ferro é a causa mais comum da anemia nutricional no homem.

LOZOFF e BRITTENHAM (1986) mencionam que a deficiência de ferro também foi associada com diminuição na defesa imunológica, onde as consequências destas mudanças no sistema imunológico, deixa o organismo predisposto às infecções, distração, irritabilidade, e habilidade reduzida de aprender. De acordo com POLLITT (1987) o nível de deficiência de ferro que resulte em aprendizado escolar prejudicado em crianças é incerto.

O conteúdo corporal de ferro nos adultos da espécie humana, está na faixa de 3 a 4 g (65% aproximadamente se encontram na hemoglobina, e 10% na mioglobina, e o restante no fígado, baço, rins, medula óssea e outros órgãos). Uma ingestão de 18 mg de ferro por dia, é o ideal para um indivíduo adulto da espécie

humana. Entretanto a suplementação com vitamina C após as refeições, duplica a absorção de ferro e inibe o desenvolvimento da anemia (TOLONEN, 1995). Segundo o mesmo autor, a carne bovina tem 50 a 60% do ferro na forma HEME, que é mais disponível do que o ferro existente nos vegetais. Confirmando a importância da carne e seus produtos como maiores fontes alimentares desse elemento.

O grau de acidez gástrica intensifica a solubilidade e, portanto, a biodisponibilidade de ferro derivado dos alimentos. Também os estados fisiológicos, tais como gravidez e crescimento, que necessitam de formação sanguínea aumentada, estimulam a absorção de ferro. E mais ferro é absorvido na respectiva deficiência devido aos mecanismos adaptativos que intensificam a absorção de ferro não-heme (MAHAN & ESCOTT-STUMP, 2003).

A RDA para o ferro é 10 mg para homens e para mulheres na pós-menopausa, e 15 mg para mulheres na idade fértil (para repor as perdas da menstruação e fornecer os estoques de ferro suficientes para suportar uma gravidez). Para mulheres adolescentes, a RDA também está estabelecida em 15 mg/dia para prover as necessidades de ferro do crescimento. Para meninos adolescentes a RDA é 12 mg/dia (MAHAN & ESCOTT-STUMP, 2003).

O ferro é utilizado pelas células cerebrais para sua função normal, em todas as idades (BEARD et al., 1993). Os efeitos prejudiciais da anemia por deficiência de ferro em crianças persistem por muitos anos (LOZOFF, 1990; WALTER, 1990).

Nos EUA e em todo mundo, a deficiência de ferro é a causa mais comum de anemia tanto em crianças como em mulheres durante os anos férteis. Os grupos considerados em maior risco de anemia por deficiência de ferro são bebês menores de 2 anos de idade, meninas adolescentes, mulheres grávidas e idosos (MAHAN & ESCOTT-STUMP, 2003).

Sabendo da importância do ferro na alimentação humana, uma CMS com níveis adequados de ferro seria excelente fonte desse mineral para a dieta. Em geral, há uma quantidade aumentada deste elemento em relação à carne equivalente e

melhor qualidade e biodisponibilidade do ferro heme, devido à inserção de medula óssea dentre a matéria-prima utilizada para fabricação de CMS.

O zinco é essencial para o crescimento e desenvolvimento do organismo humano e de todas as espécies, bem como para a maturação sexual. Uma deficiência de zinco em animais domésticos é caracterizada por lesões da pele, e atraso de crescimento. O distúrbio agrava-se por excesso de cálcio na alimentação (MAYNARD & LOOSLI, 1974). Este elemento está também envolvido no funcionamento do sistema imune, além de ser um constituinte de diversas enzimas como a desidrogenase alcoólica humana e ativador de outras, tais como a anidrase carbônica, a arginase, a triptidase e a aminopeptidase. Este elemento influencia a síntese e o metabolismo de proteínas e dos ácidos nucléicos (FLYN, 1992). O número de enzimas que requerem zinco varia entre as espécies e tecidos examinados, sabe-se que há pelo menos 60, e este número tende a aumentar principalmente considerando que as células de mamíferos podem conter centenas de moléculas diferentes de mRNA, e que as RNApolimerases I, II e III são metaloenzimas que contém zinco. O zinco parece ser essencial para a sensação de apetite e paladar (JARRETT, 1999).

A distribuição de zinco entre os tecidos é similar em diferentes espécies animais. A concentração no organismo está entre 10 a 100 ppm de peso úmido. A principal transportadora deste elemento no plasma é a albumina, mas a transferrina também contém zinco (FERREIRA et al., 2001). A concentração do zinco no plasma exibe variações ao longo do dia, diminuindo com estresse, e é ainda sujeita a depressão pós-prandial transitória (LOPES et al., 1997). Porém não há relação entre a concentração plasmática de zinco e a pressão arterial, indivíduos hipertensos e normotensos apresentaram níveis similares de zinco sanguíneo (SRIKUMAR & AKESSON, 1992).

A absorção de zinco é rápida e ocorre no intestino delgado; o processo de transporte, contudo, parece ser dependente de energia (PONPE & PREVENDAR, 2002). Solução homeostática da absorção de zinco está ligada à síntese de metalotioneína intestinal. Esta enzima tem sua produção aumentada por uma alta

ingestão de zinco (BLALOCK et al., 1987). Assim, se há deficiência desse microelemento, há baixa concentração de metalotioneína e aumento na liberação de zinco do intestino para a circulação portal. Por outro lado, a absorção deste elemento diminui durante períodos de alta ingestão (ROCHA et al., 1984). O chumbo é antagonista do zinco, havendo uma interação entre estes elementos que ocorre ao nível da enzima d-aminolevulinato dehidratase em ratos (LOPES, 1998).

A ingestão de carne em geral é baixa entre os pré-escolares, talvez por preferências pessoais, possivelmente devido a razões sócio-econômicas, mas usualmente porque as carnes são substituídas por alimentos feitos de cereais, leite e seus derivados, que as crianças tendem a preferir. Esta observação levou à fortificação dos alimentos para bebês e crianças, especialmente cereais, com zinco (HAMBIDGE et al., 1976).

O zinco está abundantemente distribuído em todo o corpo humano e em segundo plano perde apenas para o ferro entre os elementos traços. O zinco é encontrado em quantidades de 2 a 3 g, com a maior concentração no fígado, pâncreas, rins, ossos e músculos (MAHAN & ESCOTT-STUMP, 2003). O teor médio de zinco em fígado bovino de 44,04 mg/Kg no Estado de Goiás, demonstra que este órgão realmente armazena uma boa concentração desse mineral (GONÇALVES, 2006).

Recém-nascidos de baixo peso corporal têm grande facilidade de desenvolverem uma grave deficiência de zinco, associada à desidratação hipernatrêmica (MARCHINI & OLIVEIRA, 1998). Lesões resultantes de deficiência ocorrem inicialmente em sistemas menos essenciais, começando pelos tecidos que contêm mais altos níveis, como órgãos reprodutivos, ossos e pele. Na tentativa de conservar as funções bioquímicas essenciais, há uma redistribuição desse elemento no organismo (TAVARES & CARVALHO, 1992). Adolescentes Egípcios e Iranianos apresentando quadro de desenvolvimento sexual retardado e depressão do crescimento foram tratados com suplementação de zinco, o que supriu o quadro apresentado. Os sintomas clássicos de deficiência severa são observados raramente, contudo avaliações nutricionais e dados clínicos de pacientes humanos sugerem que

deficiência leve pode ser encontrada com freqüência em nações desenvolvidas (MARCHINI & OLIVEIRA, 1998).

A intoxicação por zinco inclui sintomas como emese, anorexia, diminuição da concentração tissular de ferro, cobre e manganês, artrite, hemorragia interna, desmineralização óssea, com diminuição da concentração de cálcio e desequilíbrio no metabolismo de cobre (GOMES, 2002).

A RDA (1989) estabelece 15 mg/dia para a ingestão de zinco apropriada para adolescentes e adultos do sexo masculino. Devido ao menor peso corpóreo das adolescentes e mulheres, sua RDA é de 12 mg/dia. As necessidades de pré-adolescentes é estimada em 6 mg/dia, mas devido às perdas dérmicas maiores e grande variação individual, a RDA foi estabelecida em 10 mg. A RDA para bebês é de 5 mg/dia durante o primeiro ano de vida.

As principais fontes mais importantes de zinco para o ser humano são o leite, queijos, ovos, fígado, moluscos, arenque e farelo de trigo (UNDERWOOD, 1991).

Todos os aspectos mencionados relativos aos elementos cádmio, chumbo, cálcio, ferro e zinco, demonstram a importância desta pesquisa em CMS, matéria-prima viável economicamente com grande expansão nos produtos disponibilizados no mercado para consumo.

## 2.6 Oxidação lipídica

Lipídeos em sistemas biológicos podem sofrer oxidação, levando à deterioração. Em alimentos, estas reações podem levar à rancidez e a possível formação de compostos tóxicos. A deterioração oxidativa de lipídeos em alimentos envolve primariamente reações de autoxidação, as quais são acompanhadas por várias reações secundárias tendo características oxidativas e não oxidativas. Os

lipídeos mais importantes envolvidos na oxidação são os ácidos graxos insaturados, oléico, linoléico e linolênico. A taxa de oxidação desses ácidos graxos aumenta de forma geométrica com o grau de insaturação (PEARSON et al., 1983).

A oxidação lipídica em alimentos cárneos é um dos processos degradativos mais importantes responsáveis pelas perdas em qualidade. A autoxidação leva a formação de aldeídos de cadeia curta, cetonas e ácidos graxos, como também ao desenvolvimento de alguns polímeros, os quais podem contribuir para os sabores oxidados em carnes bovina, suína, de frango e de peixe. Alguns desses produtos da oxidação lipídica têm sido indicados como substâncias tóxicas, que podem levar a processos deteriorativos no homem, incluindo o envelhecimento. Ácidos graxos insaturados são especialmente vulneráveis a oxidação, sendo prontamente clivados na dupla ligação produzindo vários produtos da oxidação (PEARSON et al., 1983).

É geralmente aceito que a oxidação lipídica em alimentos cárneos é iniciada na fração de fosfolipídeos altamente insaturados nas membranas subcelulares. O processo de peroxidação autocatalítica começa imediatamente após o abate. As alterações bioquímicas que acompanham o metabolismo pós-abate na conversão do músculo em carne e sua maturação *post-mortem* dão origem às condições onde o processo de oxidação lipídica não é mais fortemente controlado e o balanço de fatores pró-oxidativos/capacidade antioxidativa favorece a oxidação. Além disso, a ruptura das membranas musculares pela desossa mecânica, moagem, reestruturação ou cozimento alteram a compartmentalização celular, o que facilita a interação de pró-oxidantes com ácidos graxos insaturados, resultando na geração de radicais livres e propagação da reação oxidativa (ASGHAR et al., 1991). Portanto, se faz necessária a análise do índice de peróxidos como parte da avaliação físico-química na CMS, para verificar seu estado de conservação de acordo com as oxidações ocorridas durante todo o processamento.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivos gerais**

- Avaliar a qualidade da Carne Mecanicamente Separada de frango e de bovinos produzidas no Estado de Goiás em termos de concentração dos elementos cádmio, chumbo, cálcio, ferro, zinco, teores de gordura, proteína, umidade, resíduo mineral fixo (cinzas) e índice de peróxido.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Realizar a análise da composição centesimal de cada CMS.
- Determinar os teores médios dos metais pesados cádmio e chumbo em CMS de frango e bovina.
- Determinar os teores médios dos minerais essenciais ferro e zinco em CMS de frango e bovina.
- Relacionar a concentração encontrada desses elementos com a inocuidade nos produtos que incluem a CMS em sua composição, assim como seu aspecto nutricional.
- Comparar os resultados obtidos da análise físico-química com os parâmetros estabelecidos pela Instrução Normativa nº 20 do Ministério da Agricultura e Abastecimento.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Amostragem

Seguindo-se o modelo estatístico de amostragem por conglomerados (SPIEGEL, 1978; LEITE, 1998), foram colhidas 40 amostras de CMS em frigoríficos e matadouros sob Inspeção Federal no Estado de Goiás, sendo 20 amostras de frango e 20 amostras de bovinos.

As amostras foram colhidas conforme está previsto em normas de amostragens analíticas (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

As amostras com peso médio de 500g foram acondicionadas individualmente em sacos de polietileno e mantidas sob refrigeração até a chegada ao laboratório, quando foram imediatamente processadas, seguindo-se os critérios de homogeneidade a fim de evitar erros analíticos. Foram preparadas amostras em duplicatas.

### 4.2 Procedimento

As amostras homogeneizadas foram analisadas em conformidade com a metodologia proposta em Métodos de Análise de Resíduos Biológicos em Produtos de Origem Animal (BRASIL, 1994), que é o mesmo adotado pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. Para avaliação físico-química, seguiram-se os Métodos Analíticos Físico-químicos para Controle de Produtos Cárneos e seus Ingredientes – Sal e Salmoura (BRASIL, 1999).

#### 4.2.1 Análises químicas

De acordo com os métodos oficiais, as análises aplicadas incluíram semi-micro *Kjeldahl* para proteína, *Soxhlet* para lipídio, método volumétrico para índice de peróxidos, método pela estufa a 105°C para umidade, e forno mufla a 550°C para obtenção de resíduo mineral fixo ou cinzas, nas quais se encontram descritas na Instrução Normativa nº 20 (BRASIL, 1999).

Para o cálcio, cádmio, chumbo, ferro e zinco, a metodologia utilizada foi a espectroscopia de absorção atômica (BRASIL, 1994), em equipamento modelo GBC 932 AA. A quantificação foi feita por padronização externa, sendo as curvas construídas utilizando-se 4 níveis de concentração, onde cada ponto foi representado pela média de 3 determinações. Os níveis de concentração para o cálcio variaram de 2,0 mg/L a 10,0 mg/L, para cádmio de 1,0 mg/L a 4,0 mg/L, para chumbo de 0,5 mg/L a 4,0 mg/L, para ferro de 1,0 mg/L a 4,0 mg/L e para zinco de 1,0 mg/L a 4,0 mg/L.

Todas as análises citadas foram realizadas nos Laboratórios do Centro de Pesquisas em Alimentos da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Goiás (CPA/EV/UFG).

#### 4.3 Análises estatísticas

As análises estatísticas dos dados foram executadas a partir dos valores obtidos em duplicata utilizando software SAS (2002).

O procedimento GLM (*General Linear Models*) foi usado para avaliar os efeitos do tipo de amostra (Carne Mecanicamente Separada de frango e bovina) e frigorífico (frigorífico de frango 1 e 2).

Foram comparadas as médias dos resultados analíticos pelo teste de Tukey (5%).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este estudo trouxe o conhecimento dos níveis de concentração de elementos tóxicos como o chumbo e o cádmio nas carnes mecanicamente separadas de frango e bovina comercializadas no Estado de Goiás, bem como as atuais características físico-químicas do cálcio, ferro, zinco, lipídio, proteína, umidade, cinzas e índice de peróxidos presentes. Através das médias e desvios padrões obtidos, aplicando-lhes o Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), distribuímos os resultados em duas tabelas nas quais podemos visualizar e promover a discussão pertinente aos objetivos propostos.

Os valores médios de cálcio, ferro, zinco, cádmio e chumbo analisados em CMS de frango e bovina estão contidos na Tabela 5.1, onde podemos comparar os resultados nos diferentes frigoríficos com as recomendações estabelecidas pela legislação.

**Tabela 5.1.** Valores médios dos minerais essenciais e metais pesados analisados em CMS de frango e bovina produzidas no Estado de Goiás, 2006.

Análises	Cálcio (g/100g)	Ferro (mg/Kg)	Zinco (mg/Kg)	Cádmio (mg/Kg)	Chumbo (mg/Kg)
<u>Frigorífico 1*</u>					
Média	0,12 <sup>a</sup>	22,37 <sup>b</sup>	21,59 <sup>b</sup>	0,01 <sup>a</sup>	0,09 <sup>a</sup>
Desvio padrão	±0,13	±5,59	±6,90	±0,01	±0,16
<u>Frigorífico 2*</u>					
Média	0,10 <sup>a</sup>	22,98 <sup>b</sup>	22,34 <sup>b</sup>	0,02 <sup>a</sup>	0,11 <sup>a</sup>
Desvio padrão	±0,12	±5,47	±3,61	±0,01	±0,13
<u>Frigorífico 3*</u>					
Média	0,04 <sup>b</sup>	37,82 <sup>a</sup>	43,47 <sup>a</sup>	0,04 <sup>a</sup>	0,18 <sup>a</sup>
Desvio padrão	±0,02	±9,74	±8,13	±0,09	±0,15

\*Frigoríficos 1 e 2: amostras de CMS de frango. Frigorífico 3: amostras de CMS bovina.

<sup>a, b</sup> Letras diferentes em uma mesma coluna, diferem significativamente entre si (Teste de Tukey,  $p < 0,05$ ).

Não houve diferença ( $p > 0,05$ ) entre os dois frigoríficos de aves, produtores de CMS de frango em todas as análises químicas realizadas,

demonstrando homogeneidade das amostras coletadas, bem como das matérias-primas utilizadas em seu processamento.

A verificação do teor de cálcio foi feita levando em consideração a Instrução Normativa nº 04 (BRASIL, 2000) vigente, na qual estabelece os valores de 1500 mg de cálcio por 100g de CMS (1,5%). Não houve diferença ( $p > 0,05$ ) entre os dois frigoríficos de aves avaliados.

Nas CMS de frango foram obtidos valores médios maiores desse mineral, se comparado à bovina, demonstrando uma possibilidade dos frigoríficos de aves utilizarem maior percentual de ossos na Trituração, até mesmo pela característica física das aves, possuindo ossos menores e mais difíceis de serem separados da carne que os bovinos. Mas ambos estão dentro dos padrões considerados seguros e aceitos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Em relação à qualidade da CMS, a determinação do conteúdo de cálcio (ou conteúdo de osso) é uma forma de controlar o rendimento de processos mecânicos de separação. Um conteúdo de osso alto significa que a pressão usada no processo de desossa foi muito alta ou que a relação carne/osso foi muito baixa (BERAQUET, 2000). O tamanho das partículas de osso é determinado pelo tamanho da malha da “peneira” de desossa. Portanto, as amostras analisadas podem ser consideradas CMS de boa qualidade, mostrando o emprego de baixa pressão na desossa mecânica.

O conteúdo de cálcio encontrado nas CMS de aves e bovinos variaram de 0,06% a 0,28%. Os níveis encontrados (Tabela 5.1) estão abaixo dos limites máximos considerados pelos padrões regulamentares oficiais brasileiros (1500mg/100g na matéria seca), americanos (750mg/100g) e holandeses (250mg/100g). O comitê de requerimentos de cálcio da FAO/OMS recomenda a ingestão de 400-500 mg por dia, o que significa consumo de 200 g de CMS por dia, de uma CMS contendo 0,25 % de cálcio. De acordo com a média dessas amostras (Tabela 5.1), um indivíduo seria suprido em relação às necessidades de cálcio se consumisse cerca de 556 gramas de CMS, o que seria uma ingestão pouco provável para um dia apenas, sem contar com outros alimentos contidos na dieta do indivíduo.

Contudo, a CMS como parte integrante numa dieta diária de um indivíduo, pode ser considerada boa fonte para alcançar a ingestão recomendada de cálcio.

A RDA (*Recommended Dietary Allowances*) de cálcio varia de acordo com a faixa etária. Para crianças com 0 a 5 meses de vida, a RDA é de 400 mg; para crianças com 5 a 12 meses de vida a RDA é de 600 mg; para crianças maiores de 1 ano e adultos a RDA é de 800 mg. A RDA somente é aumentada em casos específicos de gravidez e lactação, quando então passa a ser de 1200 mg.

Embora esses valores sejam bem aceitos, recentemente, um grupo de especialistas do National Institute of Health recomendou que os requerimentos de cálcio para adultos devem ser maiores a fim de prevenir doenças como a osteoporose. Ao invés de 800 mg de cálcio/dia, eles recomendam valores de 1000 mg para pessoas com 19 a 50 anos e 1200 mg para pessoas com mais de 50 anos (FRIAS, 2004).

As dietas com pouco cálcio promovem aumentos significantes na absorção e retenção de chumbo e cádmio. As dietas de alto teor de cálcio e fitato parecem restringir a captura de chumbo (OMS, 1998).

Ingerindo produtos industrializados contendo CMS em sua composição, não teremos maiores problemas com o consumo em excesso de cálcio. O consumo de cálcio em excesso na alimentação não quer dizer que o indivíduo desenvolverá hipercalcemia ou cálculos renais. Isso porque o cálcio é um nutriente platô; acima de uma certa ingestão, pouco aumento adicional na retenção de cálcio pode ocorrer, porque o excesso é excretado (SHILS et al., 2003).

O cálcio é importante indicador de qualidade da CMS, demonstrando o interesse da indústria em obter possíveis vantagens financeiras utilizando partes das carcaças que não deveriam. Com níveis adequados de cálcio, a CMS pode ser um complemento na dieta deste mineral, não competindo com o ferro e o zinco no organismo humano.

Entre as amostras de CMS de frango e bovina houve diferença significativa para ferro, demonstrando que a carne vermelha (bovina) possui realmente maior quantidade de ferro, o qual tem maior biodisponibilidade no

metabolismo humano por estar em grande parte na forma heme, sendo bastante recomendada por profissionais da área da saúde para pacientes com quadro de anemia ferropriva.

Seguindo na ordem dos elementos contidos na Tabela 5.1, o ferro não possui limites definidos máximos e mínimos na legislação para CMS, nem em outros produtos. Possui apenas ingestão diária recomendada para obter saúde, sem deficiências e toxicidade.

Existem duas formas químicas do ferro nos alimentos: o ferro heme e não-heme. O primeiro encontra-se na estrutura do anel porfirina, ligado à hemoglobina e mioglobina, representando cerca de 40% do ferro do tecido animal. Sua absorção é elevada e não é influenciada pelos fatores antinutricionais, tais como o ácido oxálico, o ácido fítico e polifenóis (taninos, por exemplo). As formas inorgânicas ou ferro não-heme estão presentes tanto em tecidos animais como em todos os vegetais que contêm ferro; porém, são de baixa biodisponibilidade (DE ANGELIS & CTENAS, 1993).

Alimentos que possuem ferro heme (fonte altamente disponível) são alimentos de origem animal, como carne vermelha, vísceras como fígado, rim, coração, gema de ovo, etc. Já o ferro não heme está presente em alimentos de origem vegetal, como vegetais de folhas verdes escuras, como espinafre, agrião, rúcula e leguminosas, como feijão, soja, lentilha, etc. (MURPHY & CALLOWAY, 1986).

MECCHI et al. (2005) acharam uma concentração de 56,42 e 61,30 mg/kg para feijões crus e cozidos, respectivamente; outro valor encontrado na literatura foi 93 mg/kg em feijões pretos crus (FAO, 2003). HOUSE et al. (2002) obtiveram o valor 87,5 mg/kg de ferro em feijões pretos. Contudo, alimentos vegetais (ferro não-heme) não podem ser considerados fonte de ferro. MOURA & CANNIATTI-BRAZACA (2006) acharam que a quantidade de fatores antinutricionais exerceu efeito inibitório sobre a disponibilidade de ferro de amostras de feijão, mas com acréscimo simultâneo da cistina e do ácido ascórbico, há melhora na absorção do ferro do feijão, igualando-o à absorção do ferro da carne bovina.

As proteínas animais de carne bovina, carne de porco, vitela, cordeiro, fígado, peixe e frango intensificam a absorção do ferro. A substância responsável por esta absorção melhor, chamada de *fator carne*, é desconhecida. Uma teoria é que os produtos da digestão de músculo e gordura da carne bovina interagem para intensificar a absorção de ferro (KAPSOKEFALOU & MILLER, 1993).

Uma excelente fonte de ferro é a carne bovina, tem aproximadamente 50-60% de ferro heme e 40-50% de ferro inorgânico, a carne de carneiro e de frango tem 30-40% de ferro heme e 60-70% de ferro inorgânico. Além disso, cada quilograma de carne bovina (contrafilé) possui 34,2 mg de ferro, no lombo suíno há 15,3 mg/kg e no peito de frango há 10,6 mg/kg (AFERRI, 2003).

Há claras indicações que a deficiência de ferro promove a retenção de cádmio e pode, assim, diminuir a tolerância de altas concentrações ambientais ou da dieta de cádmio. A evidência vinda de uma variedade de experimentos em animais sugere que a deficiência de ferro também promove a captura e retenção de chumbo; a evidência para humanos é conflitante, mas em alguns estudos aumentos substanciais na captura de chumbo diz-se terem ocorrido quando o ferro da dieta e o estado de ferro estavam baixos (OMS, 1998).

Comparando a média obtida (Tabela 5.1) das amostras de CMS de frango analisadas com o teor de ferro do peito de frango mostrado acima, pode-se dizer que a CMS apresenta valores bem maiores, ou seja, é melhor fonte de ferro do que a carne de frango. Esse maior teor de ferro pode ser justificado, pois na elaboração do produto há incorporação de pigmentos heme existentes na medula óssea e na camada de gordura subcutânea (AMARAL-MELLO, 1998). Além de ter maior teor de ferro, tem também maior quantidade de ferro heme, ou seja, maior quantidade de ferro biodisponível, incorporado pela Trituração de ossos e medula óssea, os quais proporcionam a presença de ferro heme na CMS produzida. Isso porque a maior parte do ferro plasmático destina-se à medula óssea, sendo que 80% do ferro liga-se ao heme e passa a fazer parte da hemoglobina como ferro funcional, e os 20% restantes permanecem ligados à transferrina como ferro de transporte (ANDREWS, 1999). Enquanto que a CMS bovina possui média de ferro aproximada à carne bovina.

Com relação ao zinco, de acordo com as médias obtidas, houve diferença significativa entre as amostras de frango e bovina, sendo que entre os frigoríficos de frango não houve diferença ( $p>0,05$ ). Na CMS bovina o teor de zinco é bem mais evidente, com média de 43,47 mg/kg, o dobro do conteúdo encontrado na CMS de frango. Provando que a carne vermelha (bovina) não é boa fonte apenas do mineral ferro, mas também possui quantidade significante de zinco, nutriente essencial na ação de inúmeras enzimas e estruturas moleculares orgânicas.

A forma mais prontamente disponível de zinco é encontrada na carne de animais, em particular carnes vermelhas e aves (MAHAN & ESCOTT-STUMP, 2003). As carnes e os produtos contendo CMS, como integrante da dieta alimentar diária, promove melhor disponibilidade do zinco e ferro nas recomendações estabelecidas em relação ao leite, por exemplo. Em alimentos considerados atrativos para as pessoas, em especial crianças, como lingüiça, salsicha e hambúrguer, a CMS participa da mesa de muitos consumidores sem mesmo ser notada aparentemente e conhecida pela maioria da população, apesar de descrita nos rótulos das embalagens.

Em geral, a ingestão de zinco se correlaciona bem com a ingestão de proteína (MAHAN & ESCOTT-STUMP, 2003). O que ressalta ainda mais a importância da carne presente na dieta tanto de crianças como de adultos, mostrando o valor da CMS também, visto que é um subproduto cárneo, utilizado em alimentos industrializados como a salsicha, mortadela, lingüiça (produtos bem aceitos em geral pelas crianças).

Se um indivíduo ingerir num dia 100 g de CMS, estará ingerindo de acordo com as médias de amostras de CMS bovina e de frango analisadas, aproximadamente 3,27 mg de zinco por dia (o equivalente a 21,8% da recomendação diária estabelecida), que aliada a outros alimentos da dieta é possível uma ingestão adequada desse nutriente. Para atingir a recomendação acima descrita apenas com ingestão de CMS, seriam necessários por dia 500 g aproximadamente, o que é uma quantidade exagerada, visto que o ser humano não ingere somente carne na dieta diária, e nem CMS, mesmo que inserida em outros produtos cárneos.

Sobre os metais pesados em questão (cádmio e chumbo), é evidente que, para a maioria dos indivíduos, o alimento e a dieta são as fontes mais importantes destes elementos potencialmente tóxicos, separadamente das comunidades expostas a altos níveis de poluição por efluentes ou emissões industriais ricas em metais pesados.

Metais podem contaminar animais produtores de alimentos, principalmente através de rações, água e pastagens contaminadas, permanecendo em seus tecidos ou nos produtos que servirão de alimento para outros animais, inclusive o homem (MIDIO & MARTINS, 2000).

A Portaria nº 685 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 1998) e a Instrução Normativa nº 42 do Ministério da Agricultura (BRASIL, 1999), regulamentam os princípios gerais para o estabelecimento de níveis máximos de contaminantes químicos em alimentos. A verificação do teor de cádmio (Tabela 5.1) foi feita levando em consideração a Instrução Normativa nº 42 vigente, na qual estabelece o valor de 1 mg/kg de cádmio em carnes, incluindo a CMS.

O Limite Máximo de Resíduos (LMR) aceito no Brasil para alimentos é 1,0 ppm para cádmio e 2,0 ppm para o chumbo. Enquanto que os países da União Européia e Mercosul, o LMR para cádmio e chumbo é de 0,05 ppm (CEE, 2002). Portanto se levarmos em consideração o limite para cádmio de 0,05 ppm, as nossas amostras se encontraram próximas ao valor limítrofe, devendo-se ter um cuidado bem especial com a obtenção e escolha das matérias-primas e sua origem, bem como com todo o processo de abate e produção das CMS.

Partindo dos limites impostos pelo Ministério da Agricultura para os resíduos cádmio e chumbo, os resultados se apresentaram dentro dos parâmetros estabelecidos em todas as amostras. Apesar de não haver um controle da matéria-prima utilizada em CMS desde a sua origem por parte dos frigoríficos, as amostras escolhidas apresentaram resultados positivos para a saúde animal e humana com relação a esses metais analisados. Por serem frigoríficos de grande porte, provavelmente a fiscalização local é bem mais intensa e exigente quando comparados com outros tipos de indústrias menores.

Os níveis médios obtidos para cádmio nas diferentes amostras e frigoríficos de CMS de frango e bovina não diferem significativamente entre si. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (1998), as concentrações de cádmio na maioria dos alimentos são tipicamente menores que 0,15 mg/Kg. A média maior encontrada foi de 0,04 mg/kg em CMS bovina, conforme previsto pela OMS.

A ingestão diária de cádmio em diferentes países europeus e nos Estados Unidos é estimada entre 10 a 40 µg/dia (GOYER, 1996). Apenas 5 a 8% do total de cádmio ingerido através dos alimentos e água são absorvidos pelo trato gastrintestinal. A velocidade de absorção é aumentada em casos de deficiência de cálcio e ferro na dieta (MIDIO & MARTINS, 2000).

Na cidade de Fuchu, no Japão, na década de 50, foi diagnosticada uma doença de caráter reumático, doença de Itai-Itai, que se tratou de uma síndrome originária da ingestão de arroz contaminado com cádmio (ZANINI & OGA, 1985).

O cádmio pode afetar a absorção do ferro no organismo, tendo sido descrita a ocorrência de níveis baixos de hemoglobina e volume celular reduzido, em bovinos criados em áreas contaminadas com o metal (KESSELS et al., 2002). O seu acúmulo no córtex renal do homem após prolongada exposição do organismo ao metal, e a ocorrência de anemia microcítica em ratos também é relatada. Devido ao acúmulo do metal nos rins, esse órgão não deveria ser consumido ou utilizado, nem para fabricação de rações para animais, uma vez que os níveis de cádmio descritos nos rins são muito elevados. Deve-se ressaltar que substâncias tóxicas ingeridas pelos animais, através do alimento ou água de bebida, podem aparecer como resíduos nos produtos de origem animal (SCHUMANN, 1990). O cádmio apresenta interações prejudiciais ao metabolismo do ferro, cobre e também do zinco (EVANGELISTA, 1994).

SMITH et al. (1991) afirmaram que o cádmio é nocivo em níveis de 75,0 mg/dia, e que a osteoporose pode ser agravada pelo metal. Demonstrando que estamos longe de atingir esse nível nocivo, pois para ingerir num dia 75 mg de cádmio, seriam necessários aproximadamente 3000 Kg de CMS, sendo portanto, uma quantidade impossível de ser ingerida em um dia.

De acordo com a média dessas amostras (Tabela 5.1), uma pessoa não estaria ingerindo um produto com risco de toxicidade, porém se consumido em grande quantidade por semana, se tornaria altamente tóxico, levando em consideração os parâmetros estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde e pelo Codex Alimentarius Commission (2002), o qual limita um consumo máximo de cádmio de 0,525 mg/pessoa/semana.

O cádmio não é encontrado no corpo do homem no seu nascimento, nele se depositando porém, na medida do aumento de sua idade; essa acumulação persiste em ascensão até aos 50 anos, quando então o depósito atinge de 20 a 60 mg por quilo (em indivíduos não sujeitos a exposição profissional deste metal) (EVANGELISTA, 1994).

A média dos resultados obtidos para o chumbo foi de aproximadamente 0,13 mg/Kg, estando abaixo do limite estabelecido pelo Ministério da Agricultura (BRASIL, 1999), no qual limita um valor máximo de 2,0 mg/Kg de chumbo em carnes.

Para o elemento chumbo não obtivemos diferenças ( $p>0,05$ ) entre as diferentes amostras (frango e bovina) e nem para os frigoríficos de frango. As amostras foram bem homogêneas, visto que também os valores do desvio padrão estão próximos um do outro.

O chumbo é um elemento amplamente difundido na natureza, sendo encontrado em concentrações mais elevadas que o cádmio. É um veneno cumulativo. Em alimentos e na água, cerca de 10% de chumbo ingerido e absorvido é acumulado no organismo (EVANGELISTA, 1994).

Intoxicações severas por chumbo incluem efeitos decorrentes da ação no sistema nervoso central (SNC) e no sistema renal. Todavia, este tipo de intoxicação passou a ser bastante incomum graças às várias regulamentações impostas para a obtenção de Pb e seus compostos, bem como seu emprego industrial. Na atualidade, intoxicações provocadas pelo Pb na população humana ocorrem através da exposição ocupacional, dentro das várias profissões que utilizam esse elemento e seus compostos (MIDIO & MARTINS, 2000).

Exposições não-ocupacionais estão restritas às que ocorrem através da dieta, representando a principal fonte de absorção diária de compostos inorgânicos para a população em geral. Por várias maneiras os alimentos se contaminam por chumbo; por influência de embalagens, por diferentes exposições e por processos inadequados de elaboração. Quanto às embalagens, existe uma tendência cada vez maior em substituir as latas pelos vidros ou plásticos no envase de alimentos (EVANGELISTA, 1994; PARMIGIANI & MIDIO, 1995).

No organismo humano, o chumbo é eliminado parcialmente, portanto a contínua ingestão pelo homem mesmo que em baixas concentrações pode resultar no acúmulo em um nível suficiente para manifestar sua ação tóxica, cuja forma mais conhecida, o “saturnismo”, é caracterizada por convulsões, ataxia, vômitos persistentes e irritabilidade (BLOOD & HENDERSON, 1995).

O chumbo se acumula no homem com a idade, e depois de absorvido se distribui principalmente para os ossos, fígado, rins e o trato respiratório superior. Sua toxicidade é atribuída a combinação com os grupamentos sulfidrilas de aminoácidos e proteínas, resultando na inibição de enzimas. Estudos indicam que um dos primeiros sinais de intoxicação por chumbo é a porfinúria (CARL, 1991).

Crianças e mulheres grávidas merecem maiores cuidados com relação à exposição ao Pb inorgânico, devido às características cinéticas específicas do metal nos organismos em formação, ou ainda não-fisiologicamente formados. Efeitos tóxicos em crianças expostas incluem: deficiência no aprendizado, dificuldades na leitura, desordens comportamentais, retardo no crescimento, perda de audição, entre outras (KENDLER, 1993).

O envenenamento de animais de corte não é ocorrência desprezível, já que vários casos têm sido registrados tendo como causa a ingestão de pasto localizado em solo de alta concentração de chumbo; e também a exposição a ambientes de alta poluição industrial e ocasionalmente quando o gado lambe superfícies pintadas por compostos de óxido de chumbo (EVANGELISTA, 1994).

A composição da CMS, com quantidades relevantes de cálcio, ferro e zinco, é favorável na resistência à intoxicação do organismo pelos resíduos de cádmio e chumbo, visto que são antagonistas no metabolismo. Grandes quantidades de ferro, zinco e cálcio inibem a ação de cádmio e chumbo, e vice-versa.

Assim, os resultados encontrados fornecem embasamento teórico para a implementação de ações reguladoras pelos órgãos competentes, visando eliminar ou reduzir os riscos de intoxicação por metais pesados.

A seguir verificamos na Tabela 5.2 os valores médios da composição centesimal (proteína, lipídio, umidade, cinzas) e índice de peróxidos nas CMS de frango e bovina analisadas, comparando os resultados nos diferentes frigoríficos com os limites estabelecidos.

**Tabela 5.2.** Composição centesimal e índice de peróxidos em CMS de frango e bovina produzidas no Estado de Goiás, 2006.

Análises	Proteína (g/100g)	Lipídio (g/100g)	Umidade (g/100g)	Cinzas (g/100g)	Índice de peróxidos (mEq/Kg)
<b><u>Frigorífico 1*</u></b>					
Média	16,45 <sup>b</sup>	18,27 <sup>a</sup>	62,30 <sup>b</sup>	1,53 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>
Desvio padrão	±1,95	±5,92	±4,11	±0,95	0,00
<b><u>Frigorífico 2*</u></b>					
Média	16,99 <sup>b</sup>	17,85 <sup>a</sup>	60,43 <sup>b</sup>	1,29 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>
Desvio padrão	±0,12	±4,32	±5,62	±0,71	0,00
<b><u>Frigorífico 3*</u></b>					
Média	25,98 <sup>a</sup>	11,86 <sup>b</sup>	64,95 <sup>a</sup>	1,48 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>
Desvio padrão	±2,70	±1,57	±4,56	±0,69	0,00

\*Frigoríficos 1 e 2: amostras de CMS de frango. Frigorífico 3: amostras de CMS bovina.

<sup>a, b</sup> Letras diferentes em uma mesma coluna, diferem significativamente entre si (Teste de Tukey,  $p < 0,05$ ).

A verificação da qualidade físico-química foi feita levando em consideração a Instrução Normativa nº 04 (BRASIL, 2000) vigente, na qual estabelece no máximo 30% de lipídios totais, no mínimo 12% de proteínas e no máximo 1,0 mEq/Kg de peróxidos. Para umidade e cinzas não foram estabelecidos

parâmetros para CMS, cujas discussões foram realizadas em cima de alguns dados limites para carnes e seus derivados.

O teor de proteína foi diferente ( $p<0,05$ ) quando comparadas amostras de CMS bovina e de frango. Quanto ao limite mínimo de 12%, as médias estão de acordo com o padrão exigido pela norma, sendo que a CMS bovina apresenta maior quantidade de proteína que a de frango. Os valores encontrados podem equivaler a um fator característico da carne bovina, contendo em média 22% de proteína, enquanto que a carne de aves possui em torno de 15 a 22% (PRATA, 1996).

A RDA para proteína em indivíduos adultos é de 0,8 g/Kg de peso corporal por dia, equivalendo a 48 g/dia de proteína para uma pessoa pesando 60 Kg. Para crianças de 7 a 10 anos de idade, essa quantidade aumenta para 1,0 g/Kg de peso corporal/dia. Então, para que um homem adulto atinja essa recomendação diária de proteína ingerindo apenas CMS, seriam necessários aproximadamente 184,76 g de CMS bovina e 287,08 g de frango.

Quanto ao lipídio (Tabela 5.2), os valores médios obtidos para os dois frigoríficos de frango são semelhantes ( $p>0,05$ ), ao passo que entre as amostras de frango e bovina, são diferentes ( $p<0,05$ ). Todas as médias estão de acordo com o limite máximo de 30% permitido pela Instrução Normativa nº 4 (BRASIL, 2000). Os valores de desvio padrão estão um pouco elevados (em torno de 4,32), mostrando que as amostras não foram tão homogêneas entre si. A CMS de frango possui nível médio de lipídio mais alto que a bovina, provavelmente devido ao fato de serem adicionadas ao processamento as peles dos frangos, nas quais apresentam conteúdos maiores de gordura, enquanto que a carne bovina não tem essa adição de pele nas Triturações realizadas pelas indústrias. A CMS bovina, portanto, possui mais proteína por ter adição de carnes e músculos maciços, ao passo que a de frango obteve valor protéico menor e lipídios aumentados, talvez pela adição de peles agregadas (grande concentração de gordura).

Os lipídios e proteínas são fatores que quando não adequados, sem proporcionalidade entre sua composição, afetam diretamente a qualidade dos produtos processados com altos teores de CMS, alterando a sua textura e a capacidade de ligação e estabilidade da massa cárnea. O problema com o uso de

grandes relações de CMS em produtos cárneos é a baixa estabilidade deste material cru, o qual é muito propenso a oxidação lipídica e de pigmentos tanto quanto de crescimento microbiano (TRINDADE et al., 2004). A oxidação lipídica que pode estar presente na CMS pode causar polimerização e insolubilização das proteínas, ruptura da cadeia polipeptídica, destruição de aminoácidos, e formação de produtos com adição de proteínas. Estas interações influenciam negativamente as propriedades funcionais da carne. Quanto mais alta a instabilidade do material em relação a oxidação lipídica, como é o caso da CMS, maior serão os efeitos sobre a funcionalidade. Reações entre o malonaldeído, um sub-produto da oxidação lipídica, e grupos amino livres das proteínas, levam a formação de ligações covalentes irreversíveis, com a consequente perda da solubilidade das proteínas (POLLONIO, 1994).

As cinzas e umidade não possuem valores padrões estabelecidos para CMS na legislação vigente, sendo esses dados obtidos, uma importante fonte para formalizar uma padronização dessa avaliação físico-química.

Os teores médios obtidos para umidade para as diferentes amostras de CMS (frango e bovina) foram diferentes ( $p<0,05$ ), enquanto que dentro das amostras de frango para os dois frigoríficos, não apresentaram diferenças. Como para os valores de umidade não existem limites padronizados estabelecidos para CMS, vamos utilizar aqui um nível estabelecido pela Instrução Normativa nº 4 para mortadela, que é de no máximo 65% de umidade, mostrando que as CMS analisadas estão de acordo, porém bastante próximo ao limite, principalmente a CMS bovina. Para apresuntado, segundo a Instrução Normativa nº 20 (BRASIL, 1999), a taxa máxima permitida de umidade é 75%, dando uma margem de permissão bem maior que a mortadela. A linguiça (qualquer tipo) possui valor máximo permitido de umidade de 60% para as cozidas e 70% para as frescas (BRASIL, 2000). Como a CMS é bem natural, havendo processamento de cunho mecânico apenas, percebemos que a sua umidade está dentro do esperado (entre 50 a 70%).

A determinação da umidade é uma das medidas mais importantes e utilizadas na análise de alimentos. A umidade de um alimento está relacionada com

sua estabilidade, qualidade e composição, e pode afetar a estocagem, embalagem e processamento (CECCHI, 1999).

Da maior ou menor quantidade de água presente no alimento depende a melhor ou pior conservação do material. Um teor de água acima de 14% já favorece o desenvolvimento de fermentações. Além de prejudicar a conservação dos alimentos, o teor de umidade interfere na comparação do valor nutritivo de dois ou mais alimentos. Assim, para que se possam comparar com segurança dados de análises químicas realizadas, é necessário que os dados das análises sejam expressos na base de matéria seca (ISLABÃO, 1999).

A água é o maior constituinte de todos os músculos utilizados como alimento, e com relação à proporção relativa, pode-se afirmar que sua quantidade varia inversamente ao conteúdo de gordura. O teor total de água da carne é importante em todos os processamentos que a carne pode sofrer como resfriamento, congelamento, salga, etc. Quanto maior o teor de água ligada, maior é a capacidade de retenção de água do tecido muscular. A capacidade de retenção de água está relacionada com as perdas durante o processamento, principalmente cozimento, e com a estabilidade dos produtos emulsionados (PRATA, 1996).

Níveis adequados de cinza total são um indicativo das propriedades funcionais de alguns produtos alimentícios. É um parâmetro útil para verificação do valor nutricional de alguns alimentos e rações. Alto nível de cinza insolúvel em ácido indica a presença de areia. O conteúdo de cinzas totais de carnes e produtos cárneos está entre 0,5 a 6,7% (CECCHI, 1999). As cinzas podem ser constituídas de potássio, sódio, cálcio, magnésio, alumínio, ferro, cobre, manganês, zinco em maiores concentrações, entre outros.

Os valores médios obtidos entre as diferentes amostras de CMS para cinza ou resíduo mineral fixo não foram diferentes ( $p>0,05$ ), bem como para os diferentes frigoríficos de frango. De acordo com os valores analisados (1,29 a 1,53%) temos que as amostras de CMS estão dentro dos valores previstos acima, estando mais próximo de 0,5% que do valor máximo de 6,7%.

O índice de peróxido é um método realizado para verificar os estágios de rancidez da carne antes mesmo da percepção organoléptica dessa oxidação de

óleos e gorduras. A deterioração oxidativa tem como conseqüência a destruição das vitaminas lipossolúveis e dos ácidos graxos essenciais, além da formação de subprodutos com sabor-odor forte e desagradável (CECCHI, 1999). Como os peróxidos são os primeiros compostos formados quando uma gordura deteriora, toda gordura oxidada dá resultado positivo nos testes de peróxidos. No caso das amostras analisadas, obtivemos valores 0,0 mEq/Kg para o índice de peróxido nas diferentes amostras de CMS, demonstrando que estão de acordo com o estabelecido pela Instrução Normativa nº 4, que é no máximo 1,0 mEq/Kg de peróxidos, não havendo diferenças entre as amostras ( $p>0,05$ ). As amostras, portanto, estavam bem conservadas e sem nenhum fator aparente que demonstre algum tipo de deterioração, ou seja, de rancidez oxidativa. E como mencionado em parágrafo acima, o lipídio se apresenta estável e equilibrado com a proteína, e inversamente ao teor de umidade obtido, no qual seria considerado ideal.

Em geral, diferenças no sabor de produtos adicionados com mais que 20% de CMS não são notadas. Entretanto, com o armazenamento, a alteração no sabor é mais pronunciada do que em produtos sem adição de CMS (TRINDADE et al., 2004).

Pelos resultados das análises físico-químicas, percebemos que essa matéria-prima utilizada em produtos cárneos como linguiça, mortadela, hambúrguer, salsicha, pode ser considerada de boa qualidade e procedência, podendo ser consumidos por todas as faixas etárias.

## 6 CONCLUSÃO

Os processos tecnológicos das indústrias avaliadas se mostraram eficientes no controle da rancidez e composição físico-química.

Apesar das análises realizadas não observarem excesso de cálcio, é do conhecimento geral que certas indústrias se utilizam de maior pressão nas máquinas de CMS para obterem vantagens econômicas.

Quanto aos teores de ferro e zinco, a CMS de frango é melhor fonte de ferro que a própria carne de frango, comparando-se a algumas referências mencionadas na revisão, podendo ter também maior biodisponibilidade. A CMS bovina possui naturalmente essas características, fornecendo maior fonte de zinco e ferro que a CMS de frango por ter fatores intrínsecos que favorecem essa biodisponibilidade de minerais essenciais ao organismo. Participando da composição de produtos como lingüiça, hambúrguer, almôndega, salsicha e mortadela, surge como ótima fonte para suprir parte das necessidades das ingestões diárias recomendadas desses elementos.

A CMS empregada em produtos processados pode ser importante fonte de nutrientes na alimentação humana, ressaltando a proteína, lipídios, ferro e zinco com teores significativos e maior biodisponibilidade.

Apesar de não haver um controle da matéria-prima utilizada em CMS desde a sua origem por parte dos frigoríficos, as amostras apresentaram resultados positivos com relação aos metais cádmio e chumbo, podendo garantir a inocuidade dos produtos ofertados aos consumidores. Por serem frigoríficos de grande porte, provavelmente a fiscalização é mais intensa e rigorosa quando comparados com outros, seguindo os padrões recomendados. Pode haver variação de resultados em estudos realizados com outros frigoríficos, mostrando que a qualidade encontrada nas amostras analisadas não é extensiva a todos os estabelecimentos produtores de CMS.

A utilização da CMS é uma alternativa, desde que sejam observados os parâmetros de qualidade, que contribui para agregação de valor em relação aos produtos diferenciados que têm a mesma como matéria-prima, favorecendo aumento do faturamento e da rentabilidade do setor avícola e da bovinocultura. Além de sua conveniência econômica, uma qualidade físico-química satisfatória, tem impelido mais e mais indústrias a utilizarem essa matéria-prima.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRAMS, S. A.; STUFF, J. E. Calcium metabolism in girls: Current dietary intakes lead to low rates of calcium absorption and retention during puberty. **Am. J. Clin. Nutr.** 60: 739. 1994.
2. AFERRI, G. A. Importância do ferro das carnes vermelhas na nutrição humana. Disponível em: [http://www.nelore.org.br/Artigo.asp?article\\_id=28&](http://www.nelore.org.br/Artigo.asp?article_id=28&). Acesso em: 27 ago. 2006.
3. AMARAL-MELLO, M. R. P. **Parâmetros de qualidade para avaliar a utilização de diferentes teores de carne de frango mecanicamente separada em salsicha.** 1998. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos). Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo.
4. AMMERMAN, J. M.; GAMBLE, J. F. Compositional analyses of soils, forages and cattle tissues from beef producing areas of eastern Panamá. **Bio Science**, v. 19, p. 616. 1995.
5. AMMERMAN, C. B.; MILLER, S. M.; FICK, K. R.; HANSARD II, S. L. Contaminating elements in mineral supplements and their potential toxicity: a review. **J. Anim. Sci.**, v. 44, p. 485-508. 1997.
6. ANDERSON, R. R.; HANSEN. H. Cadmium and zinc in kidneys from Danish cattle. **Nord. Vet. Med.**, 34: 340-9. 1992
7. ANDREWS, N.C. Disorders of iron metabolism. **N. Engl. J. Med.** 341:1986-1995. 1999.
8. ANUALPEC - Anuário da pecuária brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio. 2006.
9. ARANHA, S; NISHIKAWA, A. M.; TAKA, T.; SALIONI, E. M. C. Níveis de cádmio e chumbo em fígado e rins de bovinos. **Revista Inst. Adolfo Lutz.** 54(1): 16-20. 1994.
10. ASGHAR, A., GRAY, J. I., BOOREN, A. M., GOMAA, E. A., ABOUZIED, M. M., MILLER, E. R., BUCKLEY, J. Effects of Supranutritional Dietary Vitamin E Levels on Subcellular Deposition of  $\alpha$ -Tocopherol in the Muscle and on Pork Quality. **J. Sci. Food Agric.**, v. 57, p. 31-41, 1991.
11. BEARD, J. L. et al. Iron in the brain. **Nutr. Rev.** 51:157, 1993.

12. BERQUET, N.J. Carne mecanicamente separada de aves. In: SEMINÁRIO E CURSO TEÓRICO-PRÁTICO “AGREGANDO VALOR À CARNE DE AVES”. Campinas, 2000. Campinas: CTC, ITAL, 2000.
13. BLALOCK, T. L.; DUNN, M.A.; COUSINS, R. J. Metallothionein gene expression in rats: tissue-specific regulation by dietary copper and zinc. *J. Nutr.*, v. 118, 222-228 p. 1987.
14. BLOOD, D.C.; HENDERSON, J. A. **Medicina Veterinária**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 690-95p.1995.
15. BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Departamento Nacional de Inspeção de Produtos de Origem Animal - Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária dos Produtos de Origem Animal. Brasília: Ministério da Agricultura. Circular 28/DICAR. Brasília, 1981.
16. BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e Reforma Agrária. Secretaria de Defesa Agropecuária. Programa de avaliação laboratorial de resíduos. 4. ed. Brasília: Secretaria de Defesa Animal, 1994. 103p.
17. BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Níveis máximos de contaminantes químicos em alimentos. Portaria nº 685. Brasília, 1998.
18. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 42. Plano Nacional de Controle de Resíduos em Produtos de Origem Animal – PNCR. Brasília, 1999.
19. BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Métodos Analíticos Físico-químicos para Controle de Produtos Cárneos e seus Ingredientes – Sal e Salmoura. Instrução Normativa nº 20. Brasília, 1999.
20. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Carne Mecanicamente Separada (CMS) de Aves, Bovinos e Suínos. Instrução Normativa nº 4. Brasília, 2000.
21. CARL, M. Heavy metals and other trace elements. In: Residues and contaminants in milk and milk products. Brussels: International Dairy Federation, 1991. 112-119 p. Monograph on Tissue 9101, **IDF Special**. 1991.
22. CECCHI, H. M. Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos. Campinas: Unicamp. 1999. 212 p.
23. CEE. Comunidade Econômica Européia. Directiva 85/591. Critérios Gerais, p. 20-22. 2002.

24. CIA, G. Revista Nacional da Carne. v.198, p.29–31, 1992.
25. CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. Food Standards Programme. List of maximum levels recommended for contaminants by the joint FAO/WHO/OMS. Food and Agriculture Organization. Rome, 2. ed. 2002. 8 p.
26. CONCON, J. M. **Food toxicology**. New York: Marcel Dekker. 1988.
27. DE ANGELIS, R.C.; CTENAS, M.L.B. Biodisponibilidade de ferro na alimentação infantil. In: S.1.: Nestlé – Serviço de Informação Científica, (Temas de Pediatria). 53 p. 1993.
28. EVANGELISTA, J. **Alimentos: um estudo abrangente**. São Paulo: Atheneu. 1994. 466 p.
29. FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Latinfoods. Disponível em: <http://www.rlc.fao.org/bases/alimento/>. Acesso em: 09 set. 2006.
30. FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. P. C.; RAIJ, B.; ABREU, C. A. Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura. 1. ed. Jaboticabal. 2001.
31. FIELD, R. A. et al. **Journal of Food Science**. v.44, p. 690-695, 1979.
32. FLYNN, A. Minerals and trace elements in milk. **Advances in Food and Nutr. Res.**, v.36, 209-252 p. 1992.
33. FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9. ed. Rio de Janeiro: Atheneu. 1995. 307 p.
34. FRIAS, A. D. Cálcio: Um nutriente importante para todas as idades. Disponível em: <http://www.sanavita.com.br/artigo.aspx?idContent=317&idContentSection=254>. Acesso em: 05 out. 2006.
35. FRONING, G. W. Mechanical deboning of poultry and fish. **Advances in food**. 1976.
36. FRONING, G.W.; McKEE, S.R.; Mechanical separation of poultry meat and its use in products. In: SAMS, A.R. (Ed.). Poultry meat processing. Boca Raton: Lewis Publishers. Cap. 14, p.243-256, 2001.
37. GOMES, G.P. **Avaliação quantitativa de xenobióticos em fontes de fósforo para nutrição mineral de bovinos**. 2002. 64f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR.

38. GONÇALVES, J. R. **Determinação de metais pesados em leite integral pasteurizado no Estado de Goiás.** 1999. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
39. GONÇALVES, J. R. **Avaliação da influência ambiental e da alimentação nos teores de metais pesados em carne vísceras de bovinos.** 2006. 133 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
40. GOYER, R. A. Toxic effects of metals. In: KLAASSEN, C. D. **Casarett & Doull's Toxicology: the basic science of poisons.** 5. ed. New York: MacGraw Hill, 1996. p. 691-736.
41. GREENE, G. U. Cadmium compoud. E. C. T. 2. ed. New Mexico. **Institute of Michigan Technology.** v. 3, p. 819-911. 1980.
42. HAMBIDGE, K. M. et al. Zinc nutrition of preschool children in the Denver Head Start program. **Am. J. Clin. Nutr.** 29:734. 1976.
43. HOUSE, W.A.; WELCH, R.M.; BEEBE, S.; CHENG, Z. Potential for increasing the amounts of bioavailable zinc in dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) through plant breeding. **J. Sci. Food Agric.**, v. 83, n. 13, p. 1452-1457. 2002.
44. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz.** 3. ed. v.1. São Paulo: O Instituto, 1985.
45. ISLABÃO, N. **Manual de cálculo de rações para os animais domésticos.** 6. ed. Pelotas: Editorial Hemisférico Sul do Brasil, 1999.
46. JARRETT, W. D. A review of the important trace elements in dairy products. Aust. **J. Dairy Technol.**, v. 34, 28-34 p. 1999.
47. KAPSOKEFALOU, M.; MILLER, D. D. Lean beef and beef fat interact to enhance nonheme iron absorption in rats. **J. Nutr.** 123:1429, 1993.
48. KENDLER, B. S. Lead: an element of danger. **Carolina Tips**, v. 56, p. 1-3. 1993.
49. KESSELS, B. G. F.; WENSING, T.; WENTINK, G. H.; SCHOTMAN, A. J. H. Clinical chemical and hematological parameters in cattle kept in a cadmium contaminated area. **Bull. Environ. Contam. Toxocol.**, 44 (2): 339-344, 2002.
50. LEITE, F. **Validação em análise química.** 2. ed. Campinas: Editora Átomo. 1998. 124 p.
51. LOPES, H.O.S.; PEREIRA, G.; PEREIRA, E.A. Avaliação dos níveis de metais pesados e do flúor em amostras de fosfato bicálcico e superfosfato triplo para

nutrição animal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, Juiz de Fora, 1997. **Anais...** Juiz de Fora, SBZ, 1997. p.462-464.

52. LOPES, J.B. **Avaliação da absorção real e das perdas endógenas de fósforo para suínos pela técnica de diluição isotópica.** 1998. 87f. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.
53. LOZOFF, B. Has iron deficiency been shown to cause altered behavior in infants? In: Dobbins J (ed.). **Brain, Behavior and Iron in the Infant Diet.** New York: Springer-Verlag, 1990.
54. LOZOFF, B.; BRITTENHAM, G.M. Behavioral aspects of iron deficiency. **Prog. Haematol.** 14:23-53. 1986.
55. MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. **Krause: Alimentos, nutrição e dietoterapia.** 10. ed. São Paulo: Roca. 2003. 1052 p.
56. MALAVOLTA, E. **Fertilizantes e seu impacto ambiental: micronutrientes e metais pesados.** São Paulo: Produquímica, 1994. 153 p.
57. MARCHINI, J. S.; OLIVEIRA, J. E. **Ciências Nutricionais.** São Paulo: Sarvier. 1998. 403p.
58. MARÇAL, W. S.; CAMPOS NETO, O.; NASCIMENTO, M. R. L. Valores sangüíneos de chumbo em bovinos Nelore suplementados com sal mineral, naturalmente contaminado por chumbo. **Ciência Rural:** Santa Maria, v. 28, n.1, p. 53-57, 1998.
59. MAYNARD, L.A; LOOSLI, B.K. Digestive physiology and nutrition of ruminants. **Hutchinson Scientific and Technical.** 3. ed. v.3. Church. 1974.
60. MECHI, R.; CANIATTI-BRAZACA, S.G.; ARTHUR, V. Chemical and nutritional evaluation and antinutritional factors of irradiated black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciênc. Tecnol. Aliment.** v. 25, n.1. Campinas: Jan./Mar. 2005.
61. MIDIO, A. F.; MARTINS, D. I. **Toxicologia de alimentos.** São Paulo: Varela. 2000. 295 p.
62. MOURA, N. C.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Avaliação da disponibilidade de ferro de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) em comparação com carne bovina. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 26, n. 2, abr./jun. 2006.
63. MURPHY, S.P.; CALLOWAY, D.H. Nutrient intakes of women in NHANES II emphasizing trace minerals, fiber, and phytate. **J. Am. Diet. Assoc.**, 86:13661372. 1986.

64. MURTA, P. H. G. A influência da poluição ambiental sobre a qualidade do leite. **Higiene Alimentar**, v. 7, 12-14 p. 1993.
65. NOGUEIRA, N. N.; MARREIRO, D. N.; PARENTE, J. V.; COZZOLINO, S. M. F. P. Estado nutricional de adolescentes grávidas suplementadas com ferro, zinco e ácido fólico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Anais...** Rio de Janeiro, 1998.
66. N. R. C. National Research Council. **Estudos sobre envenenamento com chumbo**. 2001.
67. NUNES, P. T. **Efeito da pré-cura na estabilidade microbiológica da carne mecanicamente separada e elaboração de um produto reestruturado de filés de peito de galinhas de descarte**. Piracicaba, SP : Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, 2003. 117 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade de São Paulo, 2003.
68. NURMI, E.; RING, C. Production of hygienically justifiable mechanically recovered meat. **Fleischwirtschaft International**. v. 2, n.1, p. 21-22. 1999.
69. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE – OMS. Elementos traço na nutrição e saúde humanas. Tradução: Andréa Favano. São Paulo: Roca, 1998. 297 p.
70. ORTOLANI, E.L. Macro e microelementos. In: SPINOSA, H.S.; GOENIAK, S.L.; BERNADI, M.M. **Farmacologia aplicada à medicina veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. p. 511-513. 1996.
71. PARMIGIANI, M. P. C. V. D.; MIDIO, A. F. Chumbo na alimentação da população infantil. **Cadernos de Nutrição**, v. 9, p. 25-34. 1995.
72. PEARSON, A.M., GRAY, J.I., WOLZAK, A.M., HORENSTEIN, N.A. Safety Implications of Oxidized Lipids in Muscle Foods. **Food Technology**, p. 121-129, 1983.
73. PINEDA, N. R.; ALMEIDA, A. V. L. Tendências e restrições para o mercado de carne bovina. In: ZOOTEC 2003, Uberaba. **Anais...** Uberaba – MG, p. 26-40. 2003.
74. POLLITT, E. Effects of iron deficiency on mental development: methodological considerations and substantive findings. In: F.E., Johnston. Alan R. Liss. New York: Nutritional Anthropology. p. 225-254. 1987.
75. POLLONIO, M. A. R. **Estudo das propriedades funcionais das proteínas miofibrilares e oxidação lipídica de carne de frango mecanicamente desossada**. 1994. 141 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

76. PONPE, G.J.; PREVENDAR, C. Cadmium in tissues of roe deer (*Capreolus capreolus*). **Veterinarski Arhiv. Zagreb.** v. 72. p. 303-310. 2002.
77. PRATA, L. F. **Manual de inspeção veterinária de alimentos.** Jaboticabal: UNESP - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 1996.
78. RECOMMENDED DIETARY ALLOWANCES – RDA. 10. ed. Washington: National Academy of Sciences; 1989.
79. REDDY, M. K; RAO, M. V. Heavy metals in the SPM of air in the environmental surrounding a ferro alloy industrial plant in India. **Environ. Monit. Assess.**; 25: 109-8, 1993.
80. ROCHA, Y. R.; SHRIMPTON, R.; WANG, J. Conteúdo de Zn em alimentos selecionados da Amazônia. **Cienc. Tecnol. Aliment.** v. 4., 68-78 p. 1984.
81. STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS. System for Windows, release 6.12. Cary, NC: 01 CD-ROM, 2002.
82. SCHUMANN, K. The toxicological estimation of the heavy metal content Cd, Hg, Pb in food for infants and small children. **Ernährungswiss**, v. 29, p. 54-73. 1990.
83. SHILS, M.E; OLSON, J.A.; SHIKE, M.; ROSS, A.C. **Tratado de Nutrição Moderna na Saúde e na Doença.** 9. ed., v. 1. São Paulo: Manole Ltda. 2003.
84. SMITH, R. M.; GRIEL, J. R.; MULLER, L. D.; MULLER, L. D.; LEACH, R. M.; BAKER, D. E. Effects of dietary cadmium chloride throughout gestation on blood and tissue metabolites of primigravid and neonatal dairy cattle. **J. Animal Sci.**, v. 69, p. 78-87. 1991.
85. SPIEGEL, M. R. **Estatística.** São Paulo: McGraw-Hill. 1978. 580p.
86. SRIKUMAR, T. S.; AKESSON, B. The effects of a 2 year switch from a Mixed to a lactovegetarian diet on trace element status in hypertensive Subjects. **Eur. J. Clin. Nutr.**, v. 46, p. 661-669, 1992.
87. TAVARES, T. M.; CARVALHO, F. M. Avaliação da exposição de populações humanas a metais pesados no ambiente: exemplos do Recôncavo Baiano. **Química Nova.** v. 15, n. 2. p.147-53, 1992.
88. TOLONEN, M. **Vitaminas y minerales em la salud y la nutrición.** Zaragoza. Espanha.1995. 278p.

89. TRINDADE, M.A.; DE FELÍCIO, P.E.; CASTILLO, C.J.C. Mechanically separated meat of broiler breeder and white layer spent hens. *Scientia Agricola*. (Piracicaba, Braz.), v.61, n.2, p.234-239, Mar./Apr. 2004.
90. UNDERWOOD, E. J. **Trace Elements in human and Animal Nutrition**. New York: Academic Press, Inc. 1991. 545p.
91. WALTER, T. Iron deficiency in infancy: A critical review. In: Dobbins J (ed.). **Brain Behavior and Iron in the Infant Diet**. New York: Springer-Verlag, 1990.
92. ZANINI, A. C.; OGA, Z. **Farmacologia Aplicada**. 3. ed. São Paulo: Atheneu. 1985. 470p.