



CECÍLIA SANDRA NUNES MORAIS

**QUALIDADE E TEOR DE AMINAS BIOATIVAS
DA CARNE DE JACARÉ-DO-PANTANAL
(*Caiman yacare* Daudin 1802) ARMAZENADA
SOB REFRIGERAÇÃO**

**LAVRAS-MG
2013**

CECÍLIA SANDRA NUNES MORAIS

**QUALIDADE E TEOR DE AMINAS BIOATIVAS DA CARNE DE
JACARÉ-DO-PANTANAL (*Caiman yacare* Daudin 1802) ARMAZENADA
SOB REFRIGERAÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do Programa
de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos
para obtenção do título de Doutor.

Orientadora

Dra. Maria Cristina Bressan

Coorientadores

Dr. Eduardo Mendes Ramos

Dr. João Vicente Neto

**LAVRAS – MG
2013**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Morais, Cecília Sandra Nunes.

Qualidade e teor de aminos bioativas da carne de jacaré-do-pantanal (*Caiman yacare* Daudin 1802) armazenada sob refrigeração / Cecília Sandra Nunes Moraes. – Lavras : UFLA, 2013. 109 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

Orientador: Maria Cristina Bressan.

Bibliografia.

1. Conservação de carne. 2. Aminos bioativas. 3. Filé de cauda.
I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 664.95

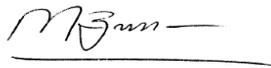
CECÍLIA SANDRA NUNES MORAIS

**QUALIDADE E TEOR DE AMINAS BIOATIVAS DA CARNE DE
JACARÉ-DO-PANTANAL (*Caiman yacare* Daudin 1802) ARMAZENADA
SOB REFRIGERAÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Ciência dos Alimentos, para obtenção
do título de Doutor.

APROVADA em 24 de junho de 2013.

Dr. Eduardo Mendes Ramos	UFLA/DCA
Dr. João Vicente Neto	IFMT/Campus Cáceres
Dra. Alcinéia de Lemos Souza Ramos	UFLA/DCA
Dr. José Luís Contado	UFLA/DCA
Dr. Raimundo Vicente de Souza	UFLA/DMV



Dra. Maria Cristina Bressan
Orientadora

**LAVRAS – MG
2013**

*Ao meu esposo Nilson Nunes Morais Júnior,
e aos meus filhos
Nilson Nunes Morais Neto,
Natalia Alesandra Nunes Morais
e Eduardo Lucas Nunes Morais.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a DEUS, por iluminar meus caminhos, colocando em minha vida, anjos providos da capacidade de me guiar e ajudar.

A minha orientadora, Professora Maria Cristina Bressan, pela orientação, dedicação e preocupação, aos meus Coorientadores Prof. Eduardo Mendes Ramos e João Vicente Neto por todo aprendizado e, principalmente pelo envolvimento e por ter depositado em mim confiança, apoio e incentivo, meus mais sinceros agradecimentos.

Aos membros da banca examinadora, professores Alcinéia de Lemos Souza Ramos, Raimundo Vicente de Souza e José Luís Contado, pelas valiosas e imprescindíveis contribuições ao trabalho.

A todos os professores do DCA pela brilhante forma como conduzem seus ensinamentos.

À professora Maria Beatriz Abreu Glória, pelo apoio no desenvolvimento do projeto e pela realização das análises de aminas.

Aos professores Eduardo Ramos, Eduardo Vilas Boas, Luiz Carlos, Luiz Ronaldo pela contribuição direta em minha formação acadêmica durante o Doutorado e a todos os professores do DCA pela brilhante forma como conduzem seus ensinamentos.

Aos laboratoristas e funcionários do DCA, Tina, Denise, Flávia e Cleusa, por toda a atenção, colaboração e dedicação.

As colegas de Pós-Graduação Monaliza, Gisele e Nayane, pela valiosa ajuda durante a execução do experimento, à Élide, Erika, Andressa, Ítalo, Carol, Douglas, Cristiane, Aline, as colegas da graduação Daynna e Gabriela, agradeço a todos, pelo carinho, companheirismo e amizade.

A todos os integrantes do Grupo de Tecnologia de Carnes da UFLA, que direta ou indiretamente participaram deste trabalho, fica meu agradecimento pela indispensável colaboração.

Ao Instituto Federal do Espírito Santo *Campus* Itapina por me proporcionar a oportunidade de fazer o meu doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudos, viabilizando financeiramente a minha permanência no curso.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, por me proporcionarem a oportunidade de mais um aperfeiçoamento.

À empresa COOCRIJAPAN, pelas amostras cedidas.

Em especial, ao meu marido Nilson Júnior, pela dedicação, paciência, por todo o apoio de que precisei ao longo do meu Doutorado e em todos os momentos da minha vida, e também aos meus queridos filhos Nilson Neto, Natalia e Eduardo, que mesmo na inocência de suas infâncias souberam compreender e cooperar nos momentos mais difíceis. Meus mais sinceros e carinhosos agradecimentos.

A minha mãe Maria da Luz e meus irmãos, Erasmo, Bonifácio, Maria, José, Daniel e Carmelita. Aos integrantes da família, Vanderley, Jefferson, Gizelly, Jonas, Lia, Nilson, Adelina, Joelma, Adriana e todos os meus sobrinhos e demais familiares pelo carinho, apoio, incentivo e torcida em todas as etapas do meu Doutorado.

A todos os meus familiares e amigos que sempre torceram, vibraram e compartilharam comigo cada vitória.

Aos meus amigos da UFLA, do IFES e todos que contribuíram de alguma forma, para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

Com o potencial da exploração sustentável de zoolocriadouros de jacaré-do-pantanal (*Caiman yacare*) na produção de carne e seus subprodutos, tornam-se imprescindíveis informações sobre as condições e alterações da qualidade da carne durante o armazenamento. Objetivou-se neste estudo avaliar o corte filé de cauda da carne de jacaré-do-pantanal conservada sob refrigeração a 4°C por um período de até 30 dias. Foram utilizados filés da cauda (músculo *ilio-ischio-caudalis*) oriundos de carcaças de 55 diferentes animais, avaliadas quanto às modificações físico-químicas, cor objetiva e teores de amins bioativas. A amostra inicial apresentou 75,67±0,52; 23,15±0,56; 0,62±0,03 e 0,69±0,04 (média±desvio padrão, como % da matéria natural) para umidade, proteína, extrato etéreo e cinzas, respectivamente. O pH no tempo 0 dias (24 horas *pós-mortem*) foi 5,62, não sendo detectadas diferenças significativas até 9 dias de armazenamento, com queda de pH até o final do período experimental (pH 5,2). Os valores de força de cisalhamento (FC) foram menores que 4,49 kgf, caracterizando a carne como macia, embora tenha sido detectada uma redução da maciez ao longo do período de armazenamento. Os valores de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) aumentaram gradativamente ao longo do período de armazenamento, não sendo observadas diferenças significativas entre a amostra inicial e as amostras conservadas até 15 dias (<0,113 mg de aldeído molônico/kg de carne). A avaliação de cor objetiva na amostra inicial apresentou valores para os parâmetros L*71,48; a*3,21; b*5,70; C*6,57 e h*60,81, sem alterações significativas para todos os parâmetros de cor até 12 dias de armazenamento. Não foram detectados teores de putrescina, cadaverina, tiramina e agmatina até 3 dias de armazenamento. Observou-se aumento na quantidade total de amins com o tempo de estocagem, de forma marcante após 9 dias comparado à amostra inicial, como efeito direto do aumento das amins putrescina, cadaverina e tiramina e reflexo nos índices de qualidade. Nas condições utilizadas neste estudo, que incluem conservação adequada, embalagem com barreira a O₂ e boas práticas de fabricação, a carne de jacaré-do-pantanal manteve as características físico químicas de pH, FC, TBARS e cor objetiva CIELAB até 18 dias de armazenamento. Considerando os teores das amins cadaverina, histamina, agmatina, espermidina e espermina, não foram verificadas alterações significativas até 9 dias de armazenamento em relação à amostra inicial. E com base nos índices de amins biogênicas o limite pode ser estendido para 12 dias, uma vez que o índice Mietz & Karmas apresenta valor inferior a 1,0 e o índice Veciana-Nogués valor menor que 50 mg de amins/kg de carne até este tempo de armazenamento sob refrigeração a 4°C no corte filé de cauda de carne de jacaré-do-pantanal.

Palavras-chave: Conservação de carne. Amins bioativas. Filé de cauda.

ABSTRACT

With the potential of sustainable exploitation in captivity farm alligator (*Caiman yacare*) in the production of meat and meat by-products, are indispensable information about the conditions and changes in meat quality during storage. The objective of this study was to evaluate the cut tail of alligator meat conserved under refrigeration at 4°C for a period of 30 days. Were used the tail fillets (muscle *ilio-ischio-caudalis*) obtained from carcasses of 55 different animals, evaluated physicochemical modifications, objective color and levels of bioactives amines. The initial sample showed 75.67 ± 0.52 ; 23.15 ± 0.56 ; 0.62 ± 0.03 and 0.69 ± 0.04 (mean \pm standard deviation, as % of fresh matter) for moisture, protein, ether extract and ash respectively. The pH at time 0 days (24 hours *post-mortem*) was 5.62, with no significant difference detected up to 9 days of storage (pH 5.57), a decrease of pH by the end of the experimental period. The shear force (SF) values were lower than 4.49 kgf, characterizing the meat as soft, although it has been detected a trend of reduced softness during the storage period. Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) values increased gradually along the storage period, with no significant differences between the initial sample and the samples stored for 15 days (<0.113 mg malonaldehyde/kg meat). The objective color evaluation in the initial sample showed values for the parameters $L^*=71.48$, $a^*=3.21$ $b^*=5.70$, $C^*=6.57$ and $h^* = 60.81$, unchanged significant for all color parameters up to 12 days of storage. Were not detected levels of putrescine, cadaverine, tyramine and agmatine up to 3 days of storage. There was an increase in the total amount of amines with storage time, markedly after 9 days compared to the initial sample, as a direct effect of increased putrescine, cadaverine and tyramine amines and reflection on quality index. Under the conditions used in this study, which include proper conservation, packaging barrier to O₂ and good manufacturing practices, the alligator meat kept the physical chemical pH, SF, TBARS and objective color CIELAB up to 18 days of storage. Considering cadaverine, histamine, agmatine, spermidine and spermine levels of amines, no significant changes were observed up to 9 days of storage compared to the initial sample. And based on the biogenics amines index the limit can be extended to 12 days, once the Mietz & Karma index has less than 1.0 and the Veciana-Nogués index value less than 50 mg of amine/kg of meat until this time storage under refrigeration at 4°C in cut tail fillet of alligator-the-swam meat.

Keywords: Meat preservation. Bioactive amines. Tail fillet.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Biossíntese de poliaminas.....	38
Figura 2	Valores médios de pH em filés de cauda de jacaré-do-pantanal (<i>Caiman yacare</i>) embalados à vacuo.....	60
Figura 3	Valores médios de umidade (%) em filés de cauda de jacaré-do-pantanal (<i>Caiman yacare</i>) embalados à vacuo.....	61
Figura 4	Valores médios de força de cisalhamento em filés de cauda de jacaré-do-pantanal (<i>Caiman yacare</i>) embalados à vacuo.	63
Figura 5	Valores médios de TBARS em filés de cauda de jacaré-do-pantanal (<i>Caiman yacare</i>) embalados à vacuo.....	64
Figura 6	Valores médios da amina cadaverina em filés de cauda de jacaré-do-pantanal (<i>Caiman yacare</i>) embalados à vacuo.	69
Figura 7	Valores médios da amina histamina em filés de cauda de jacaré-do-pantanal (<i>Caiman yacare</i>) embalados à vacuo.	71
Figura 8	Valores médios da amina tiramina em filés de cauda de jacaré-do-pantanal (<i>Caiman yacare</i>) embalados à vacuo.....	73
Figura 9	Valores médios da amina agmatina em filés de cauda de jacaré-do-pantanal (<i>Caiman yacare</i>) embalados à vacuo.	75
Figura 10	Valores médios da amina putrescina em filés de cauda de jacaré-do-pantanal (<i>Caiman yacare</i>) embalados à vacuo.	76
Figura 11	Valores médios da amina espermina em filés de cauda de jacaré-do-pantanal (<i>Caiman yacare</i>) embalados à vacuo.	80
Figura 12	Total de aminas em filés de cauda de jacaré-do-pantanal (<i>Caiman yacare</i>) embalados à vacuo.....	81
Figura 13	Aminas bioativas expressas como porcentagem do total de aminas em cada tempo, avaliadas em filés de cauda de jacaré-do-pantanal (<i>Caiman yacare</i>) embalados à vacuo.....	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Médias dos parâmetros de cor objetiva (SCE) avaliados em filés de cauda de jacaré-do-pantanal (<i>Caiman yacare</i>) embalados à vacuo e armazenados sob refrigeração a 4 ^o C por 30 dias.....	67
Tabela 2	Valores médios dos índices de qualidade de amins avaliados em filés de cauda de jacaré-do-pantanal (<i>Caiman yacare</i>) embalados à vacuo e armazenados sob refrigeração a 4 ^o C por 30 dias.....	85

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	A espécie <i>Caiman yacare</i>	15
2.2	Considerações sobre qualidade de carne do <i>Caiman yacare</i>	17
2.3	Caracterização físico-química	18
2.3.1	Composição centesimal	19
2.3.1.1	Umidade (água)	19
2.3.1.2	Proteínas	20
2.3.1.3	Extrato etéreo	22
2.3.1.4	Cinzas	23
2.3.2	pH	25
2.3.3	Perda de peso por cozimento e força de cisalhamento	26
2.3.4	Oxidação lipídica	30
2.3.5	Cor	32
2.3.6	Aminas bioativas	34
2.3.6.1	Função das aminas	35
2.3.6.2	Formação das aminas biogênicas	36
2.3.6.3	Aminas bioativas em carnes e produtos cárneos	39
2.3.6.4	Aspectos toxicológicos das aminas	42
2.3.6.5	Índices de qualidade baseados nos teores de aminas bioativas	44
2.4.	Processo de deterioração da qualidade de carnes	45
2.5	Uso do frio na preservação da qualidade de carne	47
3	MATERIAL E MÉTODOS	51
3.1	Animais (material experimental)	51
3.2	Análises laboratoriais	52
3.2.1	Composição centesimal	52

3.2.2	Determinação de pH.....	53
3.2.3	Perda de peso por cozimento (PPC).....	53
3.2.4	Força de cisalhamento (FC)	54
3.2.5	Oxidação lipídica	54
3.2.6	Cor objetiva	55
3.2.7	Aminas bioativas	55
3.3.	Delineamento experimental e análise estatística.....	58
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4.1	Composição centesimal e pH.....	59
4.2	Perda de peso por cozimento e força de cisalhamento	61
4.3	Oxidação lipídica	64
4.4	Cor	66
4.5	Aminas	68
4.5.1	Cadaverina	68
4.5.2	Histamina	70
4.5.3	Tiramina	73
4.5.4	Agmatina	74
4.5.5	Putrescina	75
4.5.6	Espermidina e espermina.....	78
4.5.7	Total de aminas e índices	80
5	CONCLUSÕES	87
	REFERÊNCIAS	88
	APÊNDICE	106

1 INTRODUÇÃO

O crescimento do consumo de carnes não convencionais tem permitido o uso da fauna silvestre, oriundas de zocriadouros comerciais autorizados pelo IBAMA. Os animais autóctones apresentam uma ampla adaptação ao meio e à cadeia alimentar e, na maioria das vezes, a exploração sustentável de uma espécie pode permitir a preservação da biodiversidade de todo o ecossistema associado a essa espécie ou de produtos transformados em uma atividade complementar. A criação racional de jacaré-do-pantanal (*Caiman yacare*), cujo objetivo principal é o comércio do couro, com valores elevados no mercado internacional, tem na venda de carne, uma forma adequada do uso dos recursos naturais.

A carne de jacaré-do-pantanal, além de apresentar características sensoriais apreciadas, possui características nutricionais adequadas a uma dieta saudável, tais como: baixa quantidade de gordura e colesterol, e percentagens elevadas de ácidos graxos poli-insaturados. Com base nesses aspectos, a carne de jacaré pode representar um produto de grande valor comercial na cadeia produtiva do jacaré-do-pantanal.

Considerando o potencial dos zocriadouros na produção de carne e seus subprodutos, e as características específicas de criação e alimentação e seus efeitos sobre as características e qualidade da carne, tornam-se imprescindíveis informações sobre as suas condições e alterações durante o armazenamento. A conservação da carne de jacaré-do-pantanal sob condições de congelamento foi avaliada por Vicente Neto (2008), entretanto, não são encontradas na literatura informações sobre o processo de conservação sob refrigeração do filé de cauda de jacaré-do-pantanal.

Para a identificação dos primeiros sinais de alteração em carne, algumas análises como bases voláteis totais, acidez volátil e aminas bioativas, são propostas.

A análise de aminas bioativas possibilita avaliar o frescor da amostra, em função do processo de degradação enzimática de aminoácidos. Bactérias deterioradoras responsáveis pela formação de aminas, normalmente, são detectadas somente quando presentes em número elevado no músculo, o qual já encontra-se com de deterioração, ao contrário, algumas aminas podem ser detectadas antes da deterioração ou em fases iniciais.

Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar as modificações físico-químicas, cor, textura e teores de aminas bioativas em carnes de jacaré-do-pantanal resfriada a 4°C pelo período de 30 dias.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A espécie *Caiman yacare*

O jacaré-do-pantanal (*Caiman yacare*) tem seu habitat natural nas bordas da Bacia Amazônica (Rondônia), Bacia do Rio Paraguai (Pantanal de Mato Grosso do Sul e Pantanal de Mato Grosso), além de Bolívia e Paraguai (BRAZAITIS, 1986), pertence à classe Reptilia, ordem *Crocodylia*, família *Alligatoridae* (STORER et al., 1991). *Caiman* é um termo espanhol para “jacaré” ou qualquer crocodiliano. *Crocodylus* quer dizer "um crocodilo" (Latim) e o termo “*yacare*” refere-se a jacaré ou *yacaré* de origem indígena. No Pantanal, conhecido como “jacaré-piranha” pela exposição visível de seus dentes, característica incomum entre os aligatórdeos. Os dentes da mandíbula, que podem projetar-se para cima ultrapassando a maxila superior, perfazem um número total de 72 até 82 (10 pré-maxiliares, 28-30 maxilares e 34-42 mandibulares).

A espécie jacaré-do-pantanal (*Caiman yacare*) foi retirada da listagem internacional de animais em risco de extinção por apresentar densidade populacional de 150 indivíduos/km² no seu *habitat* (CAMPOS; MOURÃO; COUTINHO, 2005). Recentemente, a população da espécie foi estimada em mais de três milhões de animais, concentrados nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (SILVA; COSTA, 2005), quantidade que torna possível a comercialização de seus produtos e subprodutos (VICENTE NETO et al., 2007).

O jacaré atinge a maturidade sexual em seis anos. A fêmea constrói um ninho, onde realiza a postura de 12 a 44 ovos. O período de incubação é entre 65 a 84 dias (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 1996) e mostra uma média de 29 animais por ninhada. Esses animais são carnívoros, e a dieta varia com a idade, habitat, estação e região

geográfica (WEBB; MANOLIS; BUCKWORTH, 1982). Na estação da seca, a dieta é constituída por insetos e peixes (SANTOS; PINHEIRO; SILVA, 1993), mas pode incluir crustáceos, moluscos, e vertebrados (POOLEY, 1989). Em cativeiro, os animais são alimentados com rações cujas taxas de proteína bruta na matéria seca encontra-se entre 53% e 69% (ALEIXO, 2002; MACIEL, 2001), formada por vísceras bovinas (pulmão e baço), farinha de sangue e farinha de carne, submetidas à secagem e moídas (MACIEL, 2001). Essa dieta normalmente é fornecida três vezes por semana uma vez ao dia, de acordo com o peso dos animais, os quais são alimentados com quantidades que corresponde entre 10 a 20% do seu peso corporal (COULSON; HERNANDEZ, 1983).

No Brasil a carne de jacaré deve ser oriunda de zoológicos comerciais, autorizados pelo IBAMA, e deve ser regulamentada por normas de qualidade do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e dos órgãos estaduais e municipais relacionados à qualidade de alimentos.

A Portaria 126 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), de 13/02/1990, permite a criação em cativeiro de jacaré-do-pantanal em dois sistemas: **Ranching**, que consiste na coleta dos ovos na natureza e a criação em cativeiro até o abate, quando o animal atinge entre 4 a 6 kg, com idade aproximada de dois anos; **Farming**, criação em ciclo fechado, permitindo a implantação de criatórios de jacaré-do-pantanal em várias regiões do país, a partir de machos e fêmeas retirados do Pantanal.

Em geral, o momento de abate é determinado pelo valor da circunferência abdominal desses animais em região próxima às patas dianteiras. Quando essa medida atingir 18 cm de diâmetro, comumente quando os animais atingem um ano de idade, contudo para um aproveitamento mais efetivo do couro, o abate pode ser realizado com dois anos, com um diâmetro abdominal de aproximadamente 27 cm (FETT, 2005).

2.2 Considerações sobre qualidade de carne do *Caiman yacare*

Os artigos técnicos e científicos para a espécie jacaré, em sua maioria, abordam aspectos nutricionais e biológicos. Em relação à carne para consumo humano, existem alguns estudos da década de 80, na Louisiana-USA, com o jacaré americano (*Alligator mississippiensis*) (MOODY; COREIL; RUTLEDGE, 1980). Nesses artigos são descritas as técnicas para abate, processamento e estudos da composição da carne de diferentes cortes da carcaça (LEAK et al., 1988; MOODY; COREIL; RUTLEDGE, 1980).

No trabalho pioneiro de Romanelli (1995), dois grupos de jacaré-do-pantanal com diferentes pesos foram coletados na natureza e comparados entre si (16,50-20,90 kg e 2,0-4,0 kg), de forma que a carcaça representou 59,5 e 62,5% do peso corporal, e o maior rendimento de carne foi encontrado no corte filé de cauda (88,3 a 90%). Com essa carne foi possível elaborar produtos como hambúrguer, carne enlatada, carne defumada e produto tipo apresuntado com ampla aceitação sensorial (ROMANELLI; CASERI; LOPES FILHO, 2002). Em jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*), a carne *in natura* mostrou uma composição centesimal com 79,05%, 0,77%, 19,81%, e, 3,11% de umidade, cinzas, proteínas e lipídeos, respectivamente e, em conserva, o produto teve boa aceitação sensorial (AZEVEDO, 2007).

Nos aspectos nutricionais, o perfil lipídico de animais de zoocriadouros com peso de 6 kg revelou quantidades baixas de C14:0 (1,47%) e altas de C18:1 *n*-9 (33,21%), C18:2 *n*-6 (8,34%), C20:4 *n*-6 (7,20%), nos cortes filé de cauda e filé de dorso dos animais oriundos de zoocriadouro (VICENTE NETO et al., 2010).

2.3 Caracterização físico-química

Diversas são as análises utilizadas para avaliar a qualidade da carne, em relação aos aspectos físicos, sensoriais, químicos, nutricionais e de segurança alimentar (microbiológicos e perfil de aminos) tais como: composição química (centesimal, colesterol, perfil lipídico, perfil em aminoácidos, em minerais), pH (em diversos momentos no *post mortem*), cor (com escalas de cor, com calorímetro, com espectrofotômetro), capacidade de retenção de água, maciez (análises instrumentais ou sensorial), perfil sensorial, perfil microbiológico entre outros. Esses testes são realizados com vários objetivos, tais como: testar a aceitabilidade do produto no momento da compra (aspectos ligados à aparência do produto propriamente dito ou do conjunto de produto e sistema de embalagens), testar os efeitos e tratamentos zootécnicos aplicados aos animais (sistema de terminação, dieta, ingredientes, comportamento ingestivo, raças ou cruzamentos que melhor definem as expectativas do consumidor), avaliar as operações de pré-abate e abate, bem como as formas de conservação tempo/temperatura (MUCHENJE et al., 2009).

As avaliações, independente do estudo em questão, devem levar em conta vários aspectos como: preparação da amostra, amostragem, origem do animal, tipo de manejo, transporte, sexo, idade, procedimentos de abate, etc. Honikel (1998) sugeriu que nos estudos da carne, todos os aspectos envolvidos diretamente com os animais, devem ser mais descritos e considerados no momento da avaliação e interpretação dos resultados. Contudo, quando as análises estão relacionadas diretamente com possíveis riscos e a segurança alimentar outras análises são propostas na avaliação da qualidade da carne e derivados, tais como: bases voláteis totais; acidez volátil; compostos reativos ao ácido 2-tiobarbitúrico, embora essas também apresentem desvantagens que limitam sua utilização (SILVA; GLÓRIA, 2002).

2.3.1 Composição centesimal

A composição química das carnes é variável devido a diversos fatores, como espécie animal, fase de crescimento, raça, sexo ou condição sexual, tipo de alimentação e corte ou músculo analisado. Em geral, a carne magra *in natura* apresenta 75% de água, 21 a 22% de proteína, 1- 2% de gordura, 1% de minerais e menos de 1% de carboidratos, com pequenas variações (FORREST et al., 1979; LAWRIE, 2005; VILAS BOAS, 1999). O efeito geral da alimentação e do nível nutricional sobre o crescimento dos animais produtores de carne se reflete na composição dos diversos músculos. O percentual de água nos músculos diminui com o aumento da idade, pelo aumento da concentração de proteínas e gorduras com o crescimento. O componente mais variável dos músculos e do organismo animal é a gordura, cujos níveis de deposição dependem do equilíbrio entre a energia da dieta, e a energia de manutenção, e crescimento se for o caso (FORREST et al., 1979; PRÄNDL et al., 1994; PRICE; SCHWEIGGERT, 1976).

2.3.1.1 Umidade (água)

Quantitativamente, a água é o constituinte mais expressivo da carne, com médias de 76%, cujas variações estão relacionadas à gordura e à espécie animal. Os processos de conservação da carne (resfriamento, congelamento, salga, cura, enlatamento, entre outros) podem afetar a quantidade de água na carne e a qualidade sensorial (suculência, maciez, cor e sabor). Além disso, a água presente no músculo influencia o rendimento da carcaça. Fisiologicamente, a água é um solvente universal, que participa das reações biológicas, transporte de substâncias, manutenção da temperatura corporal e pressão osmótica (DABÉS, 2001; GAVA, 1984; PARDI et al., 2001).

Nos alimentos dois tipos de água podem ser identificadas: água livre, fracamente ligada ao substrato (espécie de solvente), que permite o crescimento dos microrganismos e as reações químicas, e é eliminada com relativa facilidade; e a água combinada, fortemente ligada ao substrato, difícil de ser eliminada e que não é utilizada como solvente e, portanto, não permite o desenvolvimento de microrganismos e retarda as reações químicas (BOBBIO; BOBBIO, 2003).

Na carne de jacaré-do-pantanal, Romanelli, Caseri e Lopes Filho (2002), utilizando diferentes cortes de 5 jacarés machos, com peso entre 16-21 kg observaram umidade de 75%. Fernandes (2011), utilizando animais com idade de 2 anos, encontrou umidade de 72% na carne obtida de fêmeas e 71% para machos no corte filé de cauda (músculo *ilio-ischiocaudalis*).

2.3.1.2 Proteínas

As proteínas são nutrientes compostos de carbono, hidrogênio, oxigênio, e baixas quantidades de enxofre e fósforo. Os aminoácidos são os componentes básicos das proteínas, que unidos entre si compõem os polímeros de proteínas. As proteínas formam soluções coloidais que não passam facilmente através das membranas orgânicas. Os aminoácidos são essenciais para a síntese dos tecidos orgânicos em crescimento, para sua manutenção e para sua reparação (CAMPBELL, 2003; LEHNINGER; NELSON; COX, 2006).

As proteínas da carne são originárias do tecido muscular e conjuntivo. No tecido muscular, a quantidade de proteína bruta varia de 18 a 22 % e as proteínas miofibrilares estão presentes em maior quantidade, seguidas pelas proteínas sarcoplasmáticas. No tecido conjuntivo, a maior quantidade é de colágeno e elastina (ORDENEZ, 2005). As proteínas podem ser divididas em solúveis em água ou em soluções salinas diluídas que são as proteínas

sarcoplasmáticas (mioglobina e hemoglobina), solúveis em soluções salinas diluídas que são as proteínas miofibrilares (actina, miosina, troponina e tropomiosina) e insolúveis em soluções salinas diluídas, pelo menos em baixas temperaturas são as do estroma, tecido conjuntivo e as proteínas a ele associadas (LAWRIE, 2005).

As proteínas desempenham um papel fundamental no organismo, como a formação de novos tecidos orgânicos e por serem fontes de aminoácidos necessários à construção e manutenção dos tecidos corporais e regulação de processos fisiológicos, na forma de enzimas e hormônios (BONFIM, 2003).

A qualidade de uma proteína é determinada pelo seu conteúdo em aminoácidos essenciais, pela digestibilidade e capacidade de absorção pelo organismo. Assim, uma proteína de alto valor biológico ou de alta qualidade é aquela que contém todos os aminoácidos essenciais em quantidades equivalentes às necessidades e é altamente digestível e de fácil absorção. Os aminoácidos são as unidades básicas que formam as proteínas, unindo-se uns aos outros e compondo em pequenos grupos chamados de peptídeos, que se organizam para formar as complexas estruturas das proteínas. As proteínas animais contêm mais aminoácidos essenciais do que as proteínas vegetais. As proteínas de alto valor nutritivo são encontradas em ovos, carnes, peixes, aves, leite, queijos e soja (SARAIVA; LOPES, 2002).

O teor proteico da carne de jacaré-do-pantanal em animais de 2 anos abatidos com 3,5 e 3,7 kg foi de 22 a 23,5% na MS no corte filé de cauda (FERNANDES, 2011), e de 24% na MS, para o mesmo corte, em animais abatidos com aproximadamente 6,0 kg (VICENTE NETO et al., 2010).

2.3.1.3 Extrato etéreo

Outro importante componente do tecido cárneo são os lipídios, compostos de origem biológica solúveis em solvente orgânico, com moléculas constituídas essencialmente de C, H, O (carbono, hidrogênio e oxigênio respectivamente). São classificados como simples (ácidos graxos e álcoois); compostos (fosfolipídios); derivados obtidos após hidrólise dos lipídios compostos e simples representados por ácidos graxos, glicerol, esteróis, fitosteróis, vitaminas lipossolúveis e pigmentos. Quimicamente são definidos como ésteres de ácidos graxos. Como tal, a hidrólise dos mesmos leva à formação de álcool e ácido. As propriedades químicas e funcionais dos triglicérides são características dos ácidos graxos que o formam (ANDRADE, 2006).

Os lipídios, os carboidratos e as proteínas formam o grupo de compostos quantitativamente mais importantes nos alimentos e apresentam papel relevante na nutrição humana (BOBBIO; BOBBIO, 1995). Essas substâncias são insolúveis em água, mas, solúveis em éter, clorofórmio, benzeno e outros solventes orgânicos chamados de extratores. O grupo inclui as gorduras e muitos outros compostos intimamente ligados ou associados, tais como fosfatídeos, esteróis, clorofila, óleos voláteis e resina (ARAÚJO, 2006; CURI; SOLIS; GRAZIOLA, 2002).

Os lipídios são armazenados no tecido animal de diferentes formas: extracelular, constituído dos depósitos de tecido adiposo subcutâneo e demais depósitos no organismo animal; a intermuscular, entre os músculos; e a intramuscular, conhecida como marmoreio constituída de fibras muito finas no tecido muscular. Uma quantidade pequena de gordura aparece no tecido muscular, a qual é encontrada em pequenas gotículas no líquido intercelular (LAWRIE, 2005).

A carne apresenta grande variedade de lipídeos como, os ácidos graxos essenciais, colesterol, os fosfolipídeos e as vitaminas lipossolúveis. Outros como os ésteres de ácidos graxos, apesar de menos ativo fisiologicamente, servem como reserva energética e proteção aos órgãos internos. A energia no corpo do animal é armazenada na forma de triglicerídeos puros ou no abdômen, sob a pele, em camadas intra e extracelulares (ANDRADE, 2006).

A fração de gordura dentre os componentes básicos da carne é a mais variável, tanto do ponto de vista quantitativo como qualitativo. A gordura animal é composta por diversos tipos de lipídios, predominando os lipídios neutros, que se localizam, em forma de triglicerídeos, nos depósitos de tecido adiposo e associados aos septos de tecido conectivo frouxo, que se encontra entre os feixes musculares (gordura intramuscular), ou seja, a marmorização. Além do papel fisiológico, a distribuição de gordura e o conteúdo relativo de vários ácidos graxos podem adquirir importância em relação a fatores de palatabilidade. Os fosfolipídios e outros lipídios polares, ainda que sejam minoritários, também exercem funções importantes, contribuindo para a estrutura e funcionalidade da membrana celular (ORDÓÑEZ et al., 2005).

Como esperado, o corte filé de cauda do jacaré-do-pantanal obtido de animais criados em cativeiro e submetidos ao processo de abate ainda jovens (normalmente antes de 3 anos) apresenta baixos teores de lipídeos; Vicente Neto et al. (2010) observaram 1,72% de lipídeos na matéria natural e Fernandes (2011) valores de 1,74% na carne de animais machos e 2,4% para carne de animais fêmeas.

2.3.1.4 Cinzas

As cinzas, ou resíduo mineral fixo, correspondem à fração inorgânica, ou mineral, de um alimento, obtido por incineração. Alguns sais podem sofrer

redução ou volatilização nesse aquecimento. As cinzas não devem conter pontos de carvão e são geralmente brancas ou acinzentadas. Em alguns tipos de alimentos como os ricos em fósforo, ou muito gordurosos, ou com elevado teor de metais alcalinos, devem ser tomados cuidados especiais (VILAS BOAS, 1999).

Cinza ou resíduo mineral é o produto que se obtém após o aquecimento de uma amostra, à temperatura de 500 a 600 °C, ou seja, até o aquecimento ao rubro, porém não superior a 600 °C, durante quatro horas ou até a combustão total da matéria orgânica (SILVA, 1990).

O aumento do percentual de cinzas é observado nas diversas espécies animais, em função do crescimento (FORREST et al., 1979), pois parte do conteúdo mineral da carne é associada a compostos orgânicos. Os sais inorgânicos permitem a manutenção da pressão osmótica celular e participam de diversas funções metabólicas, como a contração muscular (PRÄNDL et al., 1994).

A determinação da cinza fornece apenas uma indicação da riqueza da amostra em elementos minerais. O teor de cinzas pode permitir às vezes, uma estimativa da riqueza em cálcio e fósforo do alimento analisado, quando se trata de certos produtos como farinha de ossos e produtos de origem marinha. Por meio do aquecimento, em temperatura elevada, todas as substâncias voláteis que se decompõem pelo calor serão eliminadas e a matéria orgânica é toda transformada em CO₂ e H₂O (CECCHI, 2003; SILVA, 1990).

Vicente Neto et al. (2007) avaliaram o teor de cinzas da carne de jacaré-do-pantanal (*Caiman yacare*) criados em cativeiro e abatidos com 14 e 26 meses de idade, com peso entre 2,5 a 3 kg nos mais jovens e entre 5,0 e 6,0 kg no outro grupo, e verificaram 0,54 e 0,84 % de cinzas, respectivamente.

2.3.2 pH

O pH *post mortem* da carne é determinado pela quantidade de ácido láctico produzido a partir do glicogênio muscular presente no músculo no abate que ocorre durante a glicólise anaeróbia: e isso pode ser impedido se o glicogênio for consumido por fadiga, inanição ou por *stress* causado ao animal antes do abate (LAWRIE, 2005). O pH é um determinante do crescimento microbiano, portanto um indicador para sua resistência à deterioração. A maior parte das bactérias apresentam velocidade máxima de crescimento em pH 7 e apresentam menor crescimento com pH abaixo de 4 ou acima de 9.

O pH constitui um dos fatores mais importantes na transformação do músculo em carne com decisivo efeito sobre a qualidade da carne fresca e dos produtos derivados (ORDONEZ, 2005; OSÓRIO; OSÓRIO, 2000). A concentração de glicogênio do músculo no momento de abate tem uma grande influência nas reações bioquímicas *post mortem*, as quais determinam o pH final da carne e as características decorrentes, como capacidade de retenção de água (CRA), cor, brilho superficial e capacidade de emulsificação (PÖSÖ; PUOLANNE, 2005).

Com a morte do animal, ocorre a interrupção da circulação sanguínea, não ocorrendo a chegada de glicose e oxigênio nos músculos. Porém, em função do músculo, ainda, possuir reservas de energia na forma de glicogênio, pode-se manter, por algum tempo, em estado similar ao que possuía em vida (PARDI et al., 1995). Nessa condição, inicia-se o processo de degradação do glicogênio e, com a deficiência de oxigênio após a morte, há formação de ácido láctico que, ao acumular no músculo, provoca a redução do pH de aproximadamente 7,0, no momento do abate, para um pH final de 5,5 a 5,6 (CONTREAS, 1993).

A queda do pH, após a morte do animal, causada pelo acúmulo de ácido láctico, constitui um dos fatores mais importantes na transformação do músculo

em carne, com influência direta sobre a qualidade da carne. O controle de pH é de extrema importância, pois está diretamente relacionado às características sensoriais como cor, maciez e textura.

A carne de jacaré-do-pantanal, capturados na natureza, mostrou uma curva de queda de pH no músculo *longissimus dorsi* que demorou em torno de 36 à 48 horas, passando de um pH inicial de 6,6 a 6,7 para um pH estabilizado em 5,5 a 5,7 às 48 horas *post mortem*, em temperatura de 3 a 6 °C (ROMANELLI, 1995; VIEIRA et al., 2012).

Vicente Neto (2005), avaliando a qualidade da cauda da carne de jacaré-do-pantanal oriundo de zoológico com peso médio de 5,93 kg, verificou pH inicial de 6,68 e 36 horas após a sangria pH de 5,56.

2.3.3 Perda de peso por cozimento e força de cisalhamento

A perda de peso por cozimento é uma medida associada ao rendimento da carne no momento do consumo, que é influenciada pela capacidade de retenção de água (LAWRIE, 2005), que por sua vez está associada com a integridade das proteínas miofibrilares e o pH do sistema (HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005). Como a ligação da água é promovida pelas proteínas miofibrilares, a proteólise decorrente do processo de maturação, metabolismo das bactérias, e redução do pH a valores próximos ao ponto isoeletrico das proteínas, determinam a diminuição da capacidade de retenção da água. A perda de água da carne, na forma de exsudação ou cocção, pode desencadear em perdas nas características sensoriais, tais como a suculência (DAVIS et al., 1975).

Segundo Fernandes de Sá (2004), a perda de peso pelo cozimento da carne corresponde à perda de água ou suco que acontece durante o aquecimento da carne pela cocção. É um parâmetro importante, pois afeta a aceitação da

carne, já que pode alterar significativamente sua cor, textura, além de influenciar no seu valor nutritivo, pois no suco eliminado estão presentes proteínas solúveis, vitaminas e minerais.

A maciez é o atributo de qualidade mais importante para o consumidor ao julgar a qualidade da carne. Os fatores que podem afetar a maciez da carne são *ante mortem* como genética, idade, maturidade, sexo, nutrição, acabamento do animal, exercício, estresse antes do abate, presença de tecido conjuntivo, espessura e comprimento do sarcômero; e *post mortem*, como estimulação elétrica, *rigor mortis*, resfriamento da carcaça, maturação, método e temperatura de cozimento e pH final (CORÓ et al., 1999; FELÍCIO, 1997).

A sensação de maciez se deve em primeiro lugar à facilidade com que os dentes penetram na carne, em segundo lugar à facilidade com que a carne se divide em fragmentos e em terceiro lugar, à qualidade de resíduo que permanecem sem triturar depois da mastigação. A maciez seria consequência do maior teor de água e da maior capacidade de retenção de água das proteínas musculares, bem como do estado de intumescimento das fibras musculares com pH elevado (LAWRIE, 2005).

A maciez da carne está relacionada com o estado de contração em que se encontram as fibras musculares, e as variações dependem do grau de interação actina-miosina e da extensão da zona do sarcômero carente de interação (ORDÓÑEZ et al., 2005). Devido à grande importância para os consumidores, vários pesquisadores no decorrer dos anos tentaram desenvolver alternativas para amenizar ou evitar a dureza.

O efeito do tratamento térmico sobre a maciez da carne é um reflexo da ação de temperaturas elevadas sobre o colágeno e proteínas miofibrilares (PARDI et al., 1995). Considerando o comprimento do sarcômero, o aquecimento da carne até a temperatura de 45 °C não provoca modificação. Entre 45-55 °C, há um leve aumento do sarcômero devido, provavelmente, a um

relaxamento e intumescimento da estrutura do tecido conjuntivo. Acima de 55 °C inicia-se o processo de encurtamento dos sarcômeros, podendo chegar até 25% da estrutura original. As diferentes proteínas musculares se desnaturam a distintas temperaturas. As proteínas solúveis e a miosina são termolábeis e sua desnaturação começa a 45–50 °C. As proteínas do tecido conjuntivo desnaturam à temperatura de 60–70°C, dependendo do grau de ligações cruzadas do colágeno (LAWRIE, 2005).

O processo todo de amaciamento da carne, que ocorre durante a estocagem refrigerada, ou maturação, consiste na proteólise dos componentes estruturais das miofibrilas. As enzimas proteolíticas atuam ocasionando algumas alterações no tecido muscular, como: (a) degradação e/ou enfraquecimento gradual da linha Z, que conduz à degradação das miofibrilas; (b) desaparecimento da troponina T; (c) degradação da desmina e nebulina e, provavelmente, da titina (proteínas estruturais do tecido muscular). Essas alterações causam diminuição da rigidez e aumento gradativo da maciez da carne (KOOHMARIE, 1994).

O mecanismo de maturação da carne inicia-se pela ação das calpaínas, que degradam os componentes das linhas Z e digerem as proteínas desmina, titina, troponina C, nebulina, tropomiosina e proteína C. Essas tornam-se polipeptídeos, os quais, por sua vez, serão substrato das catepsinas, que tornar-se-ão peptídeos menores e aminoácidos livres, constituindo, assim, uma carne maturada (CORÓ et al., 1999). A presença de calpastatina parece ser o maior regulador da atividade das calpaínas e sua capacidade inibitória é bastante decrescida pelo pH final da carne em torno de 5,5 (KOOHMARAIE, 1988, 1992, 1994).

Em trabalho recente, Huang et al. (2011), avaliando a atividade da caspase-3 *in vitro*, demonstrou que essa enzima causa o enfraquecimento da banda I adjacente até a linha Z, induz a uma pequena proteólise da desmina e o

não aparecimento de peptídeos de 28-30 kDa (kiloDalton). Segundo os autores, a caspase-3 pode ser responsável por parte da degradação da proteína miofibrilar observada em músculos e que está provavelmente envolvida na proteólise *post mortem* juntamente com outras proteinases endógenas, reforçando a hipótese do processo multienzimático para desenvolver a maciez da carne.

As carcaças resfriadas antes da instalação do *rigor mortis* podem sofrer uma contração brusca e irreversível das fibras musculares, com redução no comprimento do sarcômero e aumento na força necessária para o cisalhamento das amostras, após o cozimento. Esse processo é denominado encurtamento pelo frio (“*cold shortening*” em inglês) e ocorre em carnes com maior proporção de fibras vermelhas (FORREST et al., 1979).

A maciez da carne pode ser medida por meio subjetivo ou objetivo. No método subjetivo se utiliza o painel sensorial em que um grupo de pessoas treinadas classifica a carne em relação à maciez após ter provado as amostras. O método objetivo utiliza equipamento, como o texturômetro, que mede a força necessária para o cisalhamento de uma seção transversal de carne e, quanto maior a força dispensada, menor é a maciez apresentada pelo corte de carne (ALVES; GOES; MANCIO, 2005; RAMOS; GOMIDE, 2007).

Vieira (2010) pesquisou a caracterização do processo de *rigor mortis* do *M. Ilio-ischiocaudalis* da cauda de jacaré-do-pantanal (*Caiman crocodilus yacare*) e maciez dessa carne e verificou que pode ser considerada como macia, pois obteve na técnica da força de cisalhamento (FC) valor menor que 6,0 kgf.

Rodrigues et al. (2007), avaliando a carne de jacaré-do-pantanal de animais oriundos de zoológicos, abatidos com peso entre 2,5 a 3,0 kg, encontraram FC entre 2,29 a 2,50 kgf nos cortes filé de cauda e filé de dorso, sem diferença estatística entre esses. Vicente Neto et al. (2007) avaliaram FC da carne de jacaré-do-pantanal (*Caiman yacare*) criados em cativeiro e abatidos com 14 e 26 meses de idade, com peso entre 2,5 a 3 kg nos mais jovens e entre

5,0 e 6,0 kg no outro grupo, e verificaram médias de 3,81 e 4,47 kgf, respectivamente nesses grupos, com os animais abatidos mais jovens apresentando uma carne mais macia.

2.3.4 Oxidação lipídica

A oxidação de lipídios é a deterioração mais importante que ocorre, definindo a vida útil, na medida em que gera produtos indesejáveis do ponto de vista sensorial e destrói vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais (CECCHI, 1999; GRAY, 1978). A deterioração sensorial é causada por complexas reações de oxidação, hidrólise, polimerização, dentre outras, sofridas pelos ácidos graxos insaturados, resultando na formação de compostos poliméricos potencialmente tóxicos, impróprios para o consumo. Compromete a biodisponibilidade de vitaminas, proteínas e pigmento, reduzindo o valor nutricional dos alimentos (TAWFIK; HUYGHEBAERT, 1997).

O processo de oxidação lipídica é inevitável com o tempo, contudo é influenciado pela concentração de ácidos graxos insaturados, oxigênio e substâncias químicas que aceleram a oxidação (KANNER et al., 1988). Dessa forma, os estudos que buscam diminuir a intensidade desse processo se tornam cada vez mais importante para a cadeia produtiva.

Vários fatores podem influenciar a oxidação lipídica, dentre eles, os tipos de fibras musculares, uma vez que músculos com maiores proporções de fibras vermelhas são mais susceptíveis, porque apresentam mais ferro e fosfolipídios do que aqueles com mais fibras brancas (WOOD et al., 2004).

As modificações bioquímicas dos lipídeos da carne durante o processamento e armazenamento afetam as características sensoriais do produto. A oxidação de ácidos graxos forma aldeídos (em maior proporção o aldeído

molônico) e outros compostos voláteis que conferem a carne e aos produtos cárneos odores desagradáveis (WOOD et al., 2008).

A oxidação dos ácidos graxos poli-insaturados constituintes da gordura animal leva a formação de peróxidos, que ocorre em três fases distintas: iniciação; propagação e término, sendo esta última a fase na qual ocorre a formação de compostos secundários dos quais o aldeído molônico é o mais importante (ARAÚJO, 2006). Segundo Fernandez-Lopes et al. (1997), uma vez que esses compostos secundários não são rapidamente degradados, sendo progressivamente acumulados nos alimentos, a sua concentração pode ser utilizada como indicador do desenvolvimento de rancidez e de estimativa da oxidação lipídica.

O método padrão empregado na determinação de oxidação lipídica em alimentos é o índice de substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS), o qual quantifica o aldeído molônico como produto da oxidação (WOOD et al., 2008).

Os produtos resultantes da oxidação lipídica são normalmente os aldeídos e a proporção relativa desses produtos depende de qual o ácido graxo foi oxidado e das condições com que ocorreu tal oxidação. O índice de substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico é baseado na reação do ácido tiobarbitúrico com os produtos de decomposição dos hidroperóxidos. Um dos principais produtos formados nesse processo de decomposição é o aldeído molônico, ocorrendo a formação de um complexo de cor vermelha. A reação ocorre em meio ácido (pH 1 a 2) e a alta temperatura (100 °C), no sentido de aumentar a sua velocidade e sensibilidade (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999). O índice de TBARS é o método de eleição para detectar a oxidação de lipídeos em sistemas biológicos, embora possam ser detectados baixos valores de TBARS em função da interação covalente do aldeído molônico com grupos aminas livres presentes em proteínas (ARAÚJO, 2006).

A determinação de substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS) é empregada na avaliação de carnes durante o armazenamento em baixas temperaturas. Vasconcelos Neto (2003) em estudo de características físico-químicas, microbiológicas e amins bioativas na carne suína relatou valores de TBARS em lombo e pernil congelados por 180 dias a -18 °C de 0,02 a 0,12 Abs e considerou essa variação como pouco expressiva, indicando a ausência de oxidação lipídica durante o período de armazenamento.

De modo geral, as substâncias reativas ao TBARS são produzidas em quantidades substanciais a partir de ácidos graxos contendo três ou mais insaturações, pois as insaturações beta e gama do grupo peróxido resultante da oxidação podem ciclizar-se formando aldeído molônico (ARAÚJO, 2006).

Não existem valores de TBARS estabelecidos, que caracterizem a ocorrência de oxidação lipídica ou que definam a inadequação para o consumo de carnes e pescado (PEREIRA; TENUA FILHO, 2005). A Legislação Brasileira vigente, não apresenta limite máximo para aldeído molônico/kg em produtos cárneos. Entretanto, Al-Kahtani, Abu-Tarboush e Bajaber (1996) indicam que para pescado, valores abaixo de 3,0 mg de aldeído molônico/kg de amostra são considerados em bom estado de conservação.

2.3.5 Cor

A cor da carne é a primeira característica sensorial apreciada pelo consumidor. É a impressão óptica relacionada de imediato com diversos aspectos ligados à qualidade e ao grau de frescor. Portanto, o aspecto exterior pode ser associado à validade comercial, suculência, dureza e armazenagem (ORDOÑEZ et al., 2005), ou ainda aspectos relacionados com a vida pregressa do animal (PINHEIRO et al., 2009; RAMOS; GOMIDE, 2007; ZEOLA et al., 2002).

A cor da carne percebida pelo homem é o resultado da absorção da luz pelo pigmento mioglobina, citocromo oxidase, e hemoglobina (FORREST et al., 1979; MANCINI; HUNT, 2005). A intensidade de cor da carne é determinada por fatores *ante mortem*, tais como a raça, manejo, sexo e idade do animal, sensibilidade ao estresse, e *post mortem*, como temperatura ambiente no abate, umidade relativa do ar na câmara de resfriamento, entre outros (BAUBLITS et al., 2006; LAWRIE, 2005; PRICE; SCHWEIGGERT, 1976). A cor é uma propriedade funcional das proteínas sarcoplasmáticas da carne, as quais estão relacionadas com pH, capacidade de retenção de água, capacidade emulsificante, e tempo de exposição às condições atmosféricas.

Normalmente, a coloração da carne é determinada pela concentração total de mioglobina (proteína envolvida nos processos de oxigenação do músculo) e pelas proporções relativas desse pigmento no tecido muscular, que pode ser encontrado na forma de mioglobina reduzida, com coloração púrpura, oximioglobina, de cor vermelho brilhante e metamioglobina, normalmente marrom (COSTA et al., 2011).

A análise instrumental de cor da carne por colorímetro ou espectrofotômetro para a determinação de luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*) e intensidade de amarelo (b^*), é realizado no sistema *Commission Internationale de l'Éclairage* (MARCHIORI; FELICIO, 2003; PUGA; CONTRERAS; TURNBULL, 1999).

Nas medidas instrumentais de cor, o valor de L^* (Luminosidade) corresponde ao grau de claridade de cor devido à maior ou menor reflexão da luz incidente e cujos valores mais altos indicam maior luminosidade. Os valores de a^* e b^* correspondem, respectivamente, os índices de vermelho e amarelo.

A cor da carne de jacaré-do-pantanal, determinada em 20 peças (cortes comerciais) de cinco carcaças de animais de zocriadouros da região de Cáceres (MT), com peso entre 2,5 a 3,0 kg mostrou resultados médios de L^* entre 54 a

56, e a^* entre 2,4 (em membros) e -0,5 em filé de lombo (RODRIGUES et al., 2007), contudo Vicente Neto (2005) em carne de jacaré-do-pantanal de zoocriadouro ou habitat natural, o L^* foi mais elevado em animais de habitat natural (60,5), do que animais de zoocriadouro (52,4). Os índices de cor L^* , a^* e b^* de carne de jacaré-do-pantanal caracterizam uma carne de coloração bastante clara, que pode ser considerada como uma carne branca.

2.3.6 Aminas bioativas

As aminas bioativas ou biologicamente ativas são bases orgânicas alifáticas, alicíclicas ou heterocíclicas de baixo peso molecular. Elas são também definidas como compostos nitrogenados, em que um, dois ou três átomos de hidrogênio da amônia foram substituídos por grupos alquila ou arila. Essas substâncias são formadas por processos bioquímicos e participam de funções metabólicas e fisiológicas importantes nos organismos vivos, desempenhando diversas atividades biológicas (GLÓRIA, 2005; HALÁSZ et al., 1994; MAYER; FIECHTER; FISCHER, 2010).

As aminas bioativas são em geral denominadas em função dos aminoácidos precursores, como por exemplo: histamina origina-se da histidina, tiramina da tirosina e a triptamina do triptofano. Os nomes cadaverina e putrescina, entretanto, originam-se do fato dessas aminas terem sido encontradas em produtos em decomposição ou putrefação. Espermina e espermidina referem-se ao fluido seminal, de onde foram isoladas pela primeira vez (FLORES et al., 1989; GLÓRIA, 2005).

As aminas bioativas podem ser classificadas em função de grupamentos amina, da estrutura química e da via biossintética (GLÓRIA, 2005; SILLA-SANTOS, 1996). Quanto ao número de grupamentos aminas na molécula, classificam-se em monoaminas (tiramina, feniletilamina), diaminas (histamina,

triptamina, serotonina, putrescina e cadaverina) e poliaminas (espermina, espermidina e agmatina). Quanto à estrutura química, as aminas podem ser classificadas em alifáticas (putrescina, cadaverina, espermina, espermidina e agmatina), aromáticas (tiramina, feniletilamina) e heterocíclicas (histaminas, triptamina). Ainda, com relação à estrutura química, podem ser classificadas em função do grupo químico em catecolaminas (dopamina, noradrenalina, adrenalina), indolaminas (serotonina) e imidazolaminas (histamina) (GLÓRIA, 2005).

Quanto à via biossintética, as aminas classificam-se em biogênicas e poliaminas naturais. As biogênicas são formadas pela descarboxilação de aminoácidos por descarboxilases bacterianas, sendo esta a principal via de formação de aminas nos alimentos (histamina, serotonina, tiramina, feniletilamina, triptamina, putrescina, cadaverina e agmatina), enquanto as poliaminas naturais (espermina e espermidina) são formadas durante a biossíntese à medida que são requeridas (BARDÓCZ, 1995; GLÓRIA, 2005).

2.3.6.1 Função das aminas

As aminas bioativas são essenciais no crescimento, renovação e metabolismo além de apresentarem diversas funções nas células, dentre elas, aumento na síntese de RNA, DNA e de proteínas, estabilização do RNA transportador e redução da taxa de degradação do RNA (GLÓRIA, 2005). Em vegetais, as aminas participam da floração, do desenvolvimento do fruto, das respostas ao estresse, da inibição da produção de etileno e da senescência. Esses compostos são também importantes na síntese de metabólitos secundários de interesse biológico como nicotina e alcaloides (FLORES et al., 1989; GLÓRIA, 2005).

As poliaminas estão amplamente distribuídas na natureza, sendo indispensáveis às células vivas, desempenhando papel importante em diversas funções fisiológicas de humanos e animais (KALÁČ; KRAUSOVÁ, 2005). Espermidina e espermina estão envolvidas na síntese de DNA, RNA e de proteínas, na estabilização das membranas, e são essenciais no crescimento e duplicação das células (BARDÓCZ et al., 1993; JEEVANANDAM et al., 1997; MOINARD; CYNOBER; BANDT, 2005). As poliaminas também têm implicações na renovação e funcionalidade do trato digestório e na maturação da mucosa intestinal (BARDÓCZ, 1993; MOINARD; CYNOBER; BANDT, 2005).

Algumas aminas são psicoativas ou vasoativas. Histamina e serotonina são psicoativas e atuam como neurotransmissoras no sistema nervoso central. As vasoativas atuam direta ou indiretamente no sistema vascular, podendo ser vasoconstritoras ou vasodilatadoras. Tiramina, feniletilamina, e triptamina causam um aumento na pressão sanguínea por constrição do sistema vascular e aumento da velocidade e da força da contração cardíaca. A histamina causa a vasodilatação periférica, reduz a pressão sanguínea, aumenta a contração e velocidade do batimento cardíaco, atua na contração e relaxamento do músculo liso e como estimulante dos neurônios dos sistemas motor e sensorial (GLORIA, 2005; SMITH, 1981; STRATTON; HUTKINS; TAYLOR, 1991; TAYLOR, 1986).

2.3.6.2 Formação das aminas biogênicas

As aminas biogênicas podem ser formadas e degradadas como consequência do processo metabólico normal de animais, plantas e microrganismos e, são produzidas quando há disponibilidade de aminoácidos

livres, bem como a presença de determinadas bactérias para descarboxilar esses aminoácidos (HALÁSZ et al., 1994).

A biossíntese de aminas biogênicas ocorre durante o processo metabólico normal em todos os organismos vivos e podem ser formadas por transaminação de aldeídos ou cetonas, hidrólises de compostos nitrogenados, decomposição térmica ou descarboxilação de aminoácidos, sendo esta última a principal via de formação (BARDÓCZ, 1995; HALÁSZ et al., 1994).

A síntese das aminas biogênicas, histamina, tiramina, triptamina, feniletilamina e cadaverina ocorrem via descarboxilação dos aminoácidos precursores, histidina, tirosina, triptofano, fenilalanina e lisina, respectivamente, por atividade enzimática. Na síntese da serotonina, o triptofano é transformado pela enzima triptofano hidrolase em 5-hidroxitriptofano, que é descarboxilado pela enzima aminoácido aromático descarboxilase em 5-hidroxitriptamina ou serotonina (GLORIA, 2005).

Para a formação de espermina e espermidina, um grupo aminopropil derivado da metionina via S-adenosilmetionina (SAM) é adicionado à putrescina, para formar espermidina e a essa última para formar a espermina. Participam dessas reações várias enzimas, dentre elas, espermina e espermidina sintases e SAM descarboxilase. É interessante salientar que a 5'-metiltioadenosina, resultante da liberação do grupo aminopropil pelo SAM, é convertida em metiltioribose e em metionina, reciclando o grupo -SCH₃, e garantindo a síntese de poliaminas (FLORES et al., 1989; GLÓRIA, 2005).

Na formação das poliaminas, os aminoácidos ornitina e arginina atuam como precursores, sendo a putrescina um composto intermediário obrigatório (Figura 1). Para formar a putrescina, a arginina é transformada em ornitina pela ação da enzima arginase e, em seguida, a ornitina sofre a ação da ornitina descarboxilase (ODC) formando a putrescina (HILLARY; PEGG, 2003; MOINARD; CYNOBER; BANDT, 2005). A putrescina pode ser formada por

diferentes vias dependendo do organismo vivo. Em animais e fungos, a formação da putrescina ocorre via descarboxilação da ornitina; em células bacterianas, porém, por via alternativa, ocorre descarboxilação da arginina formando agmatina para posterior formação da putrescina. Em vegetais pode ocorrer tanto via agmatina quanto via ornitina (BARDÓCZ, 1995).

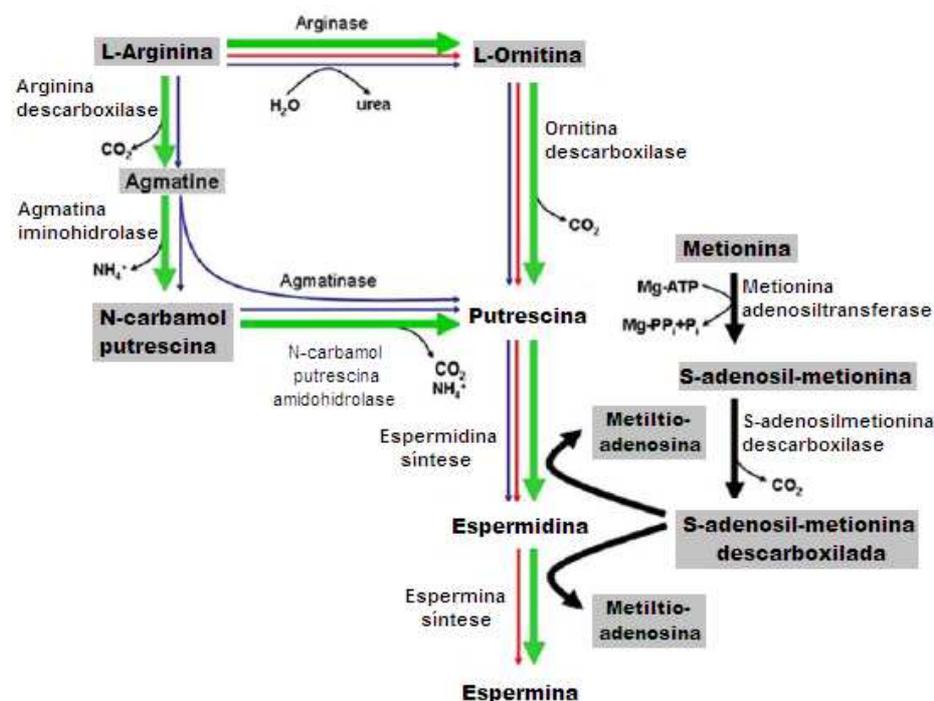


Figura 1 Biossíntese de poliaminas

A formação de aminas nos alimentos depende da disponibilidade de aminoácidos livres, da presença de microrganismos com atividade descarboxilante sobre aminoácidos, da existência de condições favoráveis para o crescimento de microrganismos e para produção e ação de enzimas descarboxilante. Os aminoácidos livres podem ocorrer normalmente ou serem liberados de proteínas, como resultado da atividade de microrganismos proteolíticos (RICE; EITENMILLER; KOEHLER, 1976). Microrganismos com

atividade descarboxilante sobre os aminoácidos podem fazer parte da microbiota associada ao alimento, podem ser introduzidos nos produtos fermentados, ou ainda por contaminação antes, durante ou depois do processamento (HALÁSZ et al., 1994).

Fatores como temperatura, pH do meio, tensão de oxigênio, presença de vitaminas e coenzimas, concentração de aminoácidos livres e de carboidratos fermentáveis podem influenciar na produção de aminas pelos microrganismos. Em meio ácido (pH 2,5 a 6,5), a produção de aminas é estimulada como mecanismo de proteção da bactéria (GLÓRIA, 2005), devido ao fato de que altas concentrações do íon H^+ tornam-se prejudiciais ao microrganismo fazendo com que esse sintetize as enzimas descarboxilases (SILLA-SANTOS, 1996). Com relação à temperatura, as descarboxilases são mais ativas em temperaturas inferiores a 30 °C, acima de 40 °C são inativadas e, na faixa de 0 a 10 °C, a atividade dependerá da microbiota presente (HALÁSZ et al., 1994).

As aminas em alimentos podem estar naturalmente presentes no produto, ou serem formadas por microrganismos adicionados (culturas iniciadoras) ou contaminantes, introduzidos devido às condições higiênico-sanitárias inadequadas. Assim sendo, podem ser utilizadas como parâmetro ou critério de qualidade, refletindo a má qualidade das matérias-primas utilizadas e/ou das condições higiênico-sanitárias durante a fabricação de certos produtos (GLÓRIA, 2005; HALÁSZ et al., 1994; KALAC; ŠVECOVÁ; PELIKÁNOVÁ, 2002).

2.3.6.3 Aminas bioativas em carnes e produtos cárneos

Atualmente os consumidores têm se preocupado mais com a dieta e a saúde, preferindo produtos de alta qualidade, minimamente processados, seguros, etc. Nesse sentido, a indústria de carne está constantemente à procura

de tecnologias emergentes que possam conferir essas qualidades no processamento e preservação desses produtos. Porém, essas tecnologias tradicionais e emergentes também podem ocasionar mudanças nas características dos produtos. Tais modificações podem produzir diferentes compostos, alguns dos quais tóxicos e mutagênicos, com implicações na saúde do consumidor. Existe, todavia, um claro interesse no estudo da toxicidade das amins bioativas, bem como dos fatores determinantes de sua formação no âmbito das condições de processamento e preservação.

As carnes são componentes importantes da dieta humana, sobretudo nos países desenvolvidos. Nos Estados Unidos e na maioria dos países da Europa, a carne é o principal item do total de despesa com alimentação (RUIZ-CAPILLAS; JIMÉNEZ-COLMENERO, 2004). O fato de o principal componente da dieta de diversos países conterem concentrações variadas de substâncias como amins bioativas, as quais, em determinadas circunstâncias, podem colocar os consumidores em risco de intoxicação, certamente merece consideração especial.

A análise de amins bioativas possibilita avaliar o frescor da amostra, em função do processo de degradação enzimática de aminoácidos. As bactérias deterioradoras responsáveis pela formação dessas amins só estão presentes em número elevado no músculo quando já podem ser detectados sinais de deterioração (LAPA-GUIMARÃES, 2005). No entanto, algumas amins podem ser detectadas antes da deterioração, como a cadaverina (RUIZ-CAPILLAS; MORAL, 2001) e a putrescina (BAIXA-NOGUERAS et al., 2002).

Em condições fisiológicas normais, os músculos possuem espermidina, espermina e putrescina em pequenas concentrações, as quais atuam como fatores de crescimento, e ainda histamina armazenada em mastócitos e basófilos (GLÓRIA, 2005; HALÁSZ et al., 1994). As proteínas podem sofrer hidrólise por ação enzimática endógena ou microbiana, liberando aminoácidos, substrato

para a formação de aminas. Além disso, existe a possibilidade dos microrganismos presentes no sistema formarem aminas (VIDAL-CAROU, 1990).

Baixas concentrações de aminas espermidina, espermina, putrescina e cadaverina são encontradas na carne de porco e produto fresco. Entretanto, depois de 48 horas a 20 °C ocorre aumento no teor de putrescina e cadaverina, redução no teor de espermina, enquanto o teor de espermidina permaneceu constante (NAKAMURA et al., 1979).

A presença de putrescina nos alimentos é indesejável, porque ela modifica o aroma e sabor (LEHTONEN, 1996). Os teores de putrescina podem ser considerados como um indicador de frescor e qualidade ou potencializador de deterioração dos alimentos (FRÉBORT; SKOUPA; PEC, 2000; ROKKA et al., 2004).

Do ponto de vista de segurança, a putrescina aumenta os efeitos adversos da histamina, tiramina e feniletilamina, pois interfere com as enzimas que metabolizam essas outras aminas (STRAUB et al., 1995; TEN BRINK et al., 1990).

A produção de aminas em peixes ocorre devido à ação de enzimas descarboxilantes de aminoácidos de origem bacteriana (RODRIGUEZ-JEREZ; MORA-VENTURA; CIVERA, 1994). Os tipos e teores de aminas formadas são afetados pela composição química do peixe, pela microbiota natural e contaminante do peixe e pelas condições de captura, manuseio e armazenamento.

Algumas aminas biogênicas (por exemplo, a putrescina e cadaverina) também são formadas e divididas durante o metabolismo celular normal (BARDÓCZ, 1995) e são, por isso, naturalmente presente no músculo e carne. No entanto, quando uma amina exceder essas concentrações naturais, pode ter alguma outra origem. Assim, a quantidade de aminas biogênicas na carne crua

vai contribuir com aminas biogênicas nos produtos finais. A fim de limitar a presença de aminas, no produto final e, conseqüentemente, assegurar melhor qualidade (RUIZ-CAPILLAS; JIMÉNEZ-COLMERO, 2004), é adequado controlar os níveis de aminas nas matérias-primas.

2.3.6.4 Aspectos toxicológicos das aminas

As aminas biologicamente ativas são constituintes normais de muitos alimentos e geralmente não representam riscos para a saúde dos indivíduos a não ser que a quantidade ingerida seja grande, pois as aminas presentes nos alimentos são rapidamente metabolizadas no organismo por conjugação ou mediante reações de oxidação por aminoxidases (SILVA; GLÓRIA, 2002,). As intoxicações por aminas bioativas podem ocorrer quando essas são ingeridas em grande quantidade, quando substâncias potencializadoras, como álcool e drogas, estão presentes ou quando o mecanismo natural individual de catabolismo de uma ou mais aminas é geneticamente deficiente ou está inibido por agentes farmacológicos, como no caso de indivíduos que fazem uso de medicamentos antidepressivos inibidores do sistema das monoaminoxidases (ÖNAL, 2007; SHALABY, 1996). A intoxicação alimentar mais frequente causada por aminas envolve a histamina, cujos sintomas são: diminuição da pressão sanguínea devido a vasodilatação; rubor da face e pescoço; cefaleia intensa e contínua; palpitação cardíaca; tontura; sensação de ardor na boca e garganta e dificuldade em engolir (SILVA, 1997).

Os surtos de intoxicação por ingestão de alimentos contendo histamina são relatados com maior frequência após consumo de peixes e queijos, porém já foram relatados casos de intoxicação com essa amina após consumo de fígado e moela de frango (VASCONCELOS NETO, 2003). Os efeitos toxicológicos da histamina dependem da concentração ingerida, atividade da aminoxidase e

fisiologia intestinal individual. O efeito tóxico de algumas aminas pode ainda ser potencializadas pela presença concomitante de outras aminas como putrescina, cadaverina, tiramina, triptamina, feniletilamina, espermidina e espermina (LIMA; GLÓRIA 1999). A tiramina é o segundo tipo de amina que apresenta quadros de intoxicações alimentares, com sintomas de: dor de cabeça; febre; vômito; transpiração e aumento da pressão sanguínea (RICE; EITENMILLER; KOEHLER, 1976).

As poliaminas, bem como muitas das aminas biogênicas, não são capazes de causar intoxicações quando ingeridas isoladamente ou em pequenas quantidades. Porém, quando ingeridas em grandes concentrações, ou quando associadas umas às outras, essas aminas podem potencializar efeitos tóxicos individuais ou mesmo exaurir o sistema orgânico natural depurador de aminas, fazendo com que sintomas de intoxicação sejam percebidos. Esse sistema depurador de aminas está naturalmente presente no organismo humano e animal e impede o acúmulo de aminas no organismo, bem como a manifestações de seus efeitos tóxicos (RUIZ-CAPILLAS; JIMÉNEZ-COLMENERO, 2004).

Interações entre aminas e processos de carcinogênese são citadas na literatura. Na fase inicial, as aminas putrescina, cadaverina, agmatina, espermidina e espermina podem também reagir com nitrito sob condições ácidas formando nitrosaminas (SILLA-SANTOS, 1996), associadas com o início de fases tumorais, e, numa fase mais evoluída do processo, as aminas putrescina, espermidina e espermina parecem acelerar o crescimento de tumores (BARDÓCZ, 1995; LIMA; GLÓRIA, 1999).

A determinação da dose tóxica de aminas é difícil de ser estabelecida, pois depende muito das características individuais e da presença de outras aminas. Valores de 10 mg/100 g de alimento e 2 mg/100 g de bebida alcoólica foi sugerido para a amina histamina; de 10 a 80 mg/100 g para tiramina e de 30 mg/100 g para fenietilamina são sugeridas como tóxicas (HALÁSZ et al., 1994).

Em um único artigo encontrado, avaliando aminas bioativas em carne de jacaré, Vicente Neto (2008) verificou que o congelamento, seguido do glazeamento, retardou a produção de espermidina, histamina, agmatina e triptamina, e que o armazenamento da carne de jacaré congelada ou congelada seguida de glazeamento por 6 meses a -18 °C possibilitou a obtenção de carnes com teores de aminas bioativas considerados próprios para o consumo humano.

2.3.6.5 Índices de qualidade baseados nos teores de aminas bioativas

As aminas podem ser empregadas como critério de qualidade (DONHAUSER et al., 1993), pois refletem a qualidade das matérias-primas utilizadas e/ou condições higiênicas da produção, processamento e armazenamento de certos produtos (TAYLOR, 1986; VECIANA-NOGUÉS; MARINÉ-FONT; VIDAL-CAROU, 1997). O aumento nas quantidades de reações de descarboxilases, com o aumento nas taxas de aminas bioativas é também sinônimo de deterioração (HALÁSZ et al., 1994). Uma vantagem do uso das aminas como critério de qualidade reside no fato de ser termo resistente, e permanecer nos alimentos, mesmo após tratamento térmico (LIMA; GLÓRIA, 1999).

O índice de qualidade proposto por Mietz e Karmas (1977), baseado nos teores de aminas bioativas, foi considerado adequado para atum, com boa correlação com os resultados das análises de qualidade. Esse índice consiste na razão entre a soma dos teores de histamina, putrescina e cadaverina e a soma dos teores de espermidina e espermina acrescido de 1. Nesse índice, os resultados entre 0 e 1mg/100g indicariam atum de boa qualidade; entre 1 e 10 mg/100g, atum com limite de aceitação; e >10 mg/100g, produto descartado para o consumo (VALE; GLÓRIA, 1997). Na avaliação da qualidade da carne suína, visto que nesse tipo de carne, ocorrem importantes mudanças nos níveis dessa

amina durante sua deterioração, Hernandez-Jover et al. (1996) sugeriram que os níveis de tiramina também fossem incluídos na fórmula.

Outro índice foi proposto, baseado na soma dos teores de putrescina, cadaverina, histamina e tiramina, por Veciana-Nogués, Mariné-Font e Vidal-Carou (1997). Nesse índice, valores menores do que 5 mg/100g indicariam carne de alta qualidade higiênica (SILVA; GLÓRIA, 2002).

Posteriormente, outro método de avaliação da qualidade de carnes baseado nos teores de aminas bioativas foi proposto por Silva e Glória (2002). Os autores observaram uma correlação linear entre tempos de armazenamento e os resultados encontrados para a razão entre os valores de espermidina e espermina (EPD/EPM), com a vantagem de detectar estágios iniciais de deterioração comparados ao índice de Mietz e Karmas (1977), onde os mesmos sugeriram valores $< 0,45$ mg/100g como produto fresco e $> 0,7$ mg/100g produto deteriorado.

2.4. Processo de deterioração da qualidade de carnes

Na carne, os parâmetros que afetam a sobrevivência e/ou proliferação dos microrganismos são agrupados em 4 categorias: parâmetros intrínsecos; parâmetros extrínsecos; modo de processamento/conservação; e parâmetros implícitos. Qualquer um desses fatores pode influenciar o efeito dos outros (MOSSEL et al., 1995).

Os parâmetros intrínsecos correspondem às propriedades físicas, químicas e estruturais inerentes à própria carne (atividade da água, pH, potencial redox, disponibilidade de nutrientes, e presença de substâncias antimicrobianas naturais). Os parâmetros extrínsecos dizem respeito a fatores do meio ambiente, no qual o alimento é embalado e armazenado (temperatura, umidade e

composição da atmosfera) (BETTS; EVERIS, 2000; NYCHAS; SKANDAMIS, 2005).

O processamento e a conservação representam os tratamentos físicos ou químicos aplicados ao alimento e podem resultar em alterações das suas características, determinando a microflora associada ao produto alimentar (NYCHAS; SKANDAMIS, 2005).

Os parâmetros implícitos são o resultado do desenvolvimento de um microrganismo que pode ter um efeito sinérgico ou antagônico na atividade microbiana de outros presentes no produto alimentar (MOSSEL et al., 1995).

Os efeitos sinérgicos incluem a produção e a disponibilidade de nutrientes essenciais ao crescimento de um determinado grupo de microrganismos, permitindo o desenvolvimento de outros, que de outra forma seriam incapazes de se desenvolver. Do mesmo modo, variações no pH, no potencial redox e na atividade de água (aw) podem impossibilitar o desenvolvimento de microrganismos menos tolerantes a esses fatores inibitórios, limitando a deterioração. Os mecanismos antagônicos incluem a competição por nutrientes essenciais, variações de pH ou do potencial redox ou ainda a formação de substâncias antimicrobianas, as quais podem afetar negativamente a sobrevivência e/ou o desenvolvimento de outros microrganismos (ABEE; KROCKEL; HILL, 1995; SIGNORINI; PONCE-ALQUICIRA; GUERRERO-LEGARRETA, 2003).

Carnes frescas e processadas são produtos com alto valor agregado, que requerem sistemas de embalagem, distribuição e condições de estocagem, no momento da venda, capazes de garantir ao consumidor final segurança e satisfação sensorial. Nesses produtos, a perda de qualidade ocorre devido ao crescimento microbiano, descoloração, rancificação e desidratação superficial. Por outro lado, o prolongamento da vida útil é possível pela proteção adequada do produto contra fatores do ambiente, tais como ausência de oxigênio, luz,

umidade externa e contaminação microbiológica durante o processamento, embalagem e distribuição (FORSYTHE, 2002; OLIVEIRA et al., 2006; PEREIRA et al., 2006).

A ação microbiana é o principal fator de deterioração da qualidade de carnes, seguido pela oxidação lipídica. A oxidação lipídica, além de alterar odor e sabor, está relacionada também com a oxidação dos pigmentos da carne, provocando perda de cor. Alguns fatores afetam o processo de oxidação, entre eles fatores ambientais (umidade, temperatura, luz e oxigênio), presença de metais (cobre, ferro e manganês), enzimas e pigmentos (PINO, 2005; SOUZA; ARTHUR; CANNIATTI-BRAZACA, 2007).

A carne, por se tratar de um produto fundamentalmente proteico, também é susceptível à formação de amins bioativas, por ação enzimática ou microbiana nas proteínas, que podem provocar diversas alterações de saúde no consumidor. As proteínas podem sofrer hidrólise por ação enzimática endógena ou microbiana, liberando aminoácidos, substrato para formação de amins. Além da carne e dos produtos cárneos deteriorarem com relativa facilidade, existe a possibilidade dos microrganismos presentes formarem amins (GLÓRIA, 2005; VIDAL-CAROU, 1990).

2.5 Uso do frio na preservação da qualidade de carne

A estocagem da carne em cavernas naturais onde a temperatura era relativamente baixa mesmo nas estações quentes do ano (PRÄNDL et al., 1994) foi uma das formas iniciais de refrigerar a carne. Já as câmaras frias em escala comercial com base na refrigeração mecânica começaram a ser usados nos últimos cem anos (LAWRIE, 2005).

A preservação da carne é essencial para viabilizar a sua comercialização, envolvendo aplicação de métodos que retardam ou impedem a ocorrência de

alterações na carne, inadequados para o consumo ou que diminuem a sua qualidade. A deterioração da carne poderá ocorrer por processos microbiológicos, químicos e físicos.

Os métodos de conservação por processos físicos e químicos ou ambos utilizados simultaneamente podem controlar adequadamente na carne a atividade enzimática e microbiológica responsáveis pela deterioração. O uso do frio oferece muitas vantagens para a indústria, tais como: um prolongamento na vida de prateleira com a mínima modificação nas características sensoriais e valor nutritivo dos alimentos, amplo uso, custos medianos e segurança alimentar (GAVA, 1984; ORDÓÑEZ, 2005).

O princípio da utilização de baixas temperaturas é o retardamento da atividade microbiana, bem como das reações químicas e enzimáticas que causam as alterações de decomposição; a velocidade de tais alterações é diretamente proporcional à temperatura utilizada para a conservação e, normalmente, a relação tempo/temperatura para a conservação não é linear e variam para as diferentes reações e formas de obtenção da matéria-prima (ORDÓÑEZ, 2005).

A eficiência das câmaras de resfriamento sempre mereceu atenção nos frigoríficos, pela necessidade de acelerar o processamento e inibir o crescimento microbiano (HEINEMANN et al., 2002).

A maioria dos processos de resfriamento da carcaça após o abate dos animais domésticos é empregada para melhorar a segurança do alimento, maximizar a vida útil e reduzir fatores como encurtamento das fibras musculares que afetam a maciez e coloração da carne (SAVELL; MUELLER; BAIRD, 2005).

O resfriamento *post mortem* é um período importante na microestrutura e posteriores características da carne (maciez, capacidade de retenção de água, e cor). No desenvolvimento do *rigor mortis*, a temperatura e o pH das carcaças diminuem gradativamente, de forma que podem ser utilizados como parâmetros

para monitorar a qualidade de carnes. A velocidade de instalação do *rigor mortis* é controlada pelo pH e temperatura do músculo.

As temperaturas elevadas (40 °C) aceleram as reações químicas durante o *rigor mortis*, diminuindo o pH, enquanto as baixas temperaturas retardam esse decréscimo, sendo necessário maior tempo para atingir valor de pH de 5,8 (SILVA; PATARATA; MARTINS, 1999). Dessa forma, a perda de calor do músculo durante o *rigor mortis* deve ser controlada, pois uma redução muito brusca minimiza a desnaturação proteica, inibe o crescimento de microrganismos, porém, quando é rápida demais ocasiona o encurtamento pelo frio (“*cold shortening*”) e, quando o congelamento ocorre antes da resolução desse processo, ocorre o encurtamento no descongelamento ou “*thaw rigor*” (PEARSON; DUTSON, 1995).

O binômio tempo/temperatura a ser empregada depende do tipo de produto, do tempo em que se pretende conservá-lo e da técnica a ser utilizada, associada a outros fatores condicionantes da atmosfera (PRÄNDL et al., 1994). Contudo, o processo de resfriamento deve ocorrer de maneira adequada com controle de temperatura, umidade relativa, circulação e velocidade do ar (PARDI et al., 2001).

No processo convencional, no pós-abate de jacaré, as carcaças são conduzidas à câmara de resfriamento com temperatura de - 5°C por 24 horas. Após esse período procede-se a desossa e a realização dos cortes comerciais, que são posteriormente embalados, identificados e estocados em túnel de congelamento.

Segundo Ordóñez (2005) a vida útil da carne refrigerada em anaerobiose não é muito longa e depende da taxa bacteriana original e de diversos fatores intrínsecos e extrínsecos, como: temperatura de armazenamento, pH, tensão de oxigênio e potencial redox. Normalmente, quanto maior a temperatura de armazenamento, menor será a vida útil. Sob temperaturas de refrigeração, a vida

útil é de três semanas se a temperatura de armazenamento for de 0 °C, e reduz-se a duas semanas se a carne é mantida a 5 °C. Acima desses valores, a alteração é muito rápida (menos de uma semana).

O prazo de vida comercial das carnes refrigeradas deverá atingir o seu tempo máximo de duração se a carne tiver sido obtida nas melhores condições de higiene e técnica, em que se procurou reduzir ao máximo a contaminação inicial e, a seguir, foi mantida em condições ótimas de refrigeração. O mesmo autor conclui que as carnes que obtidas e mantidas a temperaturas saturadas em torno de 0 °C ou mais ou menos a 1 °C, elas alteram seu equilíbrio físico-químico ou a constituição da fibra muscular (estrutura) e sua textura (PARDI et al., 2001).

O maior ou menor tempo de conservação de um produto quer seja resfriado ou congelado, depende diretamente do tipo de embalagem, temperatura e das condições iniciais do produto. Quanto menor a temperatura de resfriamento ou congelamento e armazenagem, maior será o tempo de conservação ou a vida de prateleira da carne (FELÍCIO, 1993).

Embora a demanda por produtos cárneos cozidos ou minimamente processados seja crescente, esses produtos são comercializados congelados, porém essa é uma técnica com custo elevado e instável quanto à segurança microbiológica. Além disso, o congelamento afeta a textura dos produtos e não elimina possíveis patógenos. Uma alternativa é estocar esses produtos em estado refrigerado. Porém, a manutenção por refrigeração é válida para poucos dias, e a vida de prateleira dos produtos é um fator limitante da área de consumo (SOUZA; ARTHUR; CANNIATTI-BRAZACA, 2007).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Animais (material experimental)

Neste estudo foram utilizados filés da cauda (músculo *ilio-ischio-caudalis*) oriundos de carcaças de 55 jacarés do pantanal, sendo considerada unidade experimental o par de filé de cauda de cada um dos animais.

Os animais de ambos os sexos, idade de 24 meses e peso vivo médio de 3,8 kg ao abate, foram provenientes de um zocriadouro, localizado no município de Cáceres – Estado de Mato Grosso – Brasil, registrado no IBAMA-MT, sob no 1/51/92/0197-0. Os animais foram criados em sistema intensivo em tanques de alvenaria de 12 m², com densidade de 3 animais por metro quadrado, alimentados com ração de vísceras bovinas crua, fornecida três vezes por semana. A ração dos animais foi fabricada com vísceras de bovino 50% de baço, 30% de pulmão e 20% de premix vitamínico e mineral. O premix por sua vez era composto de 15% de farinha de carne e ossos, 36% de farinha de sangue, 10% de núcleo vitamínico e mineral, 8% de calcáreo e 31% de farelo de arroz.

Os animais foram abatidos de acordo com as normas do Ministério da Agricultura para abatedouro com Inspeção Sanitária Federal (SIF 2452) específica para abate de jacaré, localizado na cidade de Cáceres. Os animais, no pré-abate, foram submetidos a jejum sólido por 48 horas em tanques de alvenaria com água clorada, seguido de lavagem superficial do corpo, encaminhado às instalações de abate (sala de matança) e insensibilizados com pistola de dardo cativo, disparado na região cranial. As operações de abate foram constituídas por sangria, desmedulização, esfola, evisceração, lavagem da carcaça e resfriamento em câmara à temperatura de 2 °C por 24 horas.

A desossa foi realizada às 24 horas *post mortem* e duas peças do corte filé de cauda foram retirados da carcaça de cada animal. Os filés de cauda foram

padronizados para apresentarem peso médio de 1,0 kg e foram acondicionados em embalagem (poliamida, com barreira a O₂, tamanho 20x30 cm) a vácuo. As peças embaladas foram conservadas em câmara fria (4 °C) por 30 dias.

As amostras para as análises experimentais, nos tempos 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27 e 30 dias, foram coletadas aleatoriamente. Em cada tempo experimental foram coletados simultaneamente um par de filés de cauda de cinco diferentes animais, sendo que um filé foi usado para as análises físico-químicas, e o outro congelado em nitrogênio líquido (-196 °C) para as determinações dos teores de aminos bioativas.

3.2 Análises laboratoriais

As análises laboratoriais com excessão de aminos bioativas foram realizadas no Laboratório de Carnes e Pescado do Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA), da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais – MG.

3.2.1 Composição centesimal

As análises de umidade, gordura, proteína e cinzas da carne de jacaré-do-pantanal foram realizadas em triplicata usando os procedimentos da *Association of Official Analytical Chemists* - AOAC (1995). A proteína foi quantificada por microKjeldahl (6.25 x N), utilizando bloco digestor TE 007d e destilador de nitrogênio TE 036/1 (Tecnal, Piracicaba, Brasil). A gordura foi determinada por *Soxhlet*, com auxílio do extrator *Soxhlet* TE 044-81/50 (Tecnal, Piracicaba, Brasil). A umidade foi determinada em estufa TE 394/2 (Tecnal, Piracicaba, Brasil) com temperatura de 105 °C até obtenção de peso constante da amostra. A determinação do resíduo mineral fixo (cinzas) das amostras foi

realizada por carbonização e incineração dessas em mufla M15-200-3 (Fornos Magnus Ltda., Belo Horizonte, Brasil) usando temperatura de 550 °C. A determinação da umidade foi realizada em cada um dos tempos de armazenamento e as demais análises da composição centesimal foram realizadas em 10 amostras, oriunda de 10 diferentes animais, coletadas nos tempos 0 e 3 dias de estocagem das amostras sob refrigeração.

3.2.2 Determinação de pH

Os valores de pH das amostras foram medidos por meio da inserção de eletrodo (Digimed M DM20), acoplado a um potenciômetro digital portátil, em cinco diferentes pontos de cada amostra, em cada um dos tempo de armazenamento.

3.2.3 Perda de peso por cozimento (PPC)

A perda de peso por cozimento, realizada em triplicata, foi determinada conforme descrição de *American Meat Science Association - AMSA* (1978). As amostras identificadas foram pesadas em balança semianalítica (Hobart-Dayton M 14239), embaladas em papel alumínio e cozidas em chapa pré-aquecida a 150 °C até atingirem uma temperatura interna de 72 ± 2 °C. Após o cozimento as amostras foram resfriadas em temperatura ambiente e novamente pesadas. A diferença entre peso inicial e final das amostras correspondeu à perda de peso por cozimento e expresso em termos percentuais.

3.2.4 Força de cisalhamento (FC)

As amostras, após a análise de perda de peso por cozimento, foram utilizadas para a análise de força de cisalhamento. De cada amostra foram retiradas, com auxílio de faca, três subamostras com tamanho homogêneo de 1x1 cm de aresta e aproximadamente 5 cm de comprimento. A força de cisalhamento foi registrada paralelamente às fibras musculares em texturômetro TA.XT2i (*Texture Analysis Stable Micro System Inc., Surrey, England*), acoplado a uma sonda *Warner-Bratzler*, com lâmina de aço de 1,016 mm de espessura, fenda triangular (em forma de V invertido) com ângulo de 60° em sua base, e os resultados expressos em quilograma força (kgf). A força necessária para “cisalhar” a amostra foi registrada a partir da incisão perpendicular da lâmina sobre a posição longitudinal das fibras musculares da subamostra realizadas com a velocidade de 3,3 mm/s.

3.2.5 Oxidação lipídica

A oxidação lipídica foi estimada pelo índice de TBARS, analisado em triplicata, segundo metodologia descrita por Raharjo, Sofos e Schmidt (1992), com modificações. Foram pesados 10 g de amostra, misturados a 40 mL de ácido tricloroacético a 5% e 1 mL de 2,6-Di-tert-butyl-4 methylphenol (BHT) a 0,15 % em álcool etílico, após a homogenização, filtrado em papel de filtro. O filtrado foi completado para um volume total de 50 mL com ácido tricloroacético a 5%. Da solução obtida, pipetou-se 2 mL e adicionou-se 2 mL de ácido tiobarbitúrico 0,08 M em tubo de ensaio. Após a pipetagem, aquecido em banho-maria fervente por 5 minutos. Depois de resfriado à temperatura ambiente, uma alíquota foi utilizada para leitura da absorbância em espectrofotômetro a 531 nm (*Varian CARY / 50 Prob UV visible*). Os valores foram expressos em

miligramas de aldeído molônico por quilograma de amostra, por meio do seguinte cálculo: valor da absorvância lida x 7,38 (conforme curva analítica).

3.2.6 Cor objetiva

A avaliação da cor foi realizada com espectrofotômetro CM-5 (Konica, Minolta Sensing Inc., Osaka, Japan), utilizando ângulo do observador de 10°, iluminante D65, e sistema CIELAB, com luz especular excluída. As médias das coordenadas de luminosidade (L^*), índice de vermelho (a^*) e índice de amarelo (b^*) foram obtidas de cinco leituras realizadas em diferentes pontos na superfície da amostra. Com os valores L^* , a^* e b^* foram calculados automaticamente pelo aparelho os índices de saturação (C^*) e ângulo de tonalidade (h^*), com as fórmulas: $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$; e $h^* = \tan^{-1} (b^*/a^*)$.

3.2.7 Aminas bioativas

As análises de aminas bioativas foram realizadas no laboratório de Bioquímica de Alimentos da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais – MG.

Os padrões cromatográficos utilizados de aminas putrescina (PUT), triidrocloreto de espermidina (EPD), tetraidrocloreto de espermina (EPM), sulfato de agmatina (AGM), diidrocloreto de cadaverina (CAD), triptamina (TRI), cloridrato de 5-hidroxitriptamina ou serotonina (SRT), diidrocloreto de histamina (HIM), diidrocloreto de tiramina (TIM) e diidrocloreto de 2-feniletilamina (FEM) apresentaram um grau de pureza de 99,99%.

As aminas foram pesadas considerando o peso da base livre e dissolvidas em ácido clorídrico 0,1 N, sendo a solução individual de cada amina (1 mg/mL) preparada em balão volumétrico de 10 mL. Em seguida, 1 mL de

solução de cada amina foi transferida para balão volumétrico de 10 mL, formando uma solução contendo 100 µg/mL, de cada uma das 10 aminas. Dessa solução, foi pipetado 1 mL, que foi diluído para 10 mL com HCl 0,1 N, formando uma solução com concentração de 10 µg/mL. As soluções foram armazenadas em frasco de polietileno e mantidas sob refrigeração.

A extração das aminas das amostras foi realizada adicionando-se 20 mL de ácido tricloroacético 5g/100 mL em 5g do tecido. As amostras foram agitadas por 5 minutos em vortex e centrifugadas a 10.000 rpm a 4° C por 21 minutos. Em seguida as amostras foram filtradas em papel filtro qualitativo. Os extratos obtidos foram filtrados em membrana HAWP de 13 mm de diâmetro e 0,45 µm de tamanho do poro e injetados no cromatógrafo líquido. As aminas foram separadas por HPLC por iônico em coluna de fase reversa e fluorimetricamente quantificadas depois de derivação pós-coluna com orto-ftalaldeído (OPA), conforme metodologia proposta por Vale e Glória (1997).

O sistema de cromatografia líquida de alta eficiência é formado pelo cromatógrafo Shimadzu modelo LC-10 AD, com câmara de mistura à baixa pressão; conjunto de lavagem automática de pistão; injetor automático modelo LC-10 AD *Shimadzu* (Kioto, Japão); detector espectrofluorimétrico modelo RF-551 *Shimadzu* (Kioto, Japão) a 340 e 445 nm de excitação e emissão, respectivamente; e uma unidade de controle CBM-10 AD, conectado a um PC (Pentium).

Um sistema de derivação pós-coluna foi montado com uma câmara de mistura (volume morto igual a zero), instalado entre a saída da coluna e o detector. Um tubo de teflon (sob abrigo da luz) de 2 m de comprimento e 0,25 mm de diâmetro foi conectado entre a câmara de mistura e o detector. Uma bomba LC-10 AD *Shimadzu* (Kioto, Japão) bombeou a solução derivante à câmara de mistura a um fluxo de 0,4 mL/min (VALE; GLÓRIA, 1997).

Nesse processo foi utilizada coluna cromatográfica μ Bondapak C18 de 3,9 x 300 mm, 10 μ m (Waters, Miliford, MA, EUA), pré-coluna μ Bondapak C18 (Waters) e sistema gradiente de eluição em ambiente com temperatura controlada ($21^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$). A fase móvel foi constituída de dois solventes: A – tampão acetato 0,2 M contendo octanosulfonato de sódio 15 mM e pH ajustado para 4,9 com ácido acético e B – acetonitrila. As fases foram filtradas em membranas (47 mm de diâmetro e 0,45 μ m de tamanho de poro) tipo HAWP para solvente aquoso e HVWP para solvente orgânico (Milipore Corp. Milford, MA, EUA). O fluxo utilizado foi de 0,6 mL/min e o gradiente de eluição dos solventes foi 0,01 min a 11% de B, 19 min a 30%, 24 min a 11%, 45 min a 11% e término a 50 min.

A solução derivante foi preparada com 25 g de ácido bórico e 22 g de hidróxido de potássio dissolvido em 500 mL de água ultrapura, e pH ajustado para 10,5 com hidróxido de potássio. Nessa solução foi adicionado 1,5 mL de Brij-35, 1,5 mL de mercaptoetanol e 0,2 g de oftalaldeído dissolvido em 3 mL de metanol, conforme descrito por Vale e Glória (1997). A solução derivante foi preparada diariamente e mantida sob abrigo da luz.

As aminas bioativas foram identificadas pelo tempo de retenção comparando como os dos padrões e confirmado pela adição da amina suspeita à amostra. O conteúdo de aminas foi calculado por meio de padrão externo na concentração de 4,0 $\mu\text{g/mL}$ contendo 10 aminas bioativas.

A partir dos teores de aminas bioativas foram calculados os valores para os índices de qualidade proposto por Mietz e Karmas (1977); Veciana-Nogués, Mariné-Font e Vidal-Carou (1997); Silva e Glória (2002) e Vicente Neto (2008) conforme as fórmulas:

$$\text{a) Índice Mietz \& Karmas} = (\text{putrescina} + \text{cadaverina} + \text{histamina}) / (1 + \text{espermina} + \text{espermidina});$$

- b) Índice Veciana-Nogués = putrescina + cadaverina + histamina + tiramina;
- c) Índice Silva & Glória = espermidina / espermina;
- d) Índice Vicente Neto = (histamina + triptamina + agmatina) / (1 + espermidina + espermina).

3.3. Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, avaliando os efeitos nos diferentes parâmetros ao longo do tempo, não sendo considerada uma medida repetida, uma vez que foram utilizadas diferentes animais (amostras independentes) em cada tempo considerado. As amostras foram comparadas nos tempos 0; 3; 6; 9; 12; 15; 18; 21; 24; 27 e 30 dias de conservação, com base na média de 5 repetições para cada tempo (dia), utilizando-se 55 unidades experimentais (corte filé da cauda, *M. ilio-ischio-caudalis*).

Os dados foram analisados no programa Proc GLM do pacote estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 2004), com comparação múltipla de médias através do teste de Tukey ($P \leq 0,05$). O modelo utilizado:

$$Y_i = \mu + T_j + e$$

Onde: μ = média; T_j = efeito de tempo – dias de armazenamento ($j = 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27$ e 30); e = erro experimental, assumido como independente, com distribuição normal, média zero e variância σ^2 .

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Composição centesimal e pH

As amostras de filés de cauda utilizados apresentaram na fase inicial de estocagem (0 e 3 dias) médias de $75,67 \pm 0,5$ de umidade, $23,15 \pm 0,6$ de proteína, $0,62 \pm 0,03$ de extrato etéreo e $0,69 \pm 0,04\%$ de cinzas (média \pm desvio padrão, expressos como % da matéria natural). Esses valores estão entre os valores descritos na literatura para filés de cauda de *Caiman yacare* com pesos entre 2 a 20 kg (RODRIGUES et al., 2007; ROMANELLI, 1995; VICENTE NETO et al., 2006).

Entre as médias de pH obtidas ao longo de 30 dias houve uma acentuada queda nos valores médios (0,43 unidades), em relação a amostra inicial que apresentou pH de 5,62 (Figura 2). Os valores de pH na fase inicial apresentaram valores considerados normais para *Caiman yacare* cujo processo de *rigor mortis* inicia com valores entre 6,6-6,7, atingindo média de 6,0 em 15-20 horas, e valores de 5,5-5,7 em 36-48 horas (ROMANELLI, 1995; TABOGA et al., 2003; VICENTE NETO et al., 2005; VIEIRA et al., 2012).

A acidificação verificada ao longo do período experimental pode ser decorrente da ação natural da microbiota presente nesse sistema. Em geral, carnes mantidas em refrigeração a 2°C por 21 dias mostram queda nos valores de pH e aumento na contagem de bactérias ácido lácticas de 3,58 para 8,36 log₁₀ UFC/g em carne bovina moída (SALLAMA; SAMEJIMA, 2004).

Tecnologicamente, a acidificação da carne no *post mortem* está relacionada com a vida de prateleira da carne, pois valores de pH abaixo de 5,6 representam uma proteção do meio contra o desenvolvimento bacteriano e especificamente bactérias proteolíticas (FORREST et al., 1979; PRÄNDL et al., 1994).

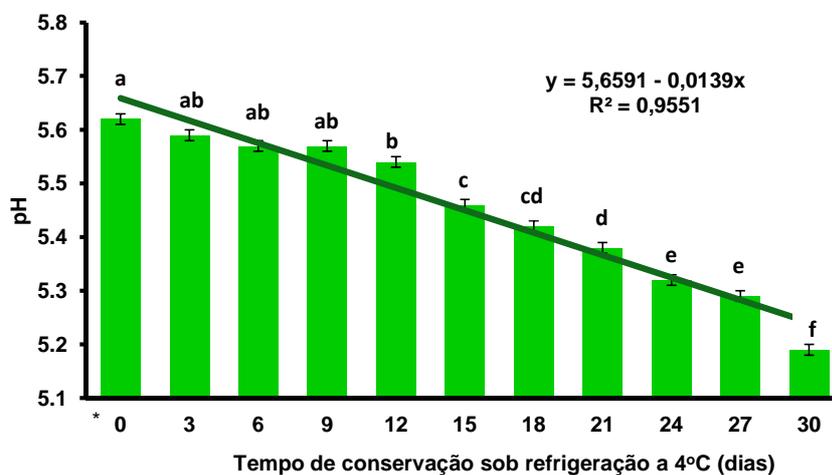


Figura 2 Valores médios de pH em filés de cauda de jacaré-do-pantanal (*Caiman yacare*) embalados à vacuo. *Dia 0 = 24 horas *pós-mortem*. Médias com diferentes letras acima apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$)

Nos dados de umidade, houve uma perda média de 1,25; 1,61; e 2,58% aos 18, 27 e 30 dias, respectivamente comparada com a umidade encontrada ao primeiro dia (Figura 3). Considerando que o filme de embalagem é impermeável a gases e a umidade, a perda de água ocorreu no momento da abertura da embalagem, devido a purga. Essa perda na umidade pode ser devida à atividade proteolítica causada por endopeptidases da própria carne ou por enzimas produzidas pelos microrganismos (NISHI, 2008), os quais promovem uma baixa capacidade de retenção de água, por perdas estruturais, que são responsáveis por grande parte da água associada ao músculo, levando à progressiva perda de peso durante o período de estocagem.

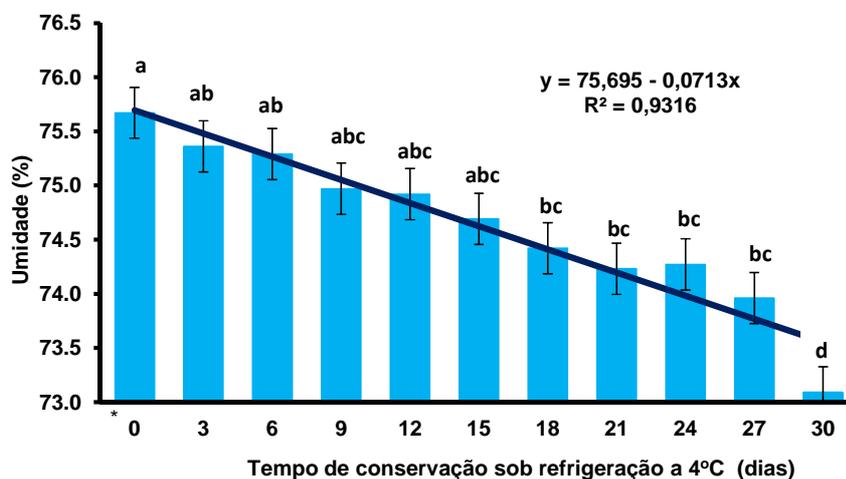


Figura 3 Valores médios de umidade (%) em filés de cauda de jacaré-do-pantanal (*Caiman yacare*) embalados à vacuo. *Dia 0 = 24 horas *pós-mortem*. Médias com diferentes letras acima apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$)

Por outro lado, nessas amostras, houve também uma redução no pH para valores próximos ao ponto isoelétrico das proteínas da carne. As mudanças na carga líquida da estrutura da proteína devidas ao pH da carne afetam a retenção de água, cujos valores mínimos são observados em pH 5,0 (ponto isoelétrico médio de proteínas da carne) e apresenta um aumento constante na capacidade de retenção de água de carnes *in natura* em valores de pH entre 6,4 e 7,2 (PUOLANNE; HALONEN, 2010).

4.2 Perda de peso por cozimento e força de cisalhamento

Ao longo do período experimental não foram detectadas diferenças significativas ($P=0,68$) na perda de peso por cozimento (PPC), que variaram de 34,96 a 36,11 % nos diferentes tempos de armazenamento avaliados, com média geral de 35,52 % nos filés oriundos destes animais abatidos com 24 meses de

idade, com resultado semelhante ao estudo de Vicente Neto et al. (2007) que verificaram 35% em filés de animais abatidos com 26 meses.

Rodrigues et al. (2007) caracterizaram a carne de jacaré-do-pantanal proveniente de zocriadouros, abatidos com o peso entre 2,5 a 3,0 Kg e relataram valores médios de 40,34% de PPC no filé de cauda.

Segundo Forrest et al. (1979) a PPC em animais de açougue pode variar entre valores de 20% e 40% e essas variações, numa mesma espécie, podem ser determinadas pelas diferentes metodologias de cocção (banho-maria ou chapa) (VIEIRA et al., 2007); tempo e temperatura de cozimento (CROSS et al., 1976); preparo da amostra com a retirada ou não de tecidos conjuntivos e depósitos de gorduras (GADDIS et al., 1950), peso e idade dos animais (SCHÖNFELDT et al., 1993). Embora, o aumento da força de cisalhamento ao longo do tempo experimental possa estar associado a uma maior perda de água das amostras, neste trabalho não foi possível averiguar essa relação.

A força de cisalhamento aumentou significativamente ($P < 0.05$) ao longo do tempo de conservação (Figura 4), variando entre 2,307 Kgf 24 horas *post-mortem* (tempo 0) e 4,497 Kgf aos 30 dias de estocagem sob refrigeração.

Os tempos 0 e 3 dias de armazenamento não diferiram entre si, com menores valores de força de cisalhamento. De forma geral verifica-se uma maior maciez nos primeiros dias de armazenamento, com gradual aumento de força de cisalhamento após 6 e 15. Permitindo-nos inferir que com o tempo de estocagem a carne de jacaré-do-pantanal sob refrigeração eleva sua força de cisalhamento devido à perda por exsudação (perda de pequenas quantidades de água) ou a leve acidificação do músculo.

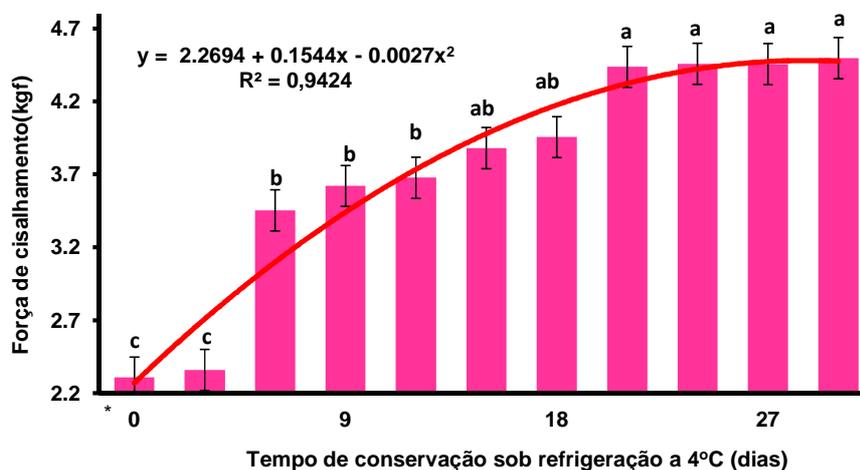


Figura 4 Valores médios de força de cisalhamento em filés de cauda de jacaré-pantanal (*Caiman yacare*) embalados à vácuo. *Dia 0 = 24 horas pós-morte. Médias com diferentes letras acima apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$)

Essa redução na maciez pode estar associada aos fenômenos que também determinaram a maior perda de água nas amostras observadas ao longo do processo de conservação. Na literatura consultada não foram encontrados trabalhos, cujo comportamento das médias de FC seja semelhante aos valores encontrados no presente estudo em cauda de jacaré, ao longo do tempo de conservação em refrigeração.

Em geral, a força de cisalhamento de carnes de mamíferos não mostra esse comportamento, mas ao contrário, em que ocorre a maturação das carnes, com reduções na força de corte em carne bovina (2 a 2,5 kgf em 14 dias) submetidas a temperaturas de 2° C (BRESSAN et al., 2011).

Os resultados de força de cisalhamento obtidos ao 0 e 3 dias de armazenamento estão próximos aos valores 2,29 a 2,50 kgf descritos por Rodrigues et al. (2007) em filé de cauda, 2,29 Kgf a 3,82 Kgf verificados por Vicente Neto et al. (2007) nas carcaças de animais abatidos com 26 meses, e de

acordo com Cossu et al. (2007) que observaram valores médios inferiores a 3 kgf nos filé de cauda.

4.3 Oxidação lipídica

Nos filés de cauda de jacaré, os valores de TBARS aumentaram gradativamente ao longo dos 30 dias de armazenamento (Figura 5), embora com valores inferiores aos valores relatados por Hernandez et al. (2009) em filés de peixe armazenados em condições semelhantes. Possivelmente, os aspectos responsáveis pela baixa variação nos índices de oxidação estejam associados às características intrínsecas do material experimental, tais como: baixas quantidades de extrato etéreo, baixa quantidade de pigmentos heme (ANTON et al. 1993) e as características do material de embalagem adotado no processo (barreira ao oxigênio).

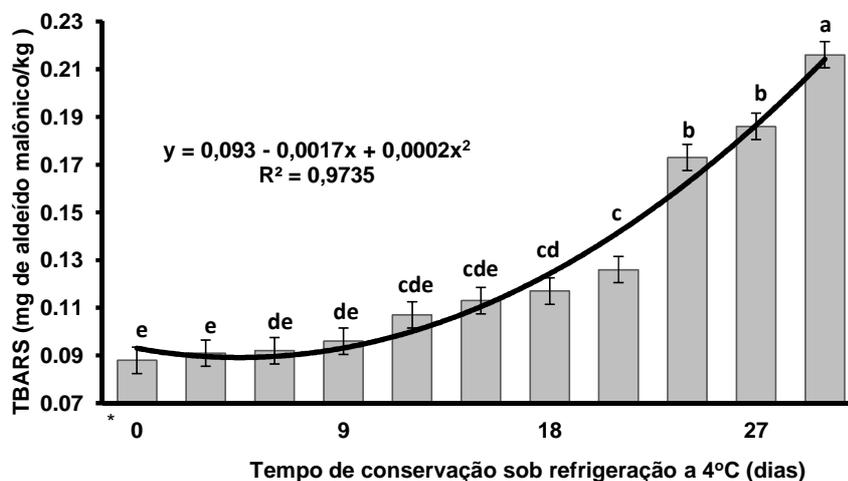


Figura 5 Valores médios de TBARS em filés de cauda de jacaré-do-pantanal (*Caiman yacare*) embalados à vacuo. *Dia 0 = 24 horas pós-mortem. Médias com diferentes letras acima apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$)

Além da composição da gordura, o ranço oxidativo pode ser afetado por outros fatores, tais como a superfície de exposição da peça ao oxigênio do meio. Dessa forma, os filés de pescado são mais expostos ao efeito pró-oxidante do oxigênio do que o peixe inteiro (HERNANDEZ et al., 2009).

A oxidação lipídica depende de fatores tais como espécie, temperatura de armazenamento, composição de gordura, etc. (HERNANDEZ et al., 2009). Em filés de peixe meagre (*Argyrosomus regius*), armazenados a 4 °C por 18 dias, os valores de TBARS foram correlacionados com o tempo de armazenamento ($r=0,96$), aumentando gradualmente a cada dia de estocagem, com valores inicial de 0,10 e final de 2,55 mg de aldeído molônico/kg, com diferenças a partir do dia 7 de armazenamento.

O desenvolvimento de danos lipídicos produzidos durante o armazenamento sob refrigeração (2°C) em carne de salmão (*Oncorhynchus kisutch*) criados em viveiros foi avaliado por Aubourg et al. (2005), onde verificou-se 0,02 mg de aldeído molônico/kg de carne no dia 0 sem diferenças significativas até o dia 17.

Os trabalhos citados anteriormente demonstram alterações devido à oxidação lipídica em carnes conservadas sob refrigeração, embora os experimentos tenham sido realizados com pescado. E, considerando a inexistência de literatura para carne de jacaré-do-pantanal, produzida em zoológico armazenada sob refrigeração ao longo do tempo, tais estudos, indiretamente, conferem suporte a hipóteses apresentadas nesta pesquisa.

De acordo com a literatura, não existem valores de TBARS estabelecidos, que caracterizem a ocorrência de oxidação lipídica ou que definam a inadequação para o consumo de carnes e pescado (PEREIRA; TENUTA FILHO, 2005). Em peixes, Ke, Cervantes e Robles-Martinez (1984) concluíram em seus estudos que valores inferiores a 0,57 mg de aldeído molônico/kg correspondem a um nível insignificante de rancidez, valores entre

0,65 e 1,44 correspondem a uma rancidez leve à moderada e valores superiores a 1,51 a uma rancidez excessiva.

A legislação Brasileira vigente não apresenta limite máximo para aldeído molônico/kg em produtos cárneos. Entretanto, Al-Kahtani, Abu-Tarboush e Bajaber (1996) indicam que para pescado, valores abaixo de 3,0 mg de aldeído molônico/kg de amostra são considerados em bom estado de conservação. E Kelleher, Hultin e Wilhelm (1994) definem teores de até 0,43 mg de aldeído molônico/kg com o odor suave (frescor), e entre 0,43 a 0,72 mg de aldeído molônico/kg com o odor de ranço para filé de mackerel.

Como os resultados de TBARS, observados no presente trabalho, foram inferiores a 0,43 mg de aldeído molônico/kg em todas as amostras do filé de cauda, é possível afirmar que as amostras apresentam condições de conservação adequadas para o consumo humano. Os baixos valores de TBARS em todo o período experimental são condizentes com o teor de extrato etéreo na amostra inicial (0,62% de EE na MI) de carne de jacaré, pouco sujeita a alterações oxidativas de lipídeos.

4.4 Cor

Na avaliação objetiva da cor realizada no filé de cauda de jacaré (Tabela 1), observou-se um aumento com diferença significativa do parâmetro L^* após 15 dias de armazenamento em relação à amostra inicial. E após 9 dias de armazenamento, com $L^*=72,96$ não são identificadas diferenças estatísticas até o tempo final de 30 dias de armazenamento onde o $L^*=75,97$. Esse efeito pode ter ocorrido em função da perda de líquidos ao longo dos dias de armazenamento, causando o acúmulo de fluido na superfície do corte da carne, provocando maior reflexão da luz, conforme pode ser observado na Figura 2,

onde a umidade foi reduzida após 15 dias de armazenamento em relação a amostra inicial.

Tabela 1 Médias dos parâmetros de cor objetiva (SCE) avaliados em filés de cauda de jacaré-do-pantanal (*Caiman yacare*) embalados à vacuo e armazenados sob refrigeração a 4°C por 30 dias

Dia	L*	Cor a*	Cor b*	C*	h*
0*	71,48 ^c	3,21 ^b	5,70 ^b	6,57 ^b	60,81 ^{ab}
3	71,84 ^c	3,49 ^b	6,22 ^b	7,14 ^b	61,12 ^{ab}
6	72,22 ^{bc}	4,10 ^{ab}	5,79 ^b	7,11 ^b	54,89 ^b
9	72,96 ^{abc}	3,31 ^b	5,86 ^b	6,75 ^b	61,03 ^{ab}
12	73,87 ^{abc}	3,05 ^b	6,05 ^b	6,79 ^b	63,31 ^a
15	74,61 ^{abc}	5,70 ^a	8,79 ^a	10,49 ^a	57,12 ^{ab}
18	75,36 ^{ab}	5,87 ^a	9,06 ^a	10,83 ^a	57,41 ^{ab}
21	75,54 ^{ab}	5,76 ^a	9,23 ^a	10,89 ^a	58,20 ^{ab}
24	75,49 ^{ab}	4,88 ^{ab}	8,76 ^a	10,06 ^a	61,35 ^{ab}
27	75,41 ^{ab}	4,94 ^{ab}	8,41 ^a	9,80 ^a	60,42 ^{ab}
30	75,97 ^a	4,95 ^{ab}	8,41 ^a	9,78 ^a	59,77 ^{ab}
EPM ¹	0,699	0,438	0,349	0,539	1,494
P Dia ²	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01

*Dia 0 = 24 horas *pós-mortem*; ¹EPM – erro padrão das médias; ²P Dia – probabilidade para efeito de tempo de armazenamento. Médias seguidas de letras diferentes nas colunas apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Canto (2011), com o objetivo de avaliar o efeito da alta pressão hidrostática na variável cor do filé de cauda da carne de jacaré-do-pantanal, verificou no tratamento controle (sem efeito de pressão) um aumento numérico nos valores de L* cuja variação foi de 74,47 no dia 1, e 76,06 aos 45 dias de estocagem em temperatura de 4 °C, e valores médios de 3,54 e 9,94 para os parâmetros a* e b*, respectivamente.

Cossu et al. (2007) avaliando o rendimento de carcaça e características de qualidade da carne de jacarés (*Caiman latirostris* e *Caiman yacare*) de diferentes comprimentos e pesos vivos, constataram que a cauda pode ser qualificada como luminosa (L* = 67,74), pálida (baixo valor do parâmetro de

saturação; C^* = 5,49) e levemente rosa (a^* = 4,68). Os valores de luminosidade e saturação relatados pelos autores são inferiores aos observados neste estudo, e o índice de vermelho bastante próximo ao avaliado ao longo do processo de armazenamento.

Os valores de a^* , b^* e C^* não apresentaram diferenças significativas até 12 dias em relação à amostra inicial, aumentando significativamente após esse período. Esses parâmetros de cor estão caracterizando uma alteração após esse período de estocagem também identificado por outros parâmetros de deterioração avaliados no experimento como teores de TBARS.

Em função dos resultados obtidos no valor médio de a^* a carne de jacaré pode ser classificada como carne branca, com pouca ou nenhuma intensidade de vermelho, uma vez que o valor a^* variou entre 3,05 e 5,87 nos 11 diferentes tempos avaliados.

4.5 Aminas

Não foram detectadas as aminas bioativas serotonina, triptamina e feniletilamina na carne de jacaré mantida sob refrigeração a 4°C durante os 30 dias de armazenamentos.

4.5.1 Cadaverina

Não foi detectada a presença de cadaverina nos tempos iniciais 0, 3 e 6 dias de armazenamento sem diferença estatística entre esses e aos 9 dias de conservação, onde verificou-se um teor médio de 2,20 mg/Kg (Figura 6).

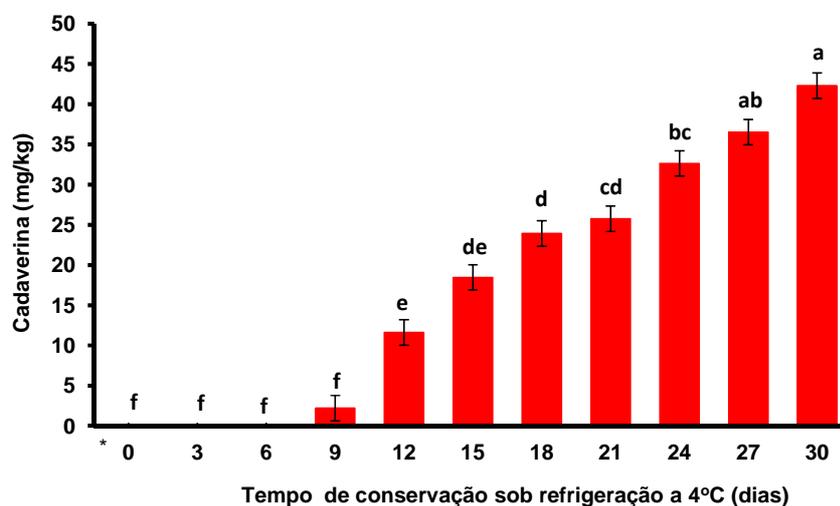


Figura 6 Valores médios da amina cadaverina em filés de cauda de jacaré-do-pantanal (*Caiman yacare*) embalados à vacuo. *Dia 0 = 24 horas *pós-mortem*. Médias com diferentes letras acima apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$)

A baixa quantidade inicial de cadaverina encontrada em peixes frescos tem sido associada com a atividade enzimática endógena antes da morte do animal, mas sua formação durante a estocagem do peixe parece ser resultado apenas da atividade de bactérias lisina-descarboxilase (BAIXAS-NOGUERAS et al., 2002).

Na carne de jacaré, após 12 dias de armazenamento a cadaverina aumentou significativamente em relação à amostra inicial, com aumento dos teores a cada 6 dias de avanço do tempo de conservação, com valores variando entre 11,62 mg/kg nesse tempo e 42,31 mg/kg aos 30 dias (Figura 6).

Embora com outra magnitude a carne de jacaré teve comportamento similar ao observado no ensaio com atum (ANDRADE, 2006) onde a cadaverina apresentou uma quantidade constante entre 14 e 19 dias de armazenamento.

Os fatores como a qualidade higiênico-sanitária e as condições de descongelamento das matérias-primas durante o processamento podem afetar os teores de aminas (BOVER-CID; IZQUIERDO-PULIDO; VIDAL-CAROU, 2000; HERNÁNDEZ-JOVER et al., 1997), constituindo pontos críticos para controle.

Baston e Barna (2010) determinaram o conteúdo inicial de aminas biogênicas de carne de frango crua e sua evolução ao longo do armazenamento refrigerado a 4 °C por 7 dias, e não detectaram cadaverina ou putrescina até o quinto dia de armazenamento e surgimento de cadaverina ocorreu no dia 7 com valores de 2mg/kg. Segundo os autores o aumento do teor de cadaverina e putrescina no peito de frango foi devido à atividade microbiana.

De forma similar Krizek et al. (2011), ao analisar a formação de aminas biogênicas e propriedades sensoriais de três espécies de peixes de água doce (carpa comum - *Cyprinus carpio*, truta-arco-íris - *Oncorhynchus mykiss* e perca (Perca fluviatilis) armazenados a 3°C, verificaram que o conteúdo de cadaverina surgiu a partir do oitavo dia de armazenamento dos filés de peixe de carpa comum - *Cyprinus carpio* e do décimo na truta-arco-íris - *Oncorhynchus mykiss*, com comportamento semelhante ao estudo com a carne de jacaré, entretanto com maiores concentrações.

Andrade (2006), trabalhando com atum (*Thunnus atlanticus*) armazenados à temperatura de 4°C, não verificou presença de cadaverina nas amostras iniciais, e nas amostras após 10 dias de armazenamento foram detectadas entre 20 e 100 mg/Kg dessa amina.

4.5.2 Histamina

Não houve diferença estatística nos teores de histamina entre os tempos 0 e 15 dias de armazenamento (Figura 7) com valores variando entre 1,44 e 2,67

mg/Kg. Entre 18 e 30 dias de armazenamento embora, observa-se aumento numérico nos teores dessa amina com o aumento no tempo de conservação, não são verificadas diferenças estatísticas entre esses, com valor máximo de histamina de 5,58 mg/kg observado no tempo final.

Andrade (2012) avaliou a validade comercial de sardinhas das espécies *Sardinella brasiliensis* e *Cetengraulis edentulus* mantidas sob refrigeração (0+2°C) por 18 dias de estocagem e observou para o conteúdo de histamina, tanto nas amostras de sardinha verdadeira como nas amostras de sardinha boca-torta não ultrapassaram o teor de 1,8 mg/kg durante todo o período de estocagem, possivelmente em função da correta manutenção dos peixes sob-refrigeração.

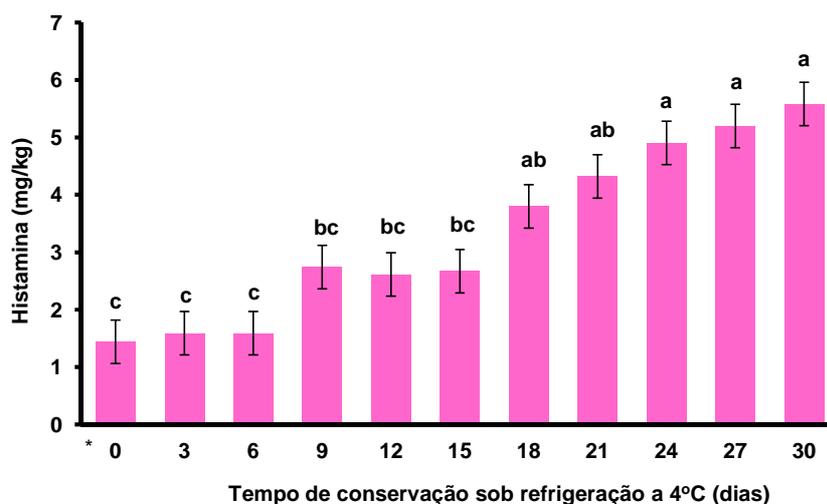


Figura 7 Valores médios da amina histamina em filés de cauda de jacaré-do-pantanal (*Caiman yacare*) embalados à vacuo. *Dia 0 = 24 horas pós-mortem. Médias com diferentes letras acima apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$)

Elevados níveis de histamina no músculo de peixe estão associados à deterioração e podem ser usados como um indicador da qualidade higiênica das

matérias-primas (PACHECO-AGUILAR et al., 1998). Uma vez que o fator mais importante na formação de histamina exógena é a temperatura, a manutenção da carne em toda a cadeia produtiva em temperaturas adequadas evita a produção de histamina.

Segundo Halász et al. (1994), a produção de histamina é controlada em alimentos armazenados até 5°C, devido ao lento crescimento dos microrganismos produtores de histamina à baixa temperatura.

Dessa forma, baixa produção de histamina nos filés de carne de jacaré pode ser justificada por terem sido armazenados em temperaturas adequadas, sendo esse um fator desfavorável para a produção de histamina.

Também Ababouch et al. (1996) consideram a temperatura um fator exógeno de maior importância na formação de histamina. Isso é fundamentado pelos resultados de diversas pesquisas que envolvem o binômio tempo e temperatura de estocagem do pescado, e pela constatação de que a maioria das bactérias produtoras de histamina é mesófila e, aproximadamente, todas da família *Enterobacteriaceae*.

Durante o armazenamento da carne no presente estudo, o pH do músculo obteve abaixo de 5,7. Nenhuma dessas duas condições (temperatura de armazenamento e pH muscular) que prevaleceu durante o armazenamento experimental promoveu ambiente favorável para a formação de altos níveis de histamina.

Com base em diversos autores (BRINK et al., 1990; FDA, 1996; GLÓRIA, 2005; HALÁSZ et al., 1994) e da legislação vigente (BRASIL, 1997) os limites considerados tóxicos de histamina ao organismo humano presentes em alimentos é de 100 mg/kg.

Nas condições experimentais deste estudo, a concentração máxima detectada foi de 5,58 mg/Kg aos 30 dias de armazenamento, bem abaixo do limite considerado tóxico para essa amina. Embora a quantificação da amina ao

longo do tempo seja um bom indicador de segurança alimentar, a histamina pode não ser tão efetiva na avaliação do avanço do processo de deterioração, por apresentar pequenas diferenças quantitativas e redução no percentual total de aminas ao longo do tempo nas amostras de carne de jacaré.

4.5.3 Tiramina

A quantidade de tiramina no filé de cauda aumentou com o tempo de armazenamento (Figura 8), sendo detectado um valor máximo de 38,07 mg/kg com 30 dias de armazenamento.

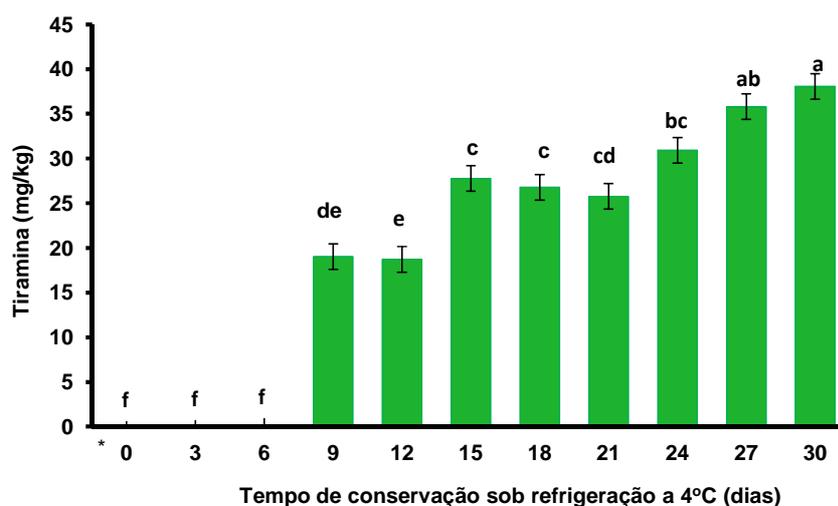


Figura 8 Valores médios da amina tiramina em filés de cauda de jacaré-do-pantanal (*Caiman yacare*) embalados à vacuo. *Dia 0 = 24 horas *pós-mortem*. Médias com diferentes letras acima apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$)

Baston e Barna (2010) avaliando a presença de tiramina em carne de peito de frango crua armazenada em refrigeração a 4°C verificaram um aumento

contínuo dessa amina, de aproximadamente 1 mg/kg de tiramina a cada dia durante a semana de armazenamento. Segundo os autores, esse aumento é devido à ação de descarboxilação por enzimas microbianas.

Até 6 dias de conservação a tiramina estava abaixo do nível detectável (< 0,4 mg/kg), mas com 9 dias de armazenamento essa amina apresentou 19,03 mg/kg, caracterizando o aparecimento nesse tempo de conservação. A quantidade da tiramina entre 15 e 24 dias de armazenamento foi em média 27,81 mg/kg e significativamente maior que os valores detectados inicialmente. E seguindo essa mesma tendência, aumentou as quantidades com o avanço no número de dias de estocagem.

Segundo Nout (1994) como parâmetro de boas práticas de fabricação, níveis de 50-100 ppm de histamina e 100-800 ppm de tiramina são considerados aceitáveis. Os números verificados na carne de jacaré estão bem abaixo desses limites, indicando qualidade no processo como um todo.

4.5.4 Agmatina

Dentre as aminas detectadas no corte filé de cauda de jacaré, a agmatina foi a amina mais tardiamente observada, somente após 18 dias de armazenamento (Figura 9) com valores apenas de 0,42 mg/kg e sem diferença até 27 dias de conservação. Com 30 dias de armazenamento foram observados valores superiores aos tempos intermediários, sendo verificado o maior teor de agmatina detectado no experimento (0,95 mg/kg).

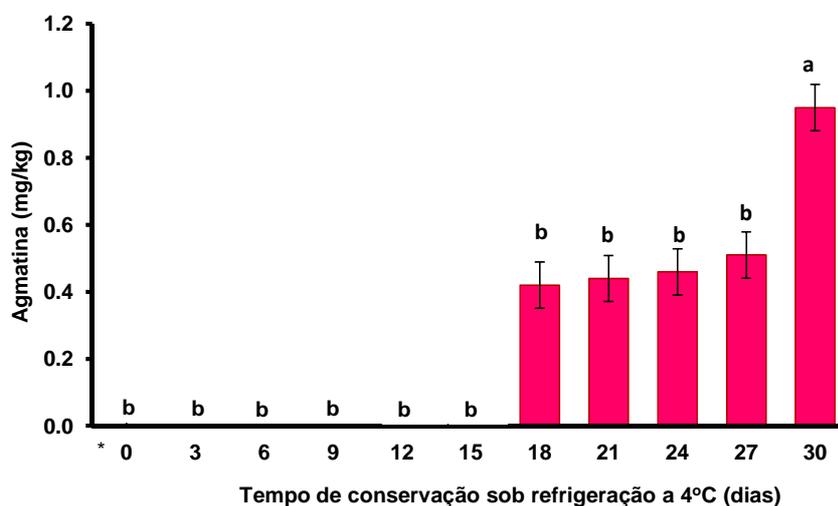


Figura 9 Valores médios da amina agmatina em filés de cauda de jacaré-do-pantanal (*Caiman yacare*) embalados à vacuo. *Dia 0 = 24 horas *pós-mortem*. Médias com diferentes letras acima apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Baixas-Nogueras et al. 2002, avaliando pescada sobre refrigeração (6-8 °C) também não detectaram essa amina no dia 0 e valor médio de 1,17 mg/Kg ao longo dos 29 dias de armazenamento.

Como a agmatina é formada pela descarboxilação de aminoácidos por enzimas microbianas, ou ainda *in situ* nas células à medida que são requeridas (LIMA; GLÓRIA, 1999), os resultados apontam a baixa atividade enzimática endógena presente no tecido cárneo neste estudo, ou formadas durante a fase de processamento (desossa e embalagem).

4.5.5 Putrescina

No corte filé de cauda de jacaré-do-pantanal, a amina putrescina (PUT) apresentou valores abaixo do nível de detecção (< 0,4 mg/kg) nos tempo 0 e 3 dias de conservação, sem diferença estatística entre esses e a amostra conservada

até 6 dias, que apresentou valor de putrescina média na amostras de 0,56 mg/Kg (Figura 10).

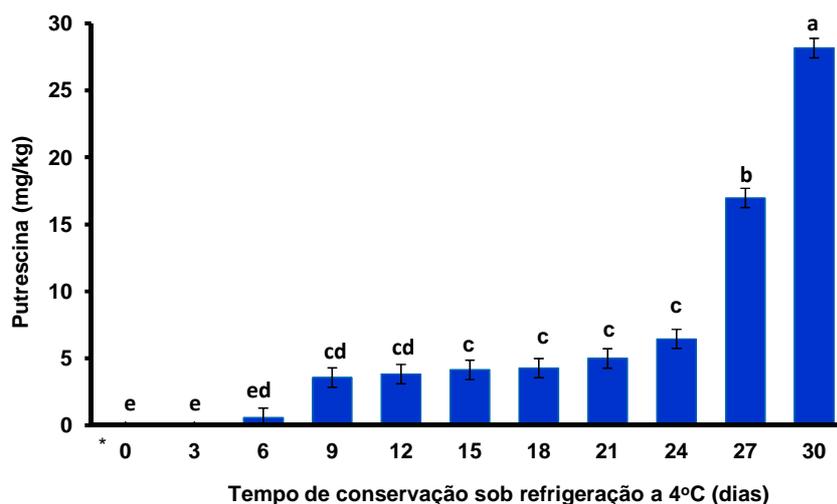


Figura 10 Valores médios da amina putrescina em filés de cauda de jacaré-do-pantanal (*Caiman yacare*) embalados à vacuo. *Dia 0 = 24 horas *pós-mortem*. Médias com diferentes letras acima apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$)

Silva e Glória (2002) ao avaliar peito de frango por 15 dias em condições semelhante ($4 \pm 10C$) também não detectaram putrescina até 10 dias de armazenamento e ao final do período experimental foi verificado 20,4 mg/Kg.

Na carne de jacaré após 9 dias de conservação verificou-se aumento dos valores de putrescina em comparação à amostra inicial, sem diferença entre esse tempo e as amostras avaliadas até 24 dias, demonstrando um lento aumento nas quantidades de putrescina entre esses tempos.

Marcadamente aos 27 dias de armazenamento verifica-se um grande teor dessa amina (16,97 mg/kg) com valor superior aos demais tempos anteriormente avaliados, e com aumento significativo aos 30 dias de conservação com valores

de putrescina atingindo 28,16 mg/kg. Segundo Paulsen e Bauer (1997), durante um armazenamento prolongado de carne conservada a 4°C a amina putrescina pode ser produzida devido à ação de pseudomonas psicotróficas.

Altas concentrações de putrescina nos alimentos estão fortemente correlacionadas com a atividade indesejáveis de bactérias e da enzima aminoácido descarboxilase. Enquanto baixos níveis de putrescina são considerados fisiológicos, sendo essa um precursor de espermidina e espermina, e, conseqüentemente, desempenham um papel metabólico (YOSHIDA, 2004).

Andrade (2012) avaliando a validade comercial de sardinhas das espécies *Sardinella brasiliensis* e *Cetengraulis edentulus*, capturadas no litoral fluminense e mantidas sob refrigeração em gelo (0±2°C) por 18 dias de armazenamento, somente detectou putrescina a partir do 16º dia de estocagem e com valor inferior a 20 mg/kg, mantendo essa concentração até o término do período de estocagem. Comparando os teores da amina putrescina encontrada no presente estudo com os descritos por Andrade (2012), observa-se que os valores máximos observados com 30 dias de armazenamento são semelhantes aos verificados pelo autor.

Krizek et al. (2011) analisando a formação de aminas biogênicas e propriedades sensoriais de três espécies de peixes de água doce (carpa comum - *Cyprinus carpio*, truta-arco-íris - *Oncorhynchus mykiss* e perca (*Perca fluviatilis*) armazenados a 3 °C observou que o conteúdo de putrescina aumentou com o tempo nos filés de peixe, com comportamento semelhante ao presente estudo, entretanto com maiores concentrações que variaram entre 1,5 mg/kg no tempo 0 a 54,7 mg/kg aos 15 dias de conservação.

Em pescada fresca (*Merluccius merluccius* var. *Mediterraneus*), armazenada em temperaturas entre 6-8 °C os teores de putrescina nas amostras conservadas até 6 dias apresentaram valores abaixo de 1,34 mg/kg (BAIXAS-NOGUERAS et al., 2002) com valores semelhantes ao presente estudo onde a

putrescina durante esse período de conservação foi abaixo de 0,56 mg/Kg, entretanto as amostras de pescada durante os 29 dias de conservação sob refrigeração apresentaram no máximo 8,60 mg/kg e na carne de jacaré essa amina atingiu um valor aproximadamente 3 vezes maior aos 30 dias de armazenamento.

Baixos níveis de putrescina em peixe fresco sob refrigeração também foram descritos por Baixas-Nogueras et al. (2001), Ruiz-Capillas e Moral (2001) e Veciana-Nogués et al. (1995) onde a ocorrência dessa amina pode ser considerada como natural ou endógena.

Apesar da legislação nacional não estabelecer limites para essa amina biogênica, é de suma importância sua quantificação, uma vez que essa amina é considerada potencializadora da ação da histamina (LEHANE; OLLEY, 2000; ÖNAL, 2007; SHALABY, 1996), além de indicar perda da qualidade nutricional do alimento. No presente trabalho a ausência de putrescina nos tempos iniciais indicam boas condições das matérias-primas e condições adequadas de estocagem.

4.5.6 Espermidina e espermina

Os teores de espermidina não diferiram entre os tempos avaliados neste experimento, com baixos teores que variaram entre 2,15 e 2,74 mg/kg. Também Silva e Glória (2002) ao avaliar peito de frango armazenados por 15 dias em condição semelhante ($4 \pm 1^{\circ}\text{C}$) observaram que os níveis de espermidina permaneceram constantes durante o período de estocagem.

Resultados semelhantes foram encontrados por Baston et al. (2008) ao avaliarem a variação de nitrogênio altamente hidrolisável, pH e as aminas biogênicas da carne de frango refrigerada durante 20 dias a uma temperatura de

4 ± 1 °C, onde os valores da espermidina ficaram limitadas aproximadamente entre 5 e 6 mg/kg até os 20 dias de armazenamento

Embora não se verifique diferenças nas quantidades de espermidina, percentualmente essa amina reduziu com o avanço no tempo de conservação. Os valores médios nas amostras iniciais, até 6 dias de armazenamento representavam 12,26% da quantidade total de aminas, reduzindo para 5,29% com 9 dias de estocagem e apenas 1,93% de espermidina ao final do período experimental.

De forma geral a espermina teve um comportamento crescente ao longo do período de conservação com valores entre 13,93 e 23,77 mg/kg (Figura 11). Os três tempos iniciais (até 6 dias de armazenamento) apresentaram menores valores dessa amina que os tempos finais (após 24 dias), e entre 9 e 21 dias de conservação foram observados valores intermediários de espermina, sem diferenças estatísticas entre esses período em relação aos tempos iniciais e finais.

Resultados semelhantes foram encontrados por Baston et al. (2008) ao avaliarem aminas biogênicas da carne de frango refrigerada durante 20 dias a uma temperatura de 4 ± 1 ° C. Os autores verificaram que a espermina era a amina predominante nos primeiros 7 dias de armazenamento, com valores mais elevados em comparação com as outras aminas nesta fase inicial e reduziu com o tempo de armazenamento. E alteração nas quantidades de aminas em carne de frango durante o armazenamento sob refrigeração foram verificadas por diversos autores (APOSTOLOS et al., 2006; BALAMATSIA et al., 2007; VINCI; ANTONELLI, 2002).

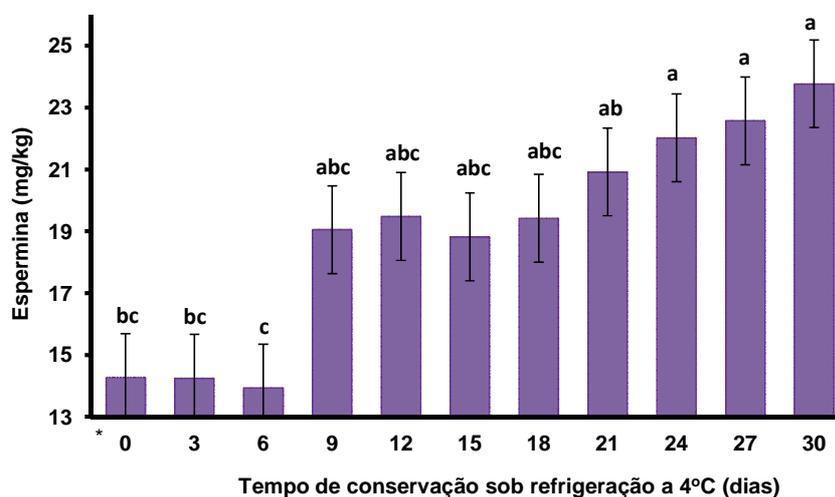


Figura 11 Valores médios da amina espermina em filés de cauda de jacaré-do-pantanal (*Caiman yacare*) embalados à vacuo. *Dia 0 = 24 horas *pós-mortem*. Médias com diferentes letras acima apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$)

4.5.7 Total de aminas e índices

De forma geral, as aminas têm sido utilizadas como índices de qualidade e indicadores da atividade microbiana indesejáveis na carne e produtos cárneos. Uma combinação de putrescina e cadaverina tem sido sugerida como índice de aceitabilidade de carne fresca, uma vez que suas concentrações aumentam antes da deterioração e se correlacionam bem com a carga microbiana (EDWARDS et al., 1985).

Observou-se aumento na quantidade total de aminas com o tempo de estocagem, de forma marcante com 9 dias ou mais dias comparado à amostra inicial (Figura12), com efeito direto do aumento das aminas putrescina, cadaverina e tiramina principalmente após esse tempo de estocagem.

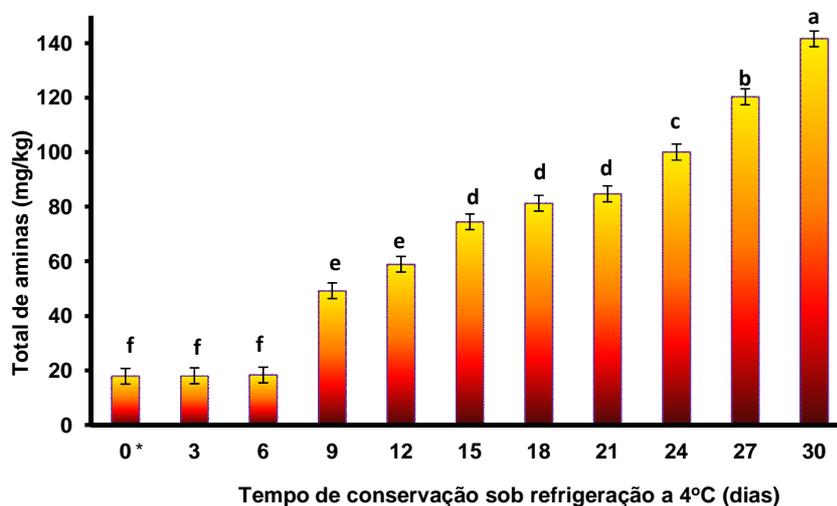


Figura 12 Total de aminas em filés de cauda de jacaré-do-pantanal (*Caiman yacare*) embalados à vacuo. *Dia 0 = 24 horas *pós-mortem*. Médias com diferentes letras acima apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$)

No tempo 0 dias (amostra inicial) observou-se 17,85 mg/kg de aminas, sem diferença estatística até 6 dias de armazenamento, sendo nessa fase a amina espermina a mais expressiva, e não sendo detectadas presença de cadaverina, tiramina, agmatina e baixíssimo nível de putrescina, indicando um inexpressivo efeito de deterioração na fase inicial.

Com relação ao percentual da espermina no total de aminas (Figura 13), verifica-se que essa é altamente expressiva nos tempos iniciais de armazenamento, representando mais de 76,07% até 6 dias de armazenamento, semelhante ao observado por Silva e Glória (2002) avaliando peito de frango.

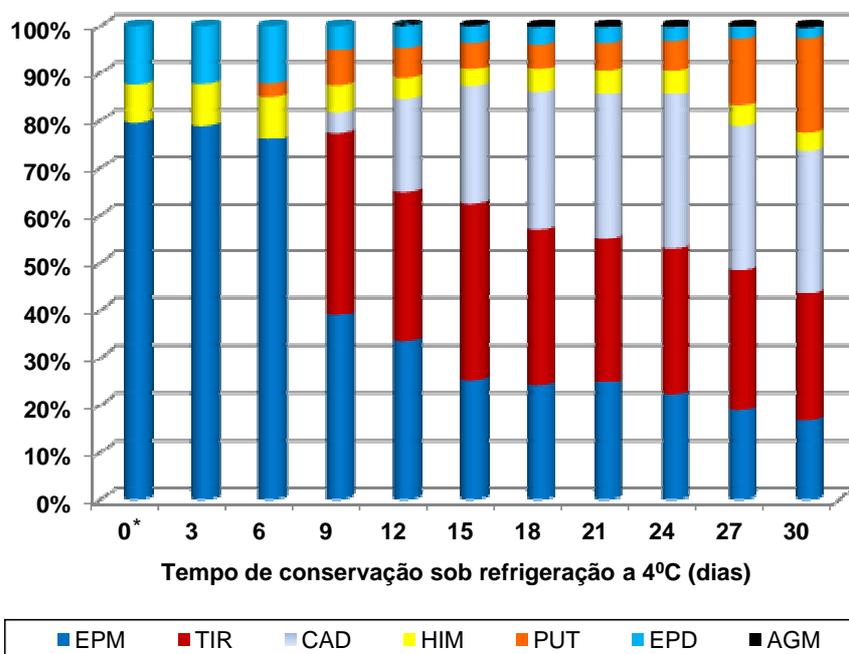


Figura 13 Aminas bioativas expressas como porcentagem do total de aminas em cada tempo, avaliadas em filés de cauda de jacaré-do-pantanal (*Caiman yacare*) embalados à vacuo. EPM – Espermina; TIR – Tiramina; CAD – Cadaverina; HIM – Histamina; PUT – Putrescina; EPD – Espermidina e AGM – Agmatina. *Dia 0 – 24 horas *pós-mortem*

Quantidade de espermidina e espermina foram detectados desde a amostra inicial (tempo 0), de acordo com Bover-Cid et al. (1999), Halász et al. (1994), Veciana-Nogués, Mariné-Font e Vidal-Carou (1997) e Yano et al. (1995), sob condições fisiológicas normais, espera-se encontrar espermina e espermidina em carne, por essas aminas desempenharem um importante papel no crescimento animal. E segundo Halász et al. (1994) e Hernández-Jover et al. (1997) essas aminas são inerentes a qualquer tecido.

Entretanto, o aumento da quantidade de espermina ao longo do experimento teve uma magnitude menor do que o observado no total de aminas,

e com 9 dias de conservação está representava apenas 38,73% do total, e entre 18 e 30 dias foi reduzida a percentuais entre 23,87 e 16,82%, sem diferença estatística na fase final de avaliação.

As quantidades totais de aminas nos dias 9 e 12 de armazenamento apresentaram valores médios de 49,19 e 58,94 mg/kg, respectivamente, não apresentando diferenças entre si e com valores superiores aos observados nos tempos iniciais.

A percentagem de cadaverina em relação ao total de aminas foi de 4,46% com 9 dias de conservação, sem diferença significativa em relação aos tempos iniciais, onde não foram detectados níveis dessa amina. Após 18 dias de armazenamento até o final do período experimental a percentagem dessa amina em relação ao total foi bastante constante, variando entre 29,41 e 32,47%, sem diferença nesse período.

Quanto à participação percentual da histamina, verifica-se nos tempos iniciais (até 6 dias) que essa representava apenas 8,62% do total de aminas. Após 12 dias, a percentagem dessa amina em relação ao total de aminas foi reduzida em comparação aos tempos iniciais, demonstrando que o aumento na quantidade dessa amina foi proporcionalmente menor com o avançou no tempo de conservação.

O percentual da tiramina foi de 38,69% no momento do seu aparecimento aos 9 dias de armazenamento, a agmatina por outro lado, representou menos de 0,67% do total de aminas em todos os tempos avaliados, e de forma semelhante à histamina, potencialmente um indicador de qualidade, entretanto, com limitação devido ao seu tardio aparecimento e com baixas quantidades nas amostras de filé de cauda de jacaré.

Mietz e Karmas (1977) observaram que os níveis de putrescina, cadaverina e histamina aumentavam, e que espermina e espermidina diminuía em amostras deterioradas de atum em lata em comparação com amostras de boa

qualidade. A partir dessas observações os autores definiram o Índice de Qualidade (QI).

Peixe ou carne com valor de QI inferior a 1 é considerado de primeira qualidade, enquanto valores acima de 10 indicam uma qualidade microbiológica muito ruim. Correlações positivas entre QI e aceitabilidade ou qualidade microbiológica tem sido reportada para peixe (KARMAS, 1981).

De forma semelhante ao observado no presente estudo, Krizek et al. (2011) baseado na formação de total de aminas biogênicas e propriedades sensoriais de três espécies de peixes de água doce (carpa comum - *Cyprinus carpio*, truta-arco-íris - *Oncorhynchus mykiss* e perca (*Perca fluviatilis*) definiu que o prazo de vida de prateleira sendo entre 11 e 16 dias para os filés armazenados a 3 ° C.

No presente estudo, os níveis totais de aminas não diferiram significativamente nos primeiros tempos armazenamento, mas aumentou significativamente após 9 dias de armazenamento. Os resultados neste estudo foram similares aos de Silva e Glória (2002) ao avaliar peito de frango por 15 dias em condições semelhantes (4 ±1°C) observaram também que os níveis totais de aminas não diferiram significativamente nos primeiros dias de armazenamento, mas aumentou significativamente no décimo quinto dia de armazenamento.

Não foram observadas diferenças significativas entre os tempos de estocagem com base no índice Silva & Glória (S & G) (Tabela 2) uma vez que se manteve uma relativa proporcionalidade entre as aminas espermina e espermidina nos tempos avaliados, portanto esse índice não seria um bom indicador de deterioração para esse corte de carne de jacaré.

Considerando o índice Veciana-Nogués para aminas biogênicas, que consiste na soma de putrescina, cadaverina, histamina e tiramina, Hernandez-Jover et al. (1996) sugeriram os seguintes limites: < 5 mg/kg para uma boa

qualidade de carne fresca, entre 5 e 20 mg/kg de carne aceitável com sinais de deterioração iniciais; entre 20 e 50 mg/kg carnes de baixa qualidade e > 50 mg/kg para carnes deterioradas. Com base neste trabalho a carne de jacaré seria considerada como deteriorada após 15 dias de armazenamento, quando apresentou valores acima de 53,05 mg/kg.

Tabela 2 Valores médios dos índices de qualidade de amins avaliados em filés de cauda de jacaré-do-pantanal (*Caiman yacare*) embalados à vacuo e armazenados sob refrigeração a 4^oC por 30 dias

Dia	M&K ³	V&N ⁴	S&G ⁵	Vic ⁶
0*	0,08 f	1,44 f	0,16	0,08 e
3	0,09 f	1,59 f	0,16	0,09 de
6	0,13 f	2,15 f	0,16	0,09 e
9	0,38 ef	27,53 e	0,14	0,12 bcde
12	0,78 ed	36,76 e	0,14	0,11 cde
15	1,14 cd	53,05 d	0,14	0,12 bcde
18	1,42 c	58,78 d	0,14	0,19 abcd
21	1,49 c	60,85 d	0,12	0,20 abc
24	1,73 bc	74,90 c	0,12	0,21 ab
27	2,25 b	94,49 b	0,12	0,22 a
30	2,86 a	114,18 a	0,12	0,24 a
EPM ¹	0,127	2,714	0,013	0,021
P Dia ²	<0,01	<0,01	0,21	<0,01

*Dia 0 – 24 horas *pós-mortem*; ¹EPM – erro padrão das médias; ²PDia – probabilidade para efeito de tempo de armazenamento. Índices: ³Mietz e Karmas (1977) = (putrescina+cadaverina+histamina)/(1+espermina+espermidina); ⁴Veciana-Nogués, Mariné-Font e Vidal-Carou (1997) = putrescina+cadaverina+histamina+tiramina, ⁵Silva e Glória (2002) = espermidina/ espermina e ⁶Vicente Neto (2008) = (histamina+triptamina+agmatina)/(1+espermidina+espermina). Médias seguidas de letras diferentes nas colunas apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

No estudo do efeito do congelamento e glazeamento em carne de jacaré-do-pantanal, Vicente Neto (2008) propôs um novo índice que considera os teores das amins histamina, triptamina e agmatina. O índice proposto pelo

autor apresenta a seguinte fórmula: Índice Vicente-Neto = teores de histamina (HIM) + triptamina (TRM) + agmatina (AGM) / 1 + espermidina (EPD) + espermina (EPM). Nesse caso, a via de produção bioquímica de espermina e espermidina é a descarboxilação da agmatina, pois neste estudo não foi detectado amina putrescina, um produto intermediário da via bioquímica de produção das aminas espermidina e espermina.

Considerando que os níveis de cadaverina, histamina, agmatina, espermidina e espermina não diferiram da amostra inicial e o valor de putrescina menor que 3,57 mg/Kg até 9 dias de armazenamento, esse seria um limite seguro quanto ao tempo máximo de conservação sob refrigeração para esse corte de carne de jacaré embalado a vácuo baseado nos teores individuais de aminas.

E com base nos índices de aminas biogênicas o limite pode ser estendido para 12 dias de armazenamento uma vez que o índice Mietz & Karmas apresenta valor inferior a 1,0 e o índice Veciana-Nogués abaixo de 50 mg de aminas/kg de carnes.

5 CONCLUSÕES

A carne de jacaré-do-pantanal armazenada sob refrigeração a 4°C mantém suas características físico-químicas (pH, FC, PPC, índice de TBARS e cor) com pequenas alterações até 18 dias de armazenamento.

Considerando os teores das aminas cadaverina, histamina, agmatina, espermidina e espermina e devido à maior sensibilidade dessas análises para detectar deterioração inicial, não foram verificadas alterações significativas até 9 dias de armazenamento em relação à amostra inicial.

E com base nos índices de aminas biogênicas, o limite pode ser estendido para 12 dias de armazenamento, uma vez que o índice Mietz & Karmas apresenta valor inferior a 1,0 e o índice Veciana-Nogués abaixo de 50 mg de aminas/kg de carne, indicando frescor do filé de cauda durante o tempo de estocagem sob refrigeração.

REFERÊNCIAS

- ABABOUC, L. H. et al. Quality changes in sardines (*Sardina pilchardus*) stored in ice and at ambient temperature. **Food Microbiology**, London, v.13, n. 2, p.123-132, Apr. 1996.
- ABEE, T.; KROCKEL, L.; HILL, C. Bacteriocins: modes of action and potentials in food preservation and control of food poisoning. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 28, n. 2, p. 169-185, Dec. 1995.
- ALEIXO, V. M. et al. Efeitos da adição de diferentes teores de farelo de soja na dieta no desenvolvimento de filhotes de Jacaré-do-pantanal (*Caiman yacare*, Daudin, 1802). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 411-417, Mar./Apr. 2002.
- AL-KAHTANI, H. A.; ABU-TARBOUSH, H. M.; BAJABER, A. S. Chemical changes after irradiation and post-irradiation storage in tilapia and Spanish mackerel. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 61, n. 4, p. 729-733, July 1996.
- ALVES, D. D.; GOES, R. H. T. B.; MANCIO, A. B. Maciez da carne bovina. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 6, n. 3, p. 135-149, jul./set. 2005.
- AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Guidelines for cooking and sensory evaluation of meat**. Champaign: National Live Stock and Meat Board, 1978. 24 p.
- ANDRADE, P. F. **Prazo de vida comercial do atum (*Thunnus atlanticus*) armazenado sob refrigeração**. 2006. 97 p. Dissertação (Mestrado em Higiene Veterinária e Processamento de Produtos de Origem Animal) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.
- ANDRADE, S. C. S. et al. Validade comercial de sardinhas inteiras e refrigeradas avaliada por análises físico químicas, bacteriológicas e sensorial. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 10, p. 1901- 1907, out. 2012.
- ANTON, M.; GATELLIER, P.; RENERRE, M. Relationships between myoglobin and microsomal lipid oxidation: Influence of muscle type and time post-mortem. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 39., 1993, Calgary. **Proceedings...** Calgary: [s. n.], 1993. p. 389-392.

APOSTOLOS, P. et al. Relation of biogenic amines to microbial and sensory changes of precooked chicken meat stored aerobically and under modified atmosphere packaging at 4 °C. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 223, n. 5, p. 683-689, Sept. 2006.

ARAÚJO, J. M. A. **Química dos alimentos: teoria e prática**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 478 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 16th ed. Washington, 1995.

AUBOURG, S. P. et al. Rancidity development during the chilled storage of farmed Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). **European Journal of Lipid Science and Technology**, Weinheim, v. 107, n. 6, p. 411-417, June 2005.

AZEVEDO, I. C. **Análise sensorial e composição centesimal de carne de jacaré do papo amarelo (*Caiman latirostris*) em conserva**. 2007. 75 p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2007.

BAIXAS-NOGUERAS, S. et al. Chemical and sensory changes in Mediterranean hake (*Merluccius merluccius*) under refrigeration (6-8 °C) and stored ice. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 50, n. 22, p. 6504-6510, Sept. 2002.

BAIXAS-NOGUERAS, S. et al. Trimethylamine and total volatile basic nitrogen determination by flow injection/gas diffusion in mediterranean hake (*Merluccius merluccius*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 49, n. 3, p.1681-1686, Mar. 2001.

BALAMATSIA, C. C. et al. Possible role of volatile amines as quality indicating metabolites in modified atmosphere packaged chicken fillets: Correlation with microbiological and sensorial attributes. **Food Chemistry**, Barking, v. 104, n. 4, p. 1622-1628, Mar. 2007.

BARDÓCZ, S. et al. A. Polyamines in food: implications for growth and health. **Journal of Nutritional Biochemistry**, Stoneham, v. 4, n. 2, p. 66-71, Feb. 1993.

BARDÓCZ, S. Polyamines in food in their consequences for food quality and human health. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 6, n. 10, p. 341-346, Oct. 1995.

BASTON, O.; BARNA, O. Biogenic amines variation from refrigerated white and red Chicken meat. **Lucrări Științifice – seria Agronomie**, Iasi, v. 53, n. 2, p. 147-150, 2010.

BASTON, O. et al. Refrigerated chicken meat freshness. Correlation between easily Hydrolysable nitrogen, pH value and biogenic amine contents. **Food Technology**, Chicago, v. 31, n. 6, p. 37- 43, Aug. 2008.

BAUBLITS, R. T. et al. Fatty acid and sensory characteristics of beef from three biological types of cattle grazing cool-season forage supplemented with soyhulls. **Meat Science**, Champaign, v. 72, n. 1, p. 100-107, Jan. 2006.

BETTS, G.; EVERIS, L. Shelf-life determination and challenge testing. In: STRINGER, M.; DENNIS, C. **Chilled foods: a comprehensive guide**. 2nd ed. Cambridge: Woodhead, 2000. cap. 10, p. 259-286.

BICKERSTAFFE, R.; LE COUTEUR, C. E.; MORTON, J. D. Consistency of tenderness in New Zealand retail meat. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 43., 1997, Auckland. **Anais...** Auckland: ICOMST, 1997. 100 p.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Introdução à química de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 1995. 222 p.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 3. ed. rev. e ampl. São Paulo: Varela, 2003. 143 p.

BONFIM, L. M. **Composição química e valor nutricional da carne bovina: proteínas e gorduras**. Betim: PUC, 2003. Disponível em: <<http://www.rehagro.com.br/siterehagro/publicacao.do?cdnoticia=514>>. Acesso em: 31 maio 2011.

BOVER-CID, S. et al. Relationship between biogenic amine contents and the size of dry fermented sausages. **Meat Science**, Champaign, v. 51, n. 4, p. 305–311, Apr. 1999.

BOVER-CID, S.; IZQUIERDO-PULIDO, M.; VIDAL-CAROU, M. C. Mixed starter cultures to control biogenic amine production in dry fermented sausages. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v. 63, n. 11, p. 1556– 1562, Nov. 2000.

BRANDÃO, M. L. C. C.; FURLANETTO, S. M. P. Determinação quantitativa de alguns grupos de microrganismos em sardinhas (*Sardinella aurita*), vendidas em mercado e feiras livres do município de São Paulo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 4, n. 2, p. 158-180, July/Dec. 1984.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria n. 185, de 13 de maio de 1997**. Aprova o regulamento técnico de identidade e qualidade de peixe fresco (inteiro e eviscerado). Brasília, 1997.

BRAZAITIS, P. J. Management, reproduction and growth of Caiman crocodilus yacare in the New York Zool. Park. In: WORKING MEETING OF THE CROCODILE SPECIALIST GROUP, Caracas. **Proceedings...** Caracas: Crocodile Specialist Group, 1986. 389 p.

BRESSAN, M. C. et al. Physicochemical properties of meat from *B. taurus* and *B. indicus*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 40, n. 6, 1250-1259, June 2011.

BRINK, B. et al. Occurrence and formation of biologically active amines in foods. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 11, n.1, p. 73–84, Aug. 1990.

CAMPBELL, M. K. **Bioquímica**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2003. 752 p.

CAMPOS, Z.; MOURÃO, G.; COUTINHO, M. **Avaliação de três modelos de manejo para o Jacaré-do-pantanal**. Corumbá: [s. n.], 2005. (Comunicado Técnico, 46). Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/COT46.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2012.

CANTO, A. C. V. C. S. **Efeitos da alta pressão hidrostática sobre a cor, textura e qualidade sensorial da carne da cauda de jacaré-do-pantanal (*caiman crocodilus yacare*) resfriada**. 2011. 110 p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Universidade Federal Fluminense, Niterói , 2011.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Campinas: Unicamp, 1999.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2. ed. Campinas: Unicamp, 2003. 207 p.

CHOW, C. K. **Fatty acids in foods and their health implications**. 2nd ed. New York: M. Dekker, 2000. 1045 p.

CONTREAS, C. J. C. Uso da refrigeração para evitar encurtamento muscular. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v. 17, n. 98, p. 7-76, Nov. 1993.

CORÓ, F. A. G.; YOUSSEF, E. Y.; SHIMOKOMAKI, M. Carne do zebu: o que está atrás da sua textura? **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v. 23, n. 271, p. 28-34, 1999.

COSSU, M. E. et al. Carcass and meat characterization of “yacare overo” (Caiman latirostris) and “yacare negro” (Caiman yacare). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 44, n. 5, p. 329-336, Aug. 2007.

COSSU, M. E. et al. Utilización del grano entero de coriandro (*Coriandrum sativum* L.) en pollos parrilleros. Influencia sobre el sabor de la carne y composición de grasa intramuscular. **Revista Facultad de Agronomía**, Buenos Aires, v. 22, n. 1, p. 35- 43, 2002.

COSTA, R. G. et al. Qualidade física e sensorial da carne de cordeiros de três genótipos alimentados com rações formuladas com duas relações volumoso: concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 40, n. 8, p. 1781-1787, Out. 2011.

COULSON, R. A.; HERNANDEZ, T. Alligator metabolism: studies on chemical reactions in vivo. **Comparative Biochemistry Physiology**, Elmsford, v. 74, n. 1, p. 182, 1983.

CROSS, H. R.; STANFIELD, M. S.; KOCH, E. J. Beef palatability as affected by cooking rate and internal temperature. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 43, n. 1, p. 114-121, July 1976.

CURI, R.; SOLIS, V. S.; GRAZIOLA, F. **Entendendo a gordura: os ácidos graxos**. São Paulo: Manole, 2002. 536 p.

DABÉS, A. C. Propriedades da carne fresca. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v. 25, n. 288, p. 32-40, 2001.

DAVIS, K. A.; HUFFMAN, D. L.; CORDRAY, J. A. Effect of mechanical tenderization, aging and pressing on beef quality. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 40, n. 6 p. 1222-1224, Nov. 1975.

DONHAUSER, S.; WAGNER, D.; GEIGER, E. Biogenic amines: significance, occurrence and assessment. **Brawelt International**, Nürnberg, v. 11, n. 2, p. 100-107, 1993.

EDWARDS, R. A.; DAINTY, R. H.; HIBARD, C. M. Putrescine and cadaverine formation in vacuum packed beef. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 58, n. 1, p. 13-19, Jan. 1985.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Wild life utilization in Latin America**: current situation and prospects for sustainable management. Rome, 1996. (Conservation Guide, 25).

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. **Fish & Fisheries products hazards & controls guide**. Washington, 1996. 244 p.

FELÍCIO, E. P. Fatores ante e post mortem que influenciam na qualidade da carne bovina In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. **Produção do novilho de corte**. Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 79-97.

FELÍCIO, E. P. Fatores ante e post-mortem que influenciam na qualidade da carne vermelha. In: REUNIAO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 30., 1993, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBZ, 1993. p. 2-10.

FERNANDES DE SÁ, E. M. A influência da água nas propriedades da carne – Parte I. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, n. 325, p. 51-54, Abr. 2004.

FERNANDES, V. R. T. **Caracterização e processamento da carne de jacaré-do-pantanal (Caiman yacare)**: composição físico-química e rendimento. 2011. 109 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2011.

FERNANDEZ-LOPES, J. et al. El test del ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) como medida de la oxidación em carnes y productos cárnicos. **Eurocarne**, Madrid, v. 58, July/Aug. 1997.

- FETT, M. S. **Informações sobre abatedouros de jacaré, desde seu nascimento até o abate em criadouros**. 2005. Disponível em: <<http://sbirt.ibict.br>>. Acesso em: 15 ago. 2010.
- FLORES, H. E.; PROTACIO, C. M.; SIGNS, M. Primary and secondary metabolism of polyamines in plants. **Recent Advances in Phytochemistry**, Portland, v. 23, p. 329-393, 1989.
- FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. **Scombrototoxin (histamine) formation**. 2001. Disponível em: <<http://www.cfsan.fda.gov/~comm/haccp4.html>>. Acesso em: 22 jan. 2013.
- FORREST, J. C. et al. **Fundamentos de ciência de la carne**. Zaragoza: Acribia, 1979. 364 p.
- FORSYTHE, S. J. **Microbiologia da segurança alimentar**. Porto Alegre: Artmed, 2002. 424 p.
- FRÉBORT, I.; SKOUPA, L.; PEC. P. Amine oxidase-based flow biosensor for the assessment of fish freshness. **Food Control**, Vurrey, v. 11, n. 1, p. 13-18, Feb. 2000.
- GADDIS, A. M.; HANKINS, O. G.; HINER, R. L. Relationships between the amount and composition of press fluid, palatability and other factors of meat. **Food Technology**, Chicago, v. 4, p. 498-503, 1950.
- GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Nobel, 1984. 284 p.
- GLORIA, M. B. A. Bioactive amines. In: HUI, H.; NOLLET, L. L. **Handbook of food science, technology and engineering**. New York: M. Dekker, 2005. v. 4, p. 1-38.
- GRAY, J. I. Measurement of lipid oxidation: a review. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaign, v. 55, n.6, p. 539-546, June 1978.
- HALÁSZ, A. et al. Biogenic amines and their production by microorganisms in food. **Trends Food Science Technology**, Cambridge, v. 5, n. 2, p. 42-49, Feb. 1994.

HEINEMANN, R. J. B. et al. Métodos simples para estimar encurtamento pelo frio em carne bovina. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 335-339, 2002.

HERNÁNDEZ-JOVER, T. et al. Biogenic amine and polyamine contents in meat and meat products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 45, n. 6, p. 2098–2102, June 1997.

HERNANDEZ-JOVER, T. et al. Biogenic amines sources in cooked cured shoulder pork. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 44, n. 10, p. 3097-3101, Oct. 1996.

HERNÁNDEZ, M. D. et al. Sensory, physical, chemical and microbiological changes in aquacultured meagre (*Argyrosomus regius*) fillets during ice storage. **Food Chemistry**, Barking, v. 114, n. 1, p. 237-245, May 2009.

HILLARY, A. R.; PEGG, A. E. Decarboxylases involved in polyamines biosynthesis and their inactivation by nitric oxide. **Biochemical et Biophysica Acta**, v. 1647, n. 1-2, p. 161-166, Apr. 2003.

HOFFMANN, F. L.; ROMANELLI, P. F. Análise microbiológica da carne de jacaré-do-pantanal (*Caiman crocodilus yacare*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 258-264, ago./out. 1998.

HOFFMANN, L. C. The yield and nutritional value of meat from African ungulates, camelidae, rodents, ratites and reptiles. **Meat Science**, Champaign, v. 80, n. 1, p. 94–100, Sept. 2008.

HONIKEL, K. O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. **Meat Science**, Champaign, v. 49, n. 4, p. 447-457, Aug. 1998.

HUANG, M. et al. The effect of active caspase-3 on degradation of chicken myofibrillar proteins and structure of myofibrils. **Food Chemistry**, Barking, v. 128, n. 1, p. 22-27, Sept. 2011.

HUFF-LONERGAN, E.; LONERGAN, S. M. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes: review. **Journal of Meat Science**, Champaign, v. 71, n. 1, p. 194-204, June 2005.

JEEVANANDAM, M. et al. Nutrition efficacy of a spermidine supplemented diet. **Nutrition**, Paris, v. 13, n. 9, p. 788-794, Sept. 1997.

KALACĚ, P.; KRAUSOVÁ, P. A review of dietary polyamines: Formation, implications for growth and health and occurrence in foods. **Food Chemistry**, Barking, v. 90, n. 1/2, p. 219-230, Mar./Apr. 2005.

KALACĚ, P.; ŠVECOVÁ, S.; PELIKÁNOVÁ, T. Levels of biogenic amines in typical vegetable products. **Food Chemistry**, Barking, v. 77, n. 3, p. 349-351, June 2002.

KANNER, J. et al. Muscle lipid peroxidation dependent on oxygen and free metal ions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 36, n. 3, p. 409-412, May/June 1988.

KARMAS, E. Biogenic amines as indicators of seafood freshness. **Food Science and Technology**, London, v. 14, n. 5, p. 20-23, Sept. 1981.

KE, P. J.; CERVANTES, E.; ROBLES-MARTINEZ, C. Determination of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) in fish tissue by an improved distillation: spectrophotometric method. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v. 35, n. 1 p. 1248-1254, Nov. 1984.

KELLEHER, S. D.; HULTIN, H. O.; WILHELM, K. A. Stability of mackerel surimi prepared under lipid-stabilizing processing conditions. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 59, n. 2, p. 269-271, Mar. 1994.

KOOHMARAIE, M. Muscle proteinases and meat aging. **Meat Science**, Champaign, v. 36, n. 1-2, p. 93-104, Aug. 1994.

KOOHMARAIE, M. The role of Ca⁺⁺ dependent proteases (Calpains) in post mortem proteolysis and meat tenderness. **Biochemie**, Paris, v. 74, n.3, p. 239-245, Mar. 1992.

KOOHMARAIE, M. The role of endogenous protease in meat tenderness. **Reciprocal Meat Conference Proceedings**, Chicago, v. 41, p. 89-100, 1988.

KŘÍŽEK, M. et al. Formation of biogenic amines in fillets and minced flesh of three freshwater fish Species stored at 3 °C and 15 °C. **Acta Veterinaria Brno**, Brno, v. 80, n. 4, p. 365-372, Dec. 2011.

LAPA-GUITMARÃES, J. **Aminas biogênicas, aminas voláteis, triptofano livre e uréia como índices químicos de qualidade e frescor do pescado**. 2005. 125 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

LAWRIE, R. A. **Ciência da carne**. Tradução Jane Maria Rubensam. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 384 p.

LEAK, F. W. et al. **A further analysis of Florida alligator meat as a whole some food product**. Gainesville: University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences, 1988.

LEHANE, L.; OLLEY, J. Histamine fish poisoning revisited. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 58, n. 1-2, p. 1-37, June 2000.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica**. 4. ed. São Paulo: Sarvier, 2006. 1202 p.

LEHTONEN, P. Determination of amines and amino acids in wine: A review. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 47, n. 2, p. 127-133, 1996.

LIMA, A. S.; GLÓRIA, M. B. A. Aminas bioativas em alimentos. **Boletim SBCTA**, Campinas, v. 1, n. 33, p. 70-79, Jan./June 1999.

MACIEL, F. R. **Coefficiente de digestibilidade aparente de cinco fontes energéticas para o jacaré-do-pantanal (Caiman yacare, Daudin, 1802)**. 2001. 76 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

MANCINI, R. A.; HUNT, M. C. Current research in meat color. **Meat Science**, Champaign, v. 71, n. 1 p. 100-121, Sept. 2005.

MARCHIORI, A. F.; FELICIO, P. E. Qualidade da carne de suíno e de javali comercial. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 60, n. 1, p. 1-5, jan./ mar. 2003.

MAYER, H. K.; FIECHTER, G.; FISCHER, E. A new ultra-pressure liquid chromatography method for the determination biogenic amines in cheese. **Journal of chromatography A**, New York, v. 1217, n. 19, p. 3251-3257, May 2010.

MIETZ, J. L.; KARMAS, E. Chemical quality index of canned tuna as determined by HPLC. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 42, n. 1 p. 155-158, Jan. 1977.

MOINARD, C.; CYNOBER, L.; BANDT, J. P. Polyamines: metabolism and implications in human diseases. **Clinical Nutrition**, Edinburgh, v. 24, n. 2, p. 184-197, Apr. 2005.

MOODY, M.; COREIL, P. D.; RUTLEDGE, J. E Alligator meat: yields, quality studied. **Louisiana Agriculture**, Baton Rouge, v. 24, n. 1, p. 14-15, 1980.

MOSSEL, D. A. A. et al. **Essentials of the microbiology of foods**: a textbook for advanced studies. Chichester: J. Wiley & Sons, 1995. 699 p.

MUCHENJE, V. et al. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: a review. **Food Chemistry**, Barking, v. 112, n. 2, p. 279-289, Jan. 2009.

NAKAMURA, M. et al. Polyamine content in fresh and processed pork. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 44, n. 2, p. 515-523, Mar. 1979.

NOUT, M. J. R. Fermented foods and food safety. **Food Research International** v. 27, n. 3 p. 291-298, 1994.

NISHI, L. M. **Efeito da temperatura de estocagem sobre a estabilidade de carne bovina (M. Gluteus medius) embalada a vácuo**. 2008. 138 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

NYCHAS, G. J. E.; SKANDAMIS, P. N. Fresh meat spoilage and modified atmosphere packaging (MAP). In: SOFOS, J. N. (Ed.). **Improving the safety of fresh meat**. Boca Raton: CRC, 2005. p. 461-502.

OLIVEIRA, L. M. et al. Embalagens termoformadas e termoprocessáveis para produtos cárneos processados: Polímeros. **Ciência e Tecnologia**, Lavras, v. 16, n. 3, p. 202-210, 2006.

ÖNAL, A. A review: current analytical methods for the determination of biogenic amines in foods. **Food Chemistry**, Barking, v. 103, n. 4, p. 1475-1486, Aug. 2007.

ORDÓÑEZ, J. A. et al. **Tecnologia de alimentos: alimentos de origem animal.** Porto Alegre: Artmed, 2005. v. 2, p. 131-171.

OSÓRIO, M. T. M.; OSÓRIO, J. C. S. Condições de abate e qualidade de carne. In: _____. Curso de qualidade de carne e dos produtos cárneos. Bagé: EMBRAPA, 2000. cap. 7, v. 4, p. 77-128.

PACHECO-AGUILAR, R. et al. Histamine quantification in monterey sardine muscle and canned products from Northwestern México. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 11, n. 2, p. 188–195, Feb. 1998.

PARDI, M. C. et al. **Ciência, higiene e tecnologia da carne: riscos microbiológicos da carne.** Goiânia: UFG, 1995. v. 1, p. 294-308.

PARDI, M. C. et al. Conservação da carne pelo frio artificial. In: _____. **Ciência, higiene e tecnologia da carne.** Goiânia: UFG, 2001. v. 1, 1110 p.

PAULSEN, P., BAUER, F., Biogenic amines in fermented sausages: factors influencing formation of biogenic amines in raw fermented sausages. **Fleischwirtschaft International**, v. 77, n. 4, p. 32– 34, 1997.

PEARSON, A. M.; DUTSON, T. R. **Advances in meat research: electrical stimulation.** Connecticut: AVI Publishing Company, 1995. v. 1, 327 p.

PEREIRA, A. A. F.; TENUTA FILHO, A. Avaliação de condições de consumo da sardinha *Sardinella brasiliensis*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 720-725, out./dez. 2005.

PEREIRA, A. V. et al. Estudo de estabilidade sob armazenamento da carne de ema (*Rhea americana*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 283-289, abr./jun. 2006.

PINHEIRO, R. S. B. et al. Qualidade da carne de cordeiros confinados recebendo diferentes relações de volumoso:concentrado na dieta. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 407-411, jan. 2009.

PINO, L. M. **Estabilidade oxidativa da carne de frangos alimentados com diferentes fontes lipídicas, armazenadas sob congelamento.** 2005. 60 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

POOLEY, A. C. Dieta y hábitos alimentares. In: ROSS, C. A. (Ed.). **Cocodrilos y caimanes**. Barcelona: Espanha Fundación, 1989.

PÖSÖ, A. R.; PUOLANNE, E. Carbohydrate metabolism in meat animals: review. **Journal of Meat Science**, Champaign, v. 70, n. 3 p. 423-434, July 2005.

PRÄNDL, O. et al. **Tecnología e higiene de la carne**. Zaragoza: Acribia, 1994. 854 p.

PRICE, J. F.; SCHWEIGGERT, B. S. **Ciência de la carne y de los productos carnicos**. Zaragoza: Acribia, 1976. 668 p.

PUGA, D. M. U.; CONTRERAS, C. J. C.; TURNBULL, M. R. Avaliação do amaciamento de carne bovina de dianteiro (Tríceps brachii) pelos métodos de maturação, estimulação elétrica, injeção de ácidos e tenderização mecânica. **Ciência e tecnologia de alimentos**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 88-96, jan./abr. 1999.

PUOLANNE, E.; HALONEN, M. Theoretical aspects of water-holding in meat. **Meat Science**, Champaign, v. 86, n. 1, p. 151-65, Sept. 2010.

RAHARJO, S.; SOFOS, J. N.; SCHMIDT, G. R. Improved speed, specificity, and limit of determination of an aqueous acid extraction thiobarbituric acid-C18 method for measuring lipid peroxidation in beef. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 40, n. 11, p. 2182-2185, Nov. 1992.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carne: fundamentos e metodologias**. Viçosa, MG: UFV 2007. 599 p.

RICE, S.; EITENMILLER, R. R.; KOEHLER, P. E. Biologically active amines in food: a review. **Journal Milk Food Technology**, Ames, v. 39, p. 353-358, 1976.

RODRIGUES, E. C. et al. Qualidade e composição química de cortes comerciais de carne de jacaré-do-pantanal (Caiman yacare). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 448-455, mar./abr. 2007.

RODRIGUEZ-JEREZ, J. J.; MORA-VENTURA, M. T.; CIVERA, T. Istamina e prodotti ittici: un problema attuale, parte I: fattori implicati. **Industrie Alimentari**, Torino, v. 33, n. 3, p. 299-307, 1994.

ROKKA, M. et al. Monitoring of the quality of modified atmosphere packaged broiler chicken cuts stored in different temperature conditions: B. Biogenic amines as quality-indicating metabolites. **Food Control**, Vurrey, v. 15, n. 8, p. 601-607, Oct. 2004.

ROMANELLI, P. F.; CASERI, R.; LOPES FILHO, J. F. Processamento da carne do jacaré-do-pantanal (*Caiman crocodilus yacare*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 70-75, jan./abr. 2002.

ROMANELLI, P. F. **Propriedades tecnológicas da carne do Jacaré-do-pantanal Caiman Crocodilus Yacare (Daudin, 1802)**. 1995. 110 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade de Campinas, Campinas, 1995.

RUIZ-CAPILLAS, C.; JIMÉNEZ-COLMERO, F. Biogenic amines in meat and meat products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 44, n. 7/8, p. 489-499, 2004.

RUIZ-CAPILLAS, C.; MORAL, A. Correlation between biochemical and sensory quality indices in hake stored in ice. **Food Research International**, Essex, v. 34, n. 5, p. 441-447, Nov. 2001.

SALLAMA, K. H. I.; SAMEJIMA, K. Microbiological and chemical quality of ground beef treated with sodium lactate and sodium chloride during refrigerated storage. **Lebensm.-Wiss. u.-Technology**, v. 37, n. 3, p. 865-871, Apr. 2004.

SANTOS, S. A.; PINHEIRO, M. S.; SILVA, R. A. Efeitos de diferentes dietas naturais no desenvolvimento inicial de *Caiman crocodillus yacare* (*Crocodylia alligatoridae*). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 22, n. 3, p. 406-412, 1993.

SARAIVA, L. G.; LOPES, A. **Apontamentos de nutrição: as proteínas**. Lisboa: Instituto de Tecnologia Química e Biológica, Universidade Nova de Lisboa, 2002. 4 p. Disponível: <<http://www.unl.pt/itqb/nutricao>>. Acesso em: 22 jan. 2013.

SAS INSTITUTE. **SAS 9.1.2 for Microsoft Windows**. Heidelberg, 2004.

SAVELL, J. W.; MUELLER, S. L.; BAIRD, B. E. The chilling of carcasses. **Meat Science**, Champaign, v. 70, n. 3, p. 449-459, July 2005.

SCHÖNFELDT, H. C. et al. Cooking and juiciness-related quality characteristics of goat and sheep meat. **Meat Science**, Champaign, v. 34, n. 3, p. 381–394, July 1993.

SEBRANEK, J. G. et al. Effects of freezing methods and frozen storage on chemical characteristics of ground beef patties. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 48, n. 5, p. 1101-1108, May 1979.

SHALABY, A. L. Significance of biogenic amines to food safety and human health. **Food Research International**, Essex, v. 29, n. 7, p. 675-690, Oct. 1996.

SIGNORINI, M.; PONCE-ALQUICIRA, E.; GUERRERO-LEGARRETA, I. Proteolytic and lipolytic changes in beef inoculated with spoilage microorganisms and bioprotective lactic acid bacteria. **International Journal of Food Properties**, Kingdom, v. 6, n. 1, p. 147-163, July 2003.

SILLA SANTOS, M. H. Biogenic amines: their importance in foods. **Int. Journal Food Microbiology**, London, v. 29, n. 2/3, p. 213-231, Apr. 1996.

SILVA, C. M. G. **Aminas biogênicas em carne de frango e derivados**. 1997. 66 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1997.

SILVA, C. M. G.; GLÓRIA, M. B. A. Bioactive amines in chicken breast and thigh after slaughter and during storage at 4 ± 1 °C and in chicken-based meat products. **Food Chemistry**, Barking, v. 78, n. 2, p. 241–248, Aug. 2002.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 1990. 165 p.

SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 94-103, abr. 1999.

SILVA, G. M.; COSTA, L. C. M. Descrição dos padrões motores do *Tupinambis merianae* (Duméril & Bibron, 1839) (Squamata, Teiidae) e do *Caiman crocodilus yacare* (Daudin, 1802) (Crocodylia, Alligatoridae) em cativeiro no Zoológico Municipal de Curitiba, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoociências**, Juiz de Fora, v. 7, n. 1, p. 93-109, jun. 2005.

SILVA, J. A.; PATARATA, L.; MARTINS, C. Influence of ultimate pH on bovine meat tenderness during ageing. **Meat Science**, Champaign, v. 52, n. 4, p. 453 - 459, Aug. 1999.

SMITH, T. A. Amines in food. **Food Chemistry**, Barking, v. 6, n. 3, p. 169-200, Mar. 1981.

SOUZA, A. R. M.; ARTHUR, V.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Efeito da radiação gama e do armazenamento na oxidação lipídica e no colesterol de carne de cordeiros da raça Santa Inês. **Ciência e Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 67-71, jan. 2007.

STORER, I. T. et al. **Zoologia geral**. 6. ed. São Paulo: Nacional, 1991. 816 p.

STRATTON, J. E.; HUTKINS, R. W.; TAYLOR, S. L. Biogenic amines in cheese and other fermented foods: a review. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v. 54, n. 6, p. 460-470, June 1991.

STRAUB, B. W. et al. The formation of biogenic amines by fermentation organisms. **Z Lebensm Unters Forsch**, Berlin, v. 201, n. 1, p. 79-82, July 1995.

TABOGA, S. T. et al. Acompanhamento das alterações post-mortem (glicólise) no músculo do jacaré-do-pantanal (*Caiman crocodilus yacare*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 23-27, jan./abr. 2003.

TAWFIK, M. S.; HUYGHEBAERT, A. Interaction of packaging materials and vegetable oils: oil stability. **Food Chemistry**, Barking, v. 64, n. 4, p. 451-459, Mar. 1997.

TAYLOR, S. L. Histamine food poisoning: toxicology and clinical aspects. **Critical Reviews in Toxicology**, Boca Raton, v. 17, n. 2, p. 91-128, Jan. 1986.

TEN BRINK, B. et al. Occurrence and formation of biologically active amines in foods. **International Journal Food Microbiology**, Amsterdam, v. 11, n. 1, p. 73-84, Aug. 1990.

VALE, S. R.; GLÓRIA, M. B. Methodology for the determination of biogenic amines in cheese. **Journal of AOAC International**, Arlington, v. 80, n. 5, p. 1006-1012, Oct. 1997.

VASCONCELOS NETO, M. C. **Características físico-químicas, microbiológicas e aminas bioativas em carne suína**. 2003. 70 p. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) - Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

VECIANA-NOGUÉS, M. C.; MARINÉ-FONT, A.; VIDAL-CAROU, M. C. Biogenic amines as hygienic quality indicators of tuna. Relationship with microbial counts, ATP-related compounds, volatile amines and organoleptic changes. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, Barking, v. 45, n. 6, p. 2036-2041, June 1997.

VICENTE NETO, J. **Caracterização física química, colesterol e ácidos graxos da carne de jacaré-do-pantanal (Caiman yacare, Daudin 1802) oriundo de zoológico e habitat natural**. 2005. 156 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

VICENTE NETO, J. et al. Avaliação físico química da carne de jacaré-do-pantanal (Caiman yacare Daudin 1802) de idades diferentes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1430-1434, set./out. 2007.

VICENTE NETO, J. et al. Composição centesimal e colesterol da carne de jacaré-do-pantanal (Caiman yacare Daudin 1802) oriundo de zoológico e habitat natural. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 4, p. 701-706, jul./ago. 2006.

VICENTE NETO, J. et al. Fatty acid profiles in meat from Caiman yacare (Caiman crocodilus yacare) raised in the wild or in captivity. **Meat Science**, Champaign, v. 85, n. 4, p. 752-758, Aug. 2010.

VICENTE NETO, J. **Influência do glazamento nas características físico químicas e aminas bioativas em carne de jacaré-do-pantanal (Caiman yacare, Daudin 1802) armazenados por até 6 meses a -18 °C**. 2008. 127 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

VIDAL-CAROU, M. C. et al. Histamine and tyramine in meat products: relationship with meat spoilage. **Food Chemistry**, Barking, v. 37, n. 4, p. 239-249, Sept. 1990.

VIEIRA, J. O. et al. Efeito dos métodos de cocção na composição centesimal e colesterol do peito de frangos de diferentes linhagens. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 164-170, jun. 2007.

VIEIRA, J. P. **Caracterização do processo de rigor mortis do músculo Ilio-ischiocaudalis da cauda de jacaré-do-pantanal (Caiman crocodilus yacare) e maciez da carne**. 2010. 70 f. Dissertação (Mestrado em Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2010.

VIEIRA, J. P. et al. Caracterização do processo de rigor mortis do músculo Ilio-ischiocaudalis de jacaré-do-pantanal (Caiman crocodilus yacare) e maciez da carne. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 3, p. 567-572, mar. 2012.

VILAS BOAS, E. V. B. **Avaliação nutricional dos alimentos**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. 51 p.

VINCI, G.; ANTONELLI, M. L. Biogenic amines: quality index of freshness in red and white meat, **Food Control**, Vurrey, v. 13, n. 8, p. 519-524, Dec. 2002.

WEBB, G. J. W.; MANOLIS, S. C.; BUCKWORTH, R. *Crocodylus johnstoni* in the McKinlay River Area, N.T.I. variation in diet, and a new method of assessing the relative importance of prey. **Australian Journal Zoology**, Melbourne, v. 30, n. 6, p. 877-899, Dec. 1982.

WOOD, J. D. et al. Effects of breed, diet and muscle on fat deposition and eating quality in pigs. **Meat Science**, Champaign, v. 67, n. 4, p. 651-667, Jan. 2004.

WOOD, J. D. et al. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. **Meat Science**, Champaign, v. 78, n. 4, p. 343-358, Apr. 2008.

YANO, Y. et al. Changes in the concentration of biogenic amines and application of tyramine sensor during storage of beef. **Food Chemistry**, Barking, v. 54, n. 2 p. 155-159, Nov. 1995.

YOSHIDA, M. et al. A unifying model for the role of polyamines in bacterial cell growth, the polyamine modulon. **The Journal of Biological Chemistry**, Rockville, v. 279, n. 44, p. 46008-46013, Oct. 2004.

ZEOLA, N. M. et al. Conceitos e parâmetros utilizados na avaliação da qualidade da carne ovina. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v. 26, n. 304, p. 32-44, Abr. 2002.

APÊNDICE

APÊNDICE A

Tabela 1A Valores médios de umidade (%), pH, perda de peso por cozimento (PPC, %), força de cisalhamento (FC, kgf) e TBARS (mg de aldeído molônico/kg de carne) avaliados em filés de cauda de jacaré-do-pantanal (*Caiman yacare*) embalados à vacuo e armazenados sob refrigeração a 4°C por 30 dias

Dia	Umidade (%)	pH	PPC (%)	FC (kgf)	TBARS
0*	75,67 ^a	5,62 ^a	36,11	2,307 ^c	0,088 ^e
3	75,36 ^{ab}	5,59 ^{ab}	36,10	2,358 ^c	0,091 ^e
6	75,29 ^{ab}	5,57 ^{ab}	35,91	3,453 ^b	0,092 ^{de}
9	74,97 ^{abc}	5,57 ^{ab}	35,88	3,621 ^b	0,096 ^{de}
12	74,92 ^{abc}	5,54 ^b	35,68	3,677 ^b	0,107 ^{cde}
15	74,69 ^{abc}	5,46 ^c	35,47	3,880 ^{ab}	0,113 ^{cde}
18	74,42 ^{bc}	5,42 ^{cd}	35,33	3,956 ^{ab}	0,117 ^{cd}
21	74,23 ^{bc}	5,38 ^d	35,19	4,437 ^a	0,126 ^c
24	74,27 ^{bc}	5,32 ^e	35,04	4,458 ^a	0,173 ^b
27	73,96 ^{cd}	5,29 ^e	35,04	4,456 ^a	0,186 ^b
30	73,09 ^d	5,19 ^f	34,96	4,497 ^a	0,216 ^a
EPM ¹	0,236	0,010	0,504	0,1405	0,0055
PDia ²	<0,01	<0,01	0,68	<0,01	<0,01

*Dia 0 – 24 horas *pós-mortem*; ¹EPM – erro padrão das médias; ²PDia – probabilidade para efeito de tempo de armazenamento. Médias seguidas de letras diferentes nas colunas apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Tabela 2A Teores médios de aminas bioativas¹ avaliadas em filés de cauda de jacaré-do-pantanal (*Caiman yacare*) embalados à vacuo e armazenados sob refrigeração a 40°C por 30 dias, expresso em mg/kg.

Dia	PUT	CAD	HIM	TIR	AGM	EPD	EPM
0*	0,00 ^e	0,00 ^f	1,44 ^c	0,00 ^f	0,00 ^c	2,15	14,27 ^{bc}
3	0,00 ^e	0,00 ^f	1,59 ^c	0,00 ^f	0,00 ^c	2,17	14,25 ^{bc}
6	0,56 ^{ed}	0,00 ^f	1,59 ^c	0,00 ^f	0,00 ^c	2,24	13,93 ^c
9	3,57 ^{cd}	2,20 ^f	2,74 ^{bc}	19,03 ^{de}	0,00 ^c	2,61	19,05 ^{abc}
12	3,82 ^{cd}	11,62 ^e	2,61 ^{bc}	18,71 ^e	0,00 ^c	2,70	19,48 ^{abc}
15	4,15 ^c	18,47 ^{de}	2,67 ^{bc}	27,76 ^c	0,00 ^c	2,61	18,82 ^{abc}
18	4,27 ^c	23,93 ^d	3,80 ^{ab}	26,78 ^c	0,42 ^b	2,68	19,42 ^{abc}
21	5,00 ^c	25,76 ^{cd}	4,32 ^{ab}	25,76 ^{cd}	0,44 ^b	2,55	20,92 ^{ab}
24	6,45 ^c	32,64 ^{bc}	4,90 ^a	30,92 ^{bc}	0,46 ^b	2,63	22,02 ^a
27	16,97 ^b	36,52 ^{ab}	5,20 ^a	35,80 ^{ab}	0,51 ^b	2,70	22,57 ^a
30	28,16 ^a	42,31 ^a	5,58 ^a	38,07 ^a	0,95 ^a	2,74	23,77 ^a
EPM ³	0,722	1,576	0,378	1,433	0,069	0,183	1,419
P Dia ³	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,17	<0,01

¹ Aminas: PUT – Putrescina, CAD – Cadaverina, HIM – Histamina, TIR – Tiramina, AGM – Agmatina, EPD – Espermidina e EPM – Espermina. *Dia 0 – 24 horas *post-mortem*. ²EPM – erro padrão das médias. ³PDia – probabilidade para efeito de tempo de armazenamento. Médias seguidas de letras diferentes nas colunas apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey (P≤0,05).

Tabela 3A Aminas bioativas¹ expressas como porcentagem do total de aminas em cada tempo, avaliadas em filés de cauda de jacaré-do-pantanal (*Caiman yacare*) embalados à vacuo e armazenados sob refrigeração a 4^oC por 30 dias.

Dia	PUT	CAD	HIM	TIR	AGM	EPD	EPM
0*	0,00 ^e	0,00 ^d	8,23 ^{ab}	0,00 ^d	0,00 ^b	12,37 ^a	79,40 ^a
3	0,00 ^e	0,00 ^d	8,97 ^a	0,00 ^d	0,00 ^b	12,26 ^a	78,77 ^a
6	3,11 ^d	0,00 ^d	8,67 ^a	0,00 ^d	0,00 ^b	12,15 ^a	76,07 ^a
9	7,26 ^c	4,46 ^d	5,57 ^{bc}	38,69 ^a	0,00 ^b	5,29 ^b	38,73 ^b
12	6,55 ^c	19,60 ^c	4,46 ^c	31,57 ^{bc}	0,00 ^b	4,60 ^b	33,23 ^{bc}
15	5,56 ^{cd}	24,77 ^{bc}	3,59 ^c	37,26 ^{ab}	0,00 ^b	3,50 ^b	25,32 ^{cd}
18	5,23 ^{cd}	29,41 ^{ab}	4,69 ^c	32,98 ^{abc}	0,52 ^a	3,31 ^b	23,87 ^{de}
21	5,89 ^c	30,45 ^{ab}	5,04 ^c	30,37 ^c	0,52 ^a	3,01 ^b	24,72 ^{de}
24	6,34 ^c	32,47 ^a	4,95 ^c	30,95 ^{bc}	0,48 ^a	2,65 ^b	22,16 ^{de}
27	14,12 ^b	30,31 ^{ab}	4,37 ^c	29,80 ^c	0,43 ^a	2,24 ^b	18,73 ^{de}
30	19,85 ^a	29,96 ^{ab}	3,94 ^c	26,82 ^c	0,67 ^a	1,93 ^b	16,82 ^e
EPM ³	0,513	1,197	0,574	1,364	0,066	0,707	1,655
P Dia ³	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

¹ Aminas: PUT – Putrescina, CAD – Cadaverina, HIM – Histamina, TIR – Tiramina, AGM – Agmatina, EPD – Espermidina e EPM – Espermina. *Dia 0 – 24 horas *post-mortem*; ²EPM – erro padrão das médias; ³PDia – probabilidade para efeito de tempo de armazenamento. Médias seguidas de letras diferentes nas colunas apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).