



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Câmpus de São José do Rio Preto

Gilmar Borges de Paiva

Carne de jacaré do Pantanal (*Caiman yacare*):
Caracterização, obtenção de carne mecanicamente separada e aplicação
tecnológica

São José do Rio Preto-SP

2021

Gilmar Borges de Paiva

Carne de jacaré do Pantanal (*Caiman yacare*):
Caracterização, obtenção de carne mecanicamente separada e aplicação
tecnológica

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Alimentos, Nutrição e Engenharia de Alimentos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos, Nutrição e Engenharia de Alimentos, Área de Concentração – Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de São José do Rio Preto.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Andrea Carla da Silva Barretto
Coorientador: Prof. Dr. Javier Telis Romero

São José do Rio Preto

2021

P149c

Paiva, Gilmar Borges de

Carne de jacaré do Pantanal (Caiman yacare): : Caracterização, obtenção de carne mecanicamente separada e aplicação tecnológica / Gilmar Borges de Paiva. -- São José do Rio Preto, 2021

110 p. : il., tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto

Orientadora: Andrea Carla da Silva Barretto

Coorientador: Javier Telis Romero

1. Carne de jacaré. 2. Carne mecanicamente separada. 3. Processamento tecnológico. 4. Oxidação lipídica. 5. Aceitação sensorial. I. Título.

Gilmar Borges de Paiva

Carne de jacaré do Pantanal (*Caiman yacare*):
Caracterização, obtenção de carne mecanicamente separada e aplicação tecnológica

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Alimentos, Nutrição e Engenharia de Alimentos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos, Nutrição e Engenharia de Alimentos, Área de Concentração – Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de São José do Rio Preto.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Andrea Carla da Silva Barretto
Coorientador: Prof. Dr. Javier Telis Romero

Comissão Examinadora

Prof^a. Dr^a. Andrea Carla da Silva Barretto
UNESP – Câmpus de São José do Rio Preto-SP
Orientadora

Prof. Dr. Marco Antônio Trindade
Universidade de São Paulo – USP
Pirassununga-SP

Prof. Dr. Tiago Luís Barretto
Instituto Federal de São Paulo – IFSP
Barretos-SP

Prof^a. Dr^a. Natália Soares Janzanti
UNESP – Câmpus de São José do Rio Preto

Prof. Dr. Roger Darros Barbosa
UNESP - Câmpus de São José do Rio Preto-SP

São José do Rio Preto
09 de dezembro de 2021

Dedicatória

Dedico este trabalho à toda minha família, meus pais Agenor e Leni, meus irmãos Juarez, Inês e Gilberto (in memorian), e à minha querida filha Maísa.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela oportunidade de viver e edificar a vida por meio do trabalho e estudos.

Aos meus pais Agenor e Leni, pelo apoio, incentivo e encorajamento durante toda a trajetória de minha vida acadêmica. Ao meu irmão Juarez pelo apoio nas redações de processo de afastamento.

À minha orientadora Professora Dra. Andrea Barretto, pela excelente orientação, amizade, e conselhos, que fizeram parte de toda essa jornada.

Ao meu co-orientador Professor Dr. Javier Telis Romero pelos ensinamentos.

Ao Professor Marco Trindade, pela parceria nos experimentos com carne mecanicamente separada.

Aos colegas de laboratório Elisa, João Marcos, Márcio, Camila, Eduardo, Igor e às estagiárias Jéssica e Isabela pelo apoio em análises laboratoriais.

Ao Luiz, Tânia e Alana (técnicos(a) de laboratórios) pela presteza em ajudar-me em metodologias de análises.

À Unesp e ao Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos por proporcionar-me a oportunidade de ingressar no curso de Pós-Graduação.

Aos professores da Pós-Graduação em Alimentos, Nutrição e Engenharia de Alimentos pelos conhecimentos transmitidos nas aulas, e sugestões para o presente trabalho de tese.

Ao Instituto Federal de Mato Grosso pela política de capacitação por meio de afastamento de servidores, embora alguns obstáculos ocorreram, mas com muita perseverança cheguei até aqui.

À Cocrijapan e Caimasul pelo fornecimento de amostras de carne e carcaça de jacaré.

À New Max, Duas Rodas, ICL, Romariz e Kemim pelo fornecimento de materiais para o desenvolvimento das pesquisas.

À todos(a) os(a) meus(a) amigos(a) que de forma direta ou indireta me apoiaram, me incentivaram e/ou me encorajaram a trilhar essa jornada.

À todos(a), meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

A produção de jacaré do Pantanal (*Caiman yacare*) em cativeiro, no Brasil, tem sido explorada comercialmente para obtenção de pele e carne (cortes comerciais), com alta valorização de mercado nacional e internacional. A carne de jacaré é conhecida como fonte de proteína animal de alto valor biológico, baixo teor lipídico, e perfil de ácidos graxos benéficos à saúde humana, quando comparada à carne de outras espécies. Aliada a isso, a carne de jacaré apresenta potencial de mercado e características tecnológicas para melhor aproveitamento com elaboração de produtos derivados. O objetivo deste estudo foi avaliar os parâmetros de obtenção da carne mecanicamente separada de jacaré do Pantanal (*Caiman yacare*), caracterização e utilização na elaboração em produtos cárneos. Dentre os parâmetros avaliados da carne mecanicamente separada de jacaré, destaca-se a composição centesimal (umidade, proteína, lipídio e cinzas), rendimento, pH, oxidação lipídica, bases voláteis totais e cor instrumental. A avaliação do efeito da temperatura sobre a perda de água e ganho de sal durante a salga úmida de filé de cauda de jacaré (*Caiman yacare*) foi elaborado e mostrou que o aumento da temperatura de processo promoveu maior perda de água (PA) e maior ganho de sal (GS) na carne de jacaré, se estabilizando após 110 horas de processo. A avaliação do efeito antioxidante de acerola em pó, extrato de alcaçuz e extrato de alecrim em nuggets de carne de jacaré contendo alta quantidade de carne mecanicamente separada de jacaré, foi estudado ao longo de 120 dias de armazenamento em congelamento, e foi mostrado que a adição de extrato de alcaçuz melhorou os parâmetros de cor e estabilidade oxidativa, com menores valores de oxidação ao final do período de armazenamento comparado ao controle, e com boa aceitação sensorial. Além disso, foi elaborada a avaliação do efeito da adição de acerola em pó e extrato de alecrim na estabilidade oxidativa e de cor em hambúrguer de carne de jacaré armazenado sob congelamento (-18 °C), mostrando que a adição de extrato de alecrim em hambúrguer de carne de jacaré melhorou a estabilidade oxidativa. Os parâmetros de cor vermelha foram maiores para o tratamento ACE, porém o tratamento ACE não foi suficiente para manter a estabilidade oxidativa durante o armazenamento. Ao contrário disso, o tratamento alecrim mostrou efeito antioxidante. Esses resultados são promissores, indicando melhora da qualidade com o efeito antioxidante do extrato de alecrim em hambúrguer de carne de jacaré, e poderá ser usado em substituição ao antioxidante eritorbato de sódio.

Palavras-chave: Carne de jacaré, Carne mecanicamente separada, Processamento tecnológico, Oxidação lipídica, Aceitação sensorial.

ABSTRACT

The production of caiman from the Pantanal (*Caiman yacare*) in captivity, has been commercially exploited in Brazil to obtain skin and meat (commercial cuts) and has gotten high valorization in national and international market. Caiman meat is known as a source of animal protein with high biological value, low lipid content, and fatty acid, which is beneficial to human health, when compared to meat from other species. Allied to this, caiman meat has a potential market and technological characteristics for better use in the preparation of by-products. The aim of this study was to evaluate the parameters of mechanically separated meat from Pantanal caiman (*Caiman yacare*), and its characterization and use in the preparation of meat products. The parameters observed from mechanically separated caiman meat were proximate composition (moisture, protein, lipid and ash), yield, pH, lipid oxidation, total volatile bases and instrumental color. The effect of temperature on water loss and salt gain during wet salting of caiman tail fillet (*Caiman yacare*) were evaluated and it showed that the increase in process temperature promotes greater loss of water (LW) and greater salt gain (SG) in caiman meat, which was stabilized 110 hours after processing. The evaluation of antioxidant effect of acerola fruit powder, rosemary and licorice extract in caiman meat nuggets containing a high amount of mechanically separated caiman meat was studied after 120 days of freezing storage. This analysis has shown that the addition of licorice extract improved the parameters of color and oxidative stability - with lower oxidation values by the end of storage period compared to the control, and with good sensory acceptance. In addition, an evaluation of the effect of acerola powder and rosemary extract addition on the oxidative and color stability of caiman meat burgers stored under freezing (-18 °C) was carried out. It has demonstrated that the addition of rosemary extract to caiman meat burger improved oxidative stability. The red color parameters were higher for the ACE treatment. Although, ACE treatment was not sufficient to maintain oxidative stability during storage. On the contrary, rosemary treatment showed antioxidant effect. These results are promising, and indicates the improvement in quality with antioxidant effect of rosemary extract in caiman meat burger, and it can be used as a replacement for the antioxidant sodium erythorbate.

Keywords: Caiman meat. Meat mechanically separated. Processing technological. Lipid oxidation. Sensory acceptance.

LISTA DE FIGURAS

Figure 1. Pantanal caiman (<i>Caiman yacare</i>)	28
Figure 2. Productive Chain of yacare caiman (<i>Caiman yacare</i>) bred in captivity from States of Mato Grosso and Mato Grosso do Sul - Brazil.	33
Figure 3. Skin patterns	33
Figura 1. Cortes comerciais de jacaré do Pantanal	60
Figura 2. Aparato experimental de salga úmida de carne de jacaré	63
Figura 3. Perda de água durante a salga úmida de carne de jacaré	65
Figura 4. Ganho de sal durante a salga úmida de carne de jacaré	67
Figure 1. Color parameters in caiman meat nuggets	85
Figura 1. Hambúrguer de carne de jacaré	101

LISTA DE TABELAS

Table 1. pH and TBARS, total volatile bases and instrumental color in mechanically separated meat caiman	52
Table 1. Formulations of caiman meat nuggets	78
Table 2. Proximate composition and TPA of caiman meat nuggets (without and with breading)	83
Table 3. Lipid oxidation (TBARS) in caiman meat nuggets	86
Table 4. Microbiological analysis in caiman meat nuggets	88
Table 5. Sensorial acceptance of caiman meat nuggets	89
Tabela 1. Formulações de hambúrguer de carne de jacaré	100
Tabela 2. Composição centesimal de hambúrguer de carne de jacaré	103
Tabela 3. Cor em hambúrguer de carne de jacaré	103
Tabela 4. pH e Oxidação lipídica (TBARS) em hambúrguer de carne de jacaré	105

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CON	Controle
ERI	Eritorbato
ACE	Acerola
ALE	Alecrim
a*	Redness Color
ABTS	2,2 - azino bis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido-sulfônico)
AFP	Acerola fruit powder
Aw	Water activity
b*	Yellowness Color
BOD	Biochemical Oxygen Demand
CFU	Colony-forming units
Cl	Cloreto
CMS	Carne mecanicamente separada
CON	Control
CP	Protein crude
DBC	Delineamento em Blocos Casualizados
DPPH	2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl
ERY	Sodium erythorbate
FRAP	Ferric Reducing Antioxidant Power
GAE	Equivalent galic acid
GLM	General Linear Model
GS	Ganho de sal (% base úmida)
HT	High Tech
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IFMT	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
L*	Lightness
LIE	Licorice extract
MDA	Malonaldehyde
MPN	Most probable number
MSM	Mechanically separated meat
Na⁺	Sódio

NaCl	Cloreto de sódio
pH	Potencial hidrogeniônico
PA	Perda de água (% base úmida)
P_t	Conteúdo de água (% base úmida) em qualquer tempo de tratamento osmótico
PC	Phenolic compounds
PFA	Polyunsaturated fatty acids
P₀	Conteúdo de água (% base úmida) da carne no início do processo
RIISPOA	Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal
ROE	Rosemary extract
SFA	Saturated fatty acids
SIF	Serviço de Inspeção Federal
SPS	Sulfite Polymyxin Sulfadiazine
S_t	Conteúdo de sal (% base úmida) em qualquer tempo do tratamento osmótico
S₀	Conteúdo de sal (% base úmida) na carne no início do processo
TBARS	Thiobarburic acid reactive substances
TPA	Texture profile analysis
TVB	Total volatile bases
t=0	Início do processo
USA	United States of America

LISTA DE SÍMBOLOS

mg	Milígrama
kg	Quilograma
°C	Grau celsius
km	Kilômetro
ppm	Parte por milhão
gL⁻¹	Gramas por litro
%	Porcentagem
mm	Milímetro
g	Gramas
cm	Centímetro
h	Hora
nm	Nanômetro
ml	Mililitro
µg	Micrograma
µmol	Micromol

Sumário

1. INTRODUÇÃO GERAL	16
2. OBJETIVOS	19
2.1. <i>Objetivo geral</i>	19
2.2. <i>Objetivos específicos</i>	19
3. REFERÊNCIAS	20
4. ORGANIZAÇÃO DOS CAPÍTULOS.....	23
CAPÍTULO I - PRODUCTION CHAIN OF MEAT FROM THE PANTANAL CAIMAN	26
1. INTRODUCTION	27
2. CHARACTERISTICS OF THE PANTANAL CAIMAN (CAIMAN YACARE).....	28
3. COMMERCIAL EXPLOITATION OF CROCODILIANS IN BRAZIL	29
4. BREEDING AND FEEDING SYSTEMS	30
5. PRODUCTION CHAIN OF THE PANTANAL CAIMAN (CAIMAN YACARE)...	32
6. CAIMAN SLAUGHTER, MEAT PRODUCTION (COMMERCIAL CUTS) AND MECHANICALLY SEPARATED MEAT (MSM).....	34
7. CHARACTERIZATION OF THE MEAT FROM THE PANTANAL CAIMAN: CHEMICAL COMPOSITION, PH AND LIPID OXIDATION.....	36
8. TECHNOLOGICAL CONSERVATION PROCESSES: COOLING, FREEZING AND SALTING	37
9. FINAL CONSIDERATIONS	39
10. REFERENCES	40
CAPÍTULO II - BETTER USE OF YACARE CAIMAN CARCASS AND PHYSICAL-CHEMICAL CHARACTERIZATION OF MECHANICALLY SEPARATED MEAT	48
1. INTRODUCTION	49
2. MATERIALS AND METHODS.....	49
2.1. <i>Statistical analysis</i>	51
3. RESULTS AND DISCUSSION.....	51
4. CONCLUSIONS.....	54
7. REFERENCES	54
CAPÍTULO III - EFEITO DA TEMPERATURA SOBRE A PERDA DE ÁGUA E GANHO DE SAL DURANTE A SALGA ÚMIDA DE CARNE DE JACARÉ (CAIMAN YACARE).....	59
1. INTRODUÇÃO	60
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	61
2.1. <i>Matéria-prima</i>	61

2.2. <i>Preparação de amostras e salmoura</i>	61
2.3. <i>Tratamento de salga úmida</i>	62
2.4. <i>Determinações analíticas após o processo de salga úmida</i>	63
2.6. <i>Análise estatística</i>	64
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
3.1. <i>Perda de água (PA)</i>	64
3.2. <i>Ganho de sal (GS)</i>	66
4. CONCLUSÃO	68
5. REFERÊNCIAS	68
CAPÍTULO IV - ANTIOXIDANT EFFECT OF ACEROLA FRUIT POWDER, ROSEMARY AND LICORICE EXTRACT IN CAIMAN MEAT NUGGETS CONTAINING MECHANICALLY SEPARATED CAIMAN MEAT	73
1. INTRODUCTION	74
2. MATERIALS AND METHODS	77
2.1. <i>Caiman meat</i>	77
2.3. <i>Pick-up of coating and oil absorption</i>	79
2.4. <i>Proximate composition and pH</i>	79
2.5. <i>Lipid oxidation</i>	80
2.6. <i>Instrumental color</i>	80
2.7. <i>Texture profile analysis (TPA)</i>	80
2.8. <i>Microbiological analysis</i>	81
2.9. <i>Sensory analysis</i>	81
2.10. <i>Statistical analysis</i>	82
3. RESULTS AND DISCUSSION	83
3.1.1. <i>Proximate composition and TPA values</i>	83
3.1.2. <i>Instrumental color</i>	85
3.1.3. <i>TBARS values</i>	86
3.1.4. <i>Microbiological analysis</i>	88
3.3. <i>Sensory analysis</i>	88
4. CONCLUSION	90
5. REFERENCES	90
CAPÍTULO V - EFEITO DA ADIÇÃO DE ACEROLA EM PÓ E EXTRATO DE ALECRIM NA ESTABILIDADE OXIDATIVA DE HAMBÚRGUER DE CARNE DE JACARÉ ARMAZENADO SOB CONGELAMENTO	96
1. INTRODUÇÃO	97
2. MATERIAL E MÉTODOS	99
2.1. <i>Matéria-prima</i>	99

2.2. <i>Processamento</i>	99
2.4 <i>Oxidação lipídica (TBARS)</i>	102
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	102
3.1. <i>Composição Centesimal</i>	102
3.2. <i>Cor instrumental</i>	103
3.3. <i>pH e TBARS</i>	105
4. CONCLUSÃO.....	106
5. REFERÊNCIAS	107
CONCLUSÃO GERAL	110

1. INTRODUÇÃO GERAL

Existe um mercado específico de carnes exóticas no Brasil, devido a dimensão do país com áreas propícias à criação de animais silvestres em cativeiro, destacando os animais como coelho (*Oryctolagus cuniculus*); tartaruga (*P. expansa*); rã (*Rana catesbeiana*); avestruz (*Struthio camelus*); javali (*Sus scrofa*) e jacaré (*Caiman crocodilus yacare*), além disso, os variados consumidores de carnes exóticas contribuem para esse nicho de mercado (SFACIOTTE et al., 2015; AMARAL et al., 2016). Nesse cenário, a carne de jacaré do Pantanal (*Caiman yacare*) ganhou popularidade e é reconhecida como uma fonte de proteína animal de alto valor biológico caracterizada por baixo teor lipídico e com um perfil de ácidos graxos benéfico para a saúde humana, (VICENTE NETO et al., 2010; FERNANDES et al., 2013; CANTO et al., 2014; FERNANDES et al., 2014; PIÑA et al., 2016; SIMONCINI et al., 2020), quando comparada à carne bovina e carne suína, as quais também apresentam alto valor biológico e por outro lado, significativos níveis de ácidos graxos insaturados (SCOLLAN et al., 2017; MOURA et al., 2015).

Frente às demandas para consumo de carnes exóticas, a exploração comercial de animais silvestres é uma atividade que vem crescendo no Brasil, com destaque para o jacaré do Pantanal (*Caiman yacare*) que vem sendo produzido legalmente sob criação em cativeiro no Estado de Mato Grosso desde a década de 1990 (ALEIXO et al., 2002), e mais recentemente no Estado de Mato Grosso do Sul (GIRARDI, 2017), sendo abatido em instalações frigoríficas, inspecionadas pelo SERVIÇO DE INSPEÇÃO FEDERAL, seguindo normas para abate humanitário, (BRASIL, 2000), para produção de cortes comerciais e pele com alta valorização de mercado.

A produção de jacaré para obtenção de pele e cortes comerciais tem contribuído para geração de emprego, renda e para a preservação da espécie na natureza. Em 2019, a produção de jacaré pela empresa Caimasul, em Corumbá, Brasil, foi de 70 mil jacarés, com rendimento de

produção de sete (7) toneladas de carne ao mês, sendo comercializada nos Estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, São Paulo e Estados da região sul do Brasil, nos segmentos de restaurantes, rede de hotéis e supermercados. Um aumento na produção de carne foi previsto pela Empresa Caimasul, de sete toneladas/mensal para 15 a 20 toneladas de carne/mensal para os anos seguintes (MORENO, 2019).

A carne de jacaré demonstra potencial tecnológico na elaboração de produtos derivados e representa uma boa alternativa para consumo com boa aceitação (ROMANELLI et al., 2002). Como forma de aproveitamento integral do abate de jacaré, a obtenção de carne mecanicamente separada (CMS) de jacaré representa uma inovação para a ciência e tecnologia de alimentos, com a caracterização dos parâmetros físico-químicos e o potencial de aplicação em desenvolvimento de produtos a base de CMS de jacaré.

A salga é uma das técnicas de processamento mais antigas utilizadas pelo homem para conservar alimentos, sendo possível aumentar o prazo de validade da carne *in natura* e obter produtos com características sensoriais específicas (LIU et al., 2014; VIDAL et al., 2020). Com grande aplicação em carnes, a salga é realizada com cloreto de sódio (sal), o qual promove a desidratação da carne, diminuindo a atividade de água (A_w) na matriz, devido à saída de água no processo e penetração do sal, a efeitos antimicrobianos como o efeito tóxico dos íons Cl^- e Na^+ sobre sistemas enzimáticos, bacterianos e efeitos sinérgicos no pH (GONÇALVES, 2011; BAMPI et al., 2016; AUGUSTO, 2018; SANCHES et al., 2020).

A salga aplicada à carne de jacaré, permite promover uma maior agregação de valor à carne, para diversificar uma gama de produtos à serem produzidos à base de carne de jacaré, considerando os cortes menos nobres (aparas de carne de jacaré) até os cortes mais nobres (filé de cauda de jacaré).

Carnes e produtos cárneos são suscetíveis à oxidação lipídica, devido à presença de ácidos graxos insaturados, podendo ter a produção de compostos tóxicos, limitando o seu prazo de validade (LORENZO e GOMEZ, 2012), além de ter alterações na cor, sabor, textura e valor nutricional (GARCÍA-GONZÁLEZ; APARICIO e APARICIO-RUIZ, 2013). O Malonaldeído é um aldeído produzido durante a oxidação lipídica secundária de ácidos graxos poliinsaturados em produtos cárneos, sendo o principal indicador da oxidação lipídica (CAMPO et al., 2006).

A carne de jacaré apresenta alto conteúdo de ácidos graxos poliinsaturados, os quais podem contribuir para o processo de oxidação lipídica durante o armazenamento (CANTO et al., 2015; VICENTE NETO et al., 2010).

Para controle da oxidação lipídica em produtos cárneos, as indústrias de alimentos utilizam antioxidantes sintéticos, entretanto, há uma tendência de apelo dos consumidores em busca de produtos alimentícios produzidos com antioxidantes naturais, os quais são compreendidos como produtos mais saudáveis e vem atendendo a exigência do consumidor frente à essa demanda (OSWELL; THIPPAREDDI e PEGG, 2018).

Atualmente essa busca constante pelos consumidores por produtos alimentícios com ingredientes mais naturais tem aumentado consideravelmente, sendo principalmente os aditivos. O uso de antioxidantes naturais extraídos de plantas tem se intensificado (BELLUCCI et al., 2021) devido aos compostos bioativos e seu efeito positivo na estabilidade oxidativa e de cor em produtos cárneos (NOWAK et al., 2016).

Os antioxidantes naturais, potencialmente podem ser estudados sob a aplicação em produtos de carne de jacaré para o controle da oxidação lipídica durante o armazenamento.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar os parâmetros de obtenção da carne mecanicamente separada de jacaré do Pantanal (*Caiman yacare*), caracterização e utilização na elaboração em produtos cárneos.

2.2. Objetivos específicos

Elaborar uma revisão bibliográfica sobre a cadeia produtiva da carne e pele de jacaré do Pantanal (*Caiman yacare*), extração de carne mecanicamente separada (CMS), caracterização físico-química, oxidação lipídica e processos tecnológicos de conservação.

Promover o melhor aproveitamento de carcaças do jacaré do Pantanal (*Caiman yacare*) com o processo de obtenção da CMS e caracterização dos parâmetros físico-químicos.

Avaliar o efeito da temperatura sobre a perda de água e ganho de sal durante a salga úmida de filé de cauda de jacaré (*Caiman yacare*).

Avaliar o efeito antioxidante de acerola em pó, extrato de alcaçuz e extrato de alecrim em nuggets de carne de jacaré contendo alta quantidade de cms de carne de jacaré ao longo de 120 dias de armazenamento congelado sobre a cor, oxidação lipídica e aceitação sensorial.

Avaliar o efeito da adição de acerola em pó e extrato de alecrim na estabilidade oxidativa e cor de hambúrguer de carne de jacaré do Pantanal (*Caiman yacare*) armazenado sob congelamento (-18 °C).

3. REFERÊNCIAS

ALEIXO, V. M.; COTTA, T.; LOGATO, P. V. A. R.; ILSO, A.; OLIVEIRA, G.; FIALHO, E. T. 2002. 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**, v. 26, n. 2, p. 411–417, 2002.

AMARAL, A. G.; CAMPOS, J. C. D.; RAMOS, T. V.; TAVEIRA, R. Z.; SILVEIRA NETO, O. J.; GOMES, R. C. C.; PEREIRA, K. A.; OLIVEIRA, O. A. M. Avaliação de mercado de carnes de animais silvestres e exóticos na Região Metropolitana de Goiânia. **Revista Espacios**, v. 37, n. 14, p.17, 2016.

AUGUSTO, P. E. D. **Princípios de tecnologia de alimentos**. vol. 3. 1º ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 410p, 2018.

BAMPI, M.; DOMSCHKE, N. N.; SCHMIDT, F. C.; LAURINDO, J. B. Influence of vacuum application, acid addition and partial replacement of NaCl by KCl on the mass transfer during salting of beef cuts. **LWT-Food Science and Technology**, v. 74, p. 26–33, 2016.

BELLUCCI, E. R. B.; PAULO E. S.; MUNEKATAB, P. E. S.; PATEIRO, M.; LORENZO, J. M.; BARRETTO, A. C. S. Red pitaya extract as natural antioxidant in pork patties with total replacement of animal fat. **Meat Science**, v. 171, p. 108284, 2021.

BRASIL. 2000. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 3, de 17 de janeiro de 2000. Aprovar o Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue. **Diário Oficial da União** de 24/01/2000, Seção 1, Página 14. Brasília-DF.

CAMPO, M. M.; NUTE, G. R.; HUGHES, S. I.; ENSER, M.; WOOD, J. D.; RICHARDSON, R. I. Flavour perception of oxidation in beef. **Meat Science**, v. 72, p. 303–311, 2006.

CANTO, A. C. V. C. S.; LIMA, B. R. C. C.; SUMAN, S. P.; LAZARO, C. A.; MONTEIRO, M. L. G.; CONTE-JUNIOR, C. A.; FREITAS, M. Q.; CRUZ, A. G.; SANTOS, E. B.; SILVA, T. J. P. Physico-chemical and sensory attributes of low-sodium restructured caiman steaks containing microbial transglutaminase and salt replacers. **Meat Science**, v. 96, p. 623–632, 2014.

CANTO, A. C. V. C. S.; COSTA-LIMA, B. R. C.; SUMAN, S. P.; MONTEIRO, M. L. G.; MARSICO, E. T.; CONTE-JUNIOR, C. A.; SILVA, T. J. P. Fatty acid profile and bacteriological quality of caiman meat subjected to high hydrostatic pressure. **Food Science and Technonology**, v. 63, p. 872–877, 2015.

FERNANDES, V. R. T.; FRANCO, M. L. R. S.; GASPARINO, E.; TANAMATI, A.; COUTINHO, M. E.; BIELAWSKI, K. Hamburguers from pantanal caiman meat (*caiman*

yacare) subjected to different smoking techniques. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, p. 927–933, 2013.

FERNANDES, V. R. T.; SOUZA F. M. L. R.; MIKCHA, J. M. G.; SOUZA, V. L. F.; GASPARINO, E.; COUTINHO, M. E.; TANAMATI, A.; DEL VESCO, A. P. Yacare caiman (*Caiman yacare*) trim hamburger and sausage subjected to different smoking techniques. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 94, p. 468–472, 2014.

GARCÍA-GONZÁLEZ, D. L.; APARICIO, R.; APARICIO-RUIZ, R. Volatile and amino acid profiling of dry cured hams from different swine breeds and processing methods. **Molecules**, v. 18, p. 3927–3947, 2013.

GIRARDI, W. 2017. Caimasul. Caimans do Sul do Pantanal. Disponível em: <<http://www.caimasul.com/br/index.html>>. Acessado 22 jun. 2020.

GONÇALVES, A. A. **Tecnologia do pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação**. São Paulo: Atheneu, 608p, 2011.

LORENZO, J. M.; GÓMEZ, M. Shelf life of fresh foal meat under MAP, overwrap and vacuum packaging conditions. **Meat Science**, v. 92, p. 610–618, 2012.

LIU, D.; PU, H.; SUN, D. W.; WANG, L.; ZENG, X. A. Combination of spectra and texture data of hyperspectral imaging for prediction of pH in salted meat. **Food Chemistry**, v. 160, p. 330–337, 2014.

MORENO, A. C. Da guerra contra coureiros aos criadouros legalizados: a saga do jacaré do Pantanal. 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/natureza/desafio-natureza/noticia/2019/06/28/da-guerra-contra-coureiros-aos-criadouros-legalizados-a-saga-do-jacare-do-pantanal.ghtml>>. Acesso: 14 de dezembro de 2021.

MOURA, J. W. F.; MEDEIROS, F. M.; ALVES, M. G. M.; BATISTA, A. S. M. Fatores Influenciadores na Qualidade da Carne Suína. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 17, n. 1, p. 18-29, 2015.

NOWAK, A.; CZYZOWSKA, A.; EFENBERGER, M.; KRALA, L. Polyphenolic extracts of cherry (*Prunus cerasus* L.) and blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) leaves as natural preservatives in meat products. **Food Microbiology**, v. 59, p. 142–149, 2016.

OSWELL, N. J.; THIPPAREDDI, H.; PEGG, R. B. Practical Use of Natural Antioxidants in Meat Products in the U.S.: A Review. **Meat Science**, v. 145, p. 469-479, 2018.

PIÑA, C. I.; LUCERO, L. E.; SIMONCINI, M.; PETERSON, G.; TAVELLA, M. Influence of flaxseed enriched diet in Broad-snouted caiman (*Crocodylia: alligatoridae*) meat. **Zootecnia Tropical**, v. 34, p. 25-33, 2016.

ROMANELLI, P. F.; CASERI, R.; LOPES-FILHO, J. F. Processamento de carne de jacaré do Pantanal (*Caiman crocodilus yacare*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, p. 70-75, 2002.

SANCHES, M. A. R.; SILVA, P. M. O. C.; BARBOSA, R. D.; ROMERO, J. T.; BARRETTO, A. C. S. Mass transfer in beef: Effect of crossbreeding and ultrasound application. **Scientia Agricola**, v. 78, p. 1–9, 2020.

SCOLLAN, N. D.; PRICE, E. M.; MORGAN, S. A.; HUWS, S. A.; SHINGFIELD, K. J. Can we improve the nutritional quality of meat? **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 76, n. 4, p. 603–618, 2017.

SFACIOTTE, R. A. P.; VIGNOTO, V. K. C.; CARDOZO, R. M.; MUNHOZ, P. M.; PINTO, A. A.; WOSIACKI, S. R.; FERRARO, G. C.; BARBOSA, M. J. B. Avaliação da qualidade microbiológica e nutritiva de carnes exóticas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, p. 839-848, 2015.

SIMONCINI, M. S.; LÁBAQUE, M. C.; PERLO, F.; FERNADEZ, M. E.; LEIVA, P. M. L.; PAEZ, A. R.; TEIRA, G.; LARRIERA, A.; PIÑA, C. I. Caiman latirostris meat characterization: Evaluation of the nutritional, physical and chemical properties of meat from sustainable ranching program in Argentina. **Aquaculture**, v. 515, p. 734570, 2020.

VICENTE NETO, J.; BRESSAN, M. C.; FARIA, P. B.; OLIVEIRA V. J.; CARDOSO, M. G.; ABREU G. M. B.; TELO G. L. Fatty acid profiles in meat from Caiman yacare (*Caiman crocodilus yacare*) raised in the wild or in captivity. **Meat Science**, v. 85, p.752–758, 2010.

VIDAL, V. A. S.; SANTANA, J. B.; PAGLARINI, C. S.; DA SILVA, M. A. A. P.; FREITAS, M. Q.; ESMERINO, E. A.; CRUZ, A. G.; POLLONIO, M. A. R. Adding lysine and yeast extract improves sensory properties of low sodium salted meat. **Meat Science**, v. 159, p. 107911, 2020.

4. ORGANIZAÇÃO DOS CAPÍTULOS

Este trabalho foi subdividido em cinco capítulos para um melhor entendimento dos assuntos abordados.

O capítulo I consiste em uma revisão bibliográfica intitulada: “Production chain of meat from the Pantanal caiman” submetida ao periódico Ciência Rural. Neste capítulo, foram relatados sobre a produção de jacaré em cativeiro, abate e obtenção de cortes comerciais, aproveitamento da carcaça do jacaré para obtenção de carne mecanicamente separada (CMS), caracterização físico-química, oxidação lipídica e processo tecnológico de conservação (salga).

O capítulo II consiste em um Short Communication intitulado “Better use of yacare caiman carcass and physical-chemical characterization of mechanically separated meat” submetido ao periódico Ciência Rural. Neste capítulo, foram relatados sobre o aproveitamento da carcaça de jacaré para obtenção de carne mecanicamente separada e estudo da caracterização físico-química sob os parâmetros de cor, pH, oxidação lipídica, bases voláteis totais e composição centesimal.

O capítulo III consiste em um artigo científico intitulado: “Efeito da temperatura sobre a perda de água e ganho de sal durante a salga úmida de carne de jacaré (*Caiman yacare*)” à ser submetido ao periódico Meat Science. Neste capítulo, foi relatado sobre o efeito da temperatura no processo de salga úmida em carne de jacaré.

Capítulo IV consiste em um artigo científico intitulado: “Antioxidant effect of acerola fruit powder, rosemary and licorice extract in caiman meat nuggets containing mechanically separated caiman meat” publicado no periódico Meat Science. Neste capítulo, foram relatados sobre o efeito antioxidante de compostos naturais sob os parâmetros de cor e estabilidade oxidativa e aceitação sensorial em nuggets de carne de jacaré.

Capítulo V consiste em um artigo intitulado: “Efeito da adição de acerola em pó e extrato de alecrim na estabilidade oxidativa de hambúrguer de carne de jacaré armazenado sob congelamento” à ser submetido ao periódico Food Science and Technology. Neste capítulo, foram relatados sobre efeito antioxidante de compostos naturais sob os parâmetros de cor e oxidação lipídica em hambúrguer de carne de jacaré.

Por fim, será apresentada a conclusão geral do trabalho realizado.

CAPÍTULO 1

Artigo de revisão submetido ao periódico Ciência Rural

Production chain of meat from the Pantanal caiman

Gilmar Borges de Paiva^{1,2*}; João Marcos dos Santos¹; Javier Telis-Romero¹, José Manuel Lorenzo^{3,4}, Andrea Carla da Silva Barretto¹

¹São Paulo State University – UNESP, Department of Food Technology and Engineering, Meat, Fish and Derived Laboratory, Street Cristóvão Colombo, 2265, Zip Code 15054-000 São José do Rio Preto, SP, Brazil

²Federal Institute of Education, Science and Technology of Mato Grosso – IFMT *Campus* Campo Novo do Parecis, Highway MT 235, KM 12, Rural Zone, Zip Code 78360-000 Campo Novo do Parecis, MT, Brazil

³Centro Tecnológico de la Carne de Galicia, Avd. Galicia Nº 4, Parque Tecnológico de Galicia, San Cibrao das Viñas, 32900 Ourense, Spain

⁴Área de Tecnología de los Alimentos, Facultad de Ciencias de Ourense, Universidad de Vigo, 32004 Ourense, Spain

* Corresponding author. E-mail address: gilmar.paiva@ifmt.edu.br

Abstract

Caiman rearing in captivity has been developed, within a legal framework, in the States of Mato Grosso and Mato Grosso do Sul, Brazil, obtaining skin and meat (commercial cuts) with considerable market value. The objective of this study was to elaborate a review on the production chain of the skin and meat of the Pantanal caiman (*Caiman yacare*), mechanically separated meat extraction, the physicochemical composition of caiman meat, as well as lipid oxidation and technological conservation processes. The Pantanal caiman production chain for meat and skin is an activity of great importance in the Brazilian Pantanal region, which has contributed to social and economic development. Caiman meat from the Brazilian Pantanal with good physical-chemical characteristics, represents an alternative source of meat for consumption and as a potential ingredient in preparing by-products with good sensory acceptance. The extraction of mechanically separated meat from the caiman carcass represents good use of the farmed caiman and is a potential for the development of innovative products.

Keywords: Production chain; Pantanal caiman; Technological potential.

1. Introduction

The Pantanal is an ecosystem inhabited by countless species of mammals, reptiles, birds and fish. It sustains a very rich and diversified fauna. Exploitation of wild animals is an activity that is growing in Brazil and, among crocodylian species, the Pantanal caiman (*Caiman yacare*) has been legally bred in captivity in Mato Grosso and Mato Grosso do Sul. This activity has always had the main objective of obtaining skins destined for the international market with high profitability and, later, as a by-product in the commercial exploitation of meat (ALEIXO et al., 2002; VICENTE NETO et al., 2006; FERNANDES ET al., 2017).

The meat of the Pantanal caiman has the technological potential to develop derivative products and is an alternative use with good acceptance with the consumption (ROMANELLI et al., 2002). Caiman meat contains low lipid content, most of which is made up of polyunsaturated fatty acids, as well as having a high protein content and fast digestibility (VICENTE NETO et al., 2006; VICENTE NETO et al., 2010).

The edible parts of Pantanal caiman meat are divided into meaty cuts, where there is a higher meat content and, to use the rest of the meat, the bones are added and then meat is mechanically extracted, i.e. mechanically separated meat (MSM) is obtained. According to Brazilian regulations (BRAZIL, 2000a), MSM is the meat removed from bones, carcasses or parts of carcasses, with the exception of the head bones, submitted to mechanical separation in specific equipment. The technology for obtaining MSM processes the meat that is stuck to the carcass of slaughtered animals and is widely used with poultry and fish.

The objective of this study was to elaborate a review on the meat and skin production chain of Pantanal caiman (*Caiman yacare*), mechanically separated meat extraction, the

physicochemical characterization of the meat, lipid oxidation and technological conservation processes.

2. Characteristics of the Pantanal Caiman (*Caiman yacare*)

The Pantanal caiman (Figure 1) belongs to the class Reptilia, order Crocodylia family Caiman, gender *Cayman*, species *Cayman crocodilus yacare*, reaching between 2.5 and 3 meters long in adulthood (STORER et al., 1991), inhabits the Amazon Basin region (Rondônia), Paraguay River Basin (Pantanal de Mato Grosso and Mato Grosso do Sul), in addition to Bolivia and Paraguay (FARIAS et al., 2013).



Figure 1. Pantanal caiman (*Caimam yacare*) (GUIMARÊS, 2016).

According to FARIAS et al. (2013), from the population surveys of *Caiman yacare*, the Brazilian Pantanal has one of the most concentrated populations of crocodylians in the world, with a quantity greater than 100 individuals/km. The Pantanal caiman is crocodylian, oviparous, poikilothermic and essentially carnivorous. Its diet varies with age, habitat, season and geographic

region. In its natural habitat, its food during the dry season consists of insects and fish as well as other things from mollusks to vertebrates (ALEIXO et al., 2002).

3. Commercial exploitation of crocodilians in Brazil

In Brazil, for many years, crocodilians were indiscriminately hunted for their skins which had a high market value. There was no restriction on the commercial exploitation of wild animals and, combined with the loss of habitat due to the expansion of livestock and agriculture, this led to the depletion of natural populations of crocodilians in the late 1960s, noting the threat of extinction in some species of exploited crocodilians such as: the black caiman (*Melanosuchus niger* Spix) and the yellow-throated caiman (also known as the broad-snouted caiman) (*Caiman latirostris*). Later, attention was directed to the exploration of the Pantanal caiman (*Caiman yacare*), which was hunted to meet demand, reducing its population to critical levels in the following years (BRITTON, 2012; GOMES & PHILIPPI, 2018).

With the prohibition of professional hunting of wild animals in Brazil, wild fauna started to be officially protected. This significantly favored the reduction of illegal exploitation of crocodilians in the country (OPNAL, 2015). On the other hand, explorers continued their illegal hunting activity, supplying the clandestine international skin and pelt market, considering that the price was on the rise in the late 1970s (MOURÃO, 2000). Concerned with the preservation of fauna in Brazil, environmentalists sought to pressure the responsible authorities to stop the clandestine activity of hunting crocodilians in the country (VERDADE, 2004).

In Brazil, the current model of using or exploiting the natural caiman population (*Caiman yacare*) through the extraction of eggs in nature and the raising the young in captivity

is based on Regulation No. 126, dated 13/02/1990 of the Brazilian Institute for the Environment and Renewable Natural Resources (IBAMA) (BRAZIL, 1990; COUTINHO, 2006).

Supported by this legislation, farmers were encouraged to exploit the breeding of these animals and, later, to organize themselves into cooperatives or societies for exploitation in captivity, with adequate facilities for breeding and slaughter under the supervision of the Federal Inspection Service (FIS), as is the case of the Pantanal Caiman Breeders Cooperative (Coocrijapan), Cáceres, Brazil (JORNAL OESTE, 2009).

According to ALEIXO et al. (2002), the rational breeding of caimans in captivity is an activity that has developed since the 1990s in the state of Mato Grosso, Brazil, with the main objective of obtaining better quality hides, different from those from animals captured in the wild. In this breeding system, the authors claim that the full use of the animal occurs and that, associated with new environmental laws, rational exploitation can contribute to the maintenance of the ecological balance of this species in the Pantanal in the state of Mato Grosso, reducing predatory hunting.

The creation of the Pantanal caiman in captivity has expanded to the State of Mato Grosso do Sul where, legally and with SIF registration, with facilities for raising, slaughtering, obtaining skin and processing commercial cuts of caiman, Caimasul, in the municipality of Corumbá, Brazil, has been producing significant amounts of skin and meat, with larger scale production planned in the future, (GIRARDI, 2017).

4. Breeding and Feeding Systems

According to IBAMA's Regulation 126, of 02/13/1990, breeding in captivity of the Pantanal Caiman can occur in two systems: Farming and Ranching. The Farming system

encompasses the entire reproductive cycle of the species, an adult animal (male or female) being captured in the wild and exploited in captivity.

The Ranching system consists of collecting eggs in the wild and raising the chicks in captivity until slaughter, when they reach a weight between 5 and 6 kg and are aged about 2 years. It starts by monitoring the nests in the collection areas (wetland regions), mapping and promoting an estimated count of the caiman and egg population. The collection of eggs occurs in a discerning, controlled way, observing the position of the eggs in the nests. This is to avoid the death of the embryo by asphyxia, because at this stage, the embryo is not able to reposition itself in the yolk after internally attaching to the shell. After collection, the eggs are carefully placed in plastic boxes (with material from the nest) in the same position and transported to the farm, where they are incubated in a specific room under controlled conditions of light, humidity and temperature between 28 and 34 °C. This latter condition will determine the sex of the animal. Egg incubation takes place on average for 75 days. After hatching, caiman chicks are bathed in an antiseptic solution for 20 minutes to heal the umbilical opening and are identified by year of birth and batch. Then, they are forwarded to the rearing and fattening pens, where they receive a balanced diet according to their energy needs, up to 2 years, which is the ideal age for slaughter. In this system of raising caiman in captivity, 10% of caiman production is returned to nature, for the maintenance of the species (VERDADE, 2004; GOMES & PHILIPPI, 2018).

As a way of maintaining the species in nature, and by determination of Regulation No. 126, of 02/13/1990 of IBAMA, 10% of the caiman population born in farm breeding must be returned to their natural habitat when they are still in the juvenile stage (6 months). In this type of exploitation, according to SHÚ et al. (2015), the economic investment focus is on egg collection and animal farming, refraining from investments related to breeding, which is left to

nature. This is mainly why this system of breeding has aroused the greatest interest among breeders.

In a captive breeding system, the caiman is fed a balanced ration produced from a mixture of ground bovine viscera (lung and spleen), blood meal and meat meal, enriched with vitamins and amino acids. Its diet is strictly controlled, being rich in protein (52.9% to 68.69% of crude protein (CP) in dry matter). Feeding occurs once a day, according to the weight of each animal, in the proportion of 10 to 20% of their body weight (ALEIXO et al., 2002; GOMES & PHILIPPI, 2018).

5. Technical visits and production chain of the Pantanal caiman (*Caiman yacare*)

Technical visits were performed in the city of Cáceres-Mato Grosso, Brazil, geographic coordinates (16°07'34" S, 57°42'10" W, altitude of 128 m) and in the city of Corumbá-Mato Grosso do Sul, Brazil, geographic coordinates (19°17'21" S, 57°37'37" W, altitude of 97 m) to know the raising and slaughtering of caiman activity.

The caiman production chain (Figure 2) is developed from the breeding of the animal, by the ranching system, initiated by the collection of eggs in nature, incubation, rearing and fattening until slaughter at the purpose-built facilities at the establishment. This activity has shown economic promise in the states of Mato Grosso and Mato Grosso do Sul, Brazil, where several farmers have invested in this segment with significant results.

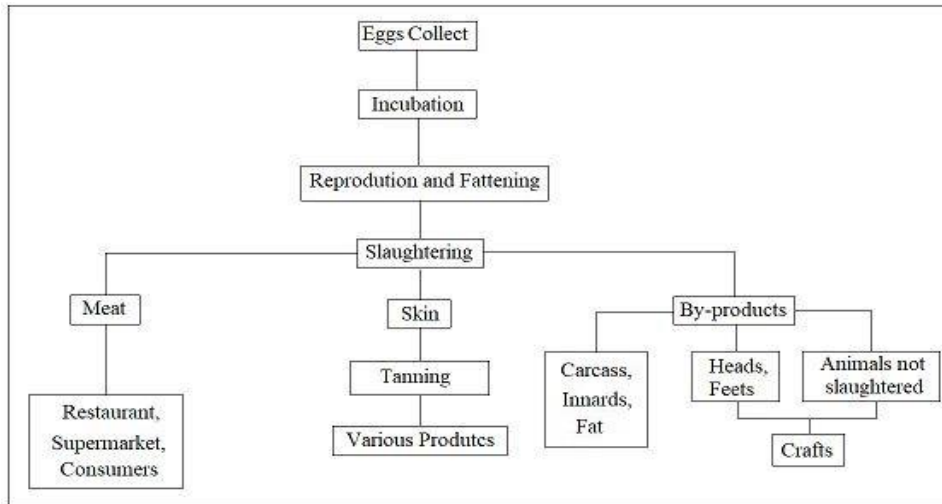


Figure 2. Productive Chain of Pantanal caiman (*Caiman yacare*) bred in captivity in the States of Mato Grosso and Mato Grosso do Sul - Brazil. (FERNANDES et al., 2017; GOMES & PHILLIPPI, 2018).

The main product of the Pantanal caiman production chain is the skin, which is highly valued in the international market, its commercial exploitation is the one that most drives the activity. The skins are obtained differently in terms of design and shape, according to the cut of the animal during slaughter.

The skin in the **Belly** pattern (Figure 3A) has a characteristic in which its cut is made in the middle of the back, aiming to emphasize the design of the belly, which allows for a more uniform, soft and sophisticated finish. The **Hornback** (Figure 3B), on the other hand, is characterized by the cut made on the belly, emphasizing the design of the back and the crest of the tail, emphasizing the nuances of the natural texture of the animal (NOGUEIRA et al., 2019).

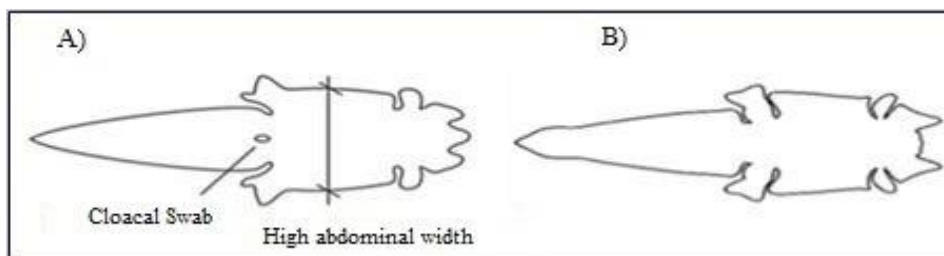


Figure 3. Skin patterns: A) Belly; B) Horn back (NOGUEIRA et al., 2019).

In Brazil, Pantanal caiman leather is industrialized for the production of footwear, clothing, belts and bags, contributing to the creation of jobs and local development (JORNAL OESTE, 2009; GIRARDI, 2017). Caiman meat has shown growing and promising results in both production and marketing, being sold in restaurants, butchers, supermarkets and hotels.

6. Caiman slaughter, meat production (commercial cuts) and mechanically separated meat (MSM)

Caimans, previously fasted for 48 hours, are slaughtered in accordance with the humane slaughter practices and requirements established by BRAZIL (2000b). The animal is desensitized by a jet of compressed air from a purpose-designed pistol to the head and then subjected to bloodletting and total rupture of the spinal cord (to cease jerky movements and finalize the death of the animal). Then it is skinned, eviscerated, the viscera are inspected, the carcass is washed (chlorinated water at 5 ppm), inspection of the carcass, cooling (2 to 4 °C / 24 hours), deboning (commercial cuts), freezing and shipping. Animals considered unfit for slaughter, due to having some disease, are separated and clinically observed and slaughter is carried out separately (VICENTE NETO et al., 2006; GOMES & PHILIPPI, 2018).

Pantanal caiman is a meat option with good acceptance. Its physicochemical properties show potential for using modern technology for the production of derivatives (ROMANELLI et al., 2002). The meat has a low lipid content and high protein content, with rapid digestibility (VICENTE NETO et al., 2006).

The commercial cuts of the Pantanal caiman are classified into tail fillet, loin fillet, mignon fillet, back fillet, upper thigh, lower thigh, tail tip, nuggets and shavings. These are sold in restaurants, butchers and hotel chains as an alternative for consumers looking for healthier

meat with low fat content and polyunsaturated fatty acid profile (VICENTE NETO et al., 2006; RODRIGUES et al., 2007; VICENTE NETO et al., 2007; COSSU et al., 2007; AZEVEDO et al., 2009; FERNANDES et al., 2017).

The technological potential of caiman meat was shown in a study carried out by ROMANELLI et al. (2002), who considered the technical feasibility of preparing products derived from caiman meat as an alternative form of consumption. They found approval of over 50% for four different processed forms, namely: a restructured hamburger-type product, cooked canned meat, raw smoked and cured meat and cooked cured ham-type meat. Other forms of utilization are the elaboration of caiman viscera flour (ROMANELLI & SCHMIDT, 2003) and flour produced from the boneless carcass, these being alternative sources of nutrients for incorporation into animal feed formulations (VICENTE NETO et al., 2006). In addition to the use of by-products from the bones that make up the carcass, and from other things like gristle and the internal organs, getting the meat that is still on the carcass after boning is an alternative for the preparation of other products that add economic value to the production chain (MORAIS et al., 2013).

Obtaining MSM, Japanese technology from 1940, was first developed to take advantage of underutilized and low commercial-value fish species, allowing greater meat recovery compared to conventional processing methods, generating versatile raw material for the development of several products (GUIMARÃES et al., 2017).

The technology for obtaining MSM is now widely used in the poultry processing industry to separate the meat still on the carcass (without the commercial cuts), being used in food products such as sausages and mortadella, to increase their nutritional and sensory attributes (WUBSHET et al., 2019).

7. Characterization of the meat from the Pantanal caiman: chemical composition, pH and lipid oxidation

Pantanal caiman meat has a high protein content and low lipid content when compared to beef, pork and poultry. VICENTE NETO et al. (2007), found values ranging from 23.93 to 21.88 % for proteins and 0.66 to 2.98% for lipids in Pantanal caiman meat from farms and natural habitats, respectively. Caimans raised on farms have a lower lipid content due to balanced feeding control.

The pH values were observed in caiman tail muscle, ranging from 6.6 to 6.7 (initial) and 5.5 to 5.7 thirty-six hours after bleeding (TABOGA et al., 2003; VIEIRA et al., 2012). In fish, the pH values are higher, the *rigor mortis* being of shorter duration, when compared to that of mammals and, in general, it ranges from 1 to 7 hours *post mortem*, with the initial pH varying from 7.0 to 7.3 and the final pH from 6.2 to 6.5 (AMILACHER, 1965).

Lipid oxidation is the main cause of limited shelf life of meat and meat products (LORENZO & GÓMEZ, 2012) with different changes in color, flavor, texture and nutritional value (GARCÍA-GONZÁLEZ et al., 2013). Pantanal caiman meat has a low content of saturated fatty acids (SFA) and a high content of polyunsaturated fatty acids (PFA), including the omega-3 fatty acids, when compared to beef (CANTO et al., 2015; VICENTE NETO et al., 2010). Caiman meat is susceptible to oxidative deterioration due to its lipid profile composition. Malondialdehyde (MDA) is one of the most important aldehydes produced during secondary lipid oxidation of polyunsaturated fatty acids and, in meat products, it is a main indicator of lipid oxidation.

8. Technological conservation processes: cooling, freezing and salting

In general, cold preserves food by totally or partially inhibiting the main agents that cause alterations in the microbiological, enzymatic and metabolic activity of animal and plant tissues after sacrifice and harvest. The application of cold can occur by cooling or freezing the fresh or processed product (MERCIER et al., 2017).

Cooling is the unit operation, in which the food temperature is reduced by between -1 and 8 °C to reduce the rate of biochemical and microbiological changes and increase the shelf life of fresh and processed foods. Greater conservation effects by cooling can be observed when combined with control of the composition of the food storage atmosphere (packaging with a modified atmosphere), the reduction of the oxygen concentration and/or the increase of the carbon dioxide concentration to inhibit microbial development (DUARTE et al., 2020; ROIHA et al., 2018).

The freezing process, on the other hand, is widely used in the food industry as it allows a greater extension of the shelf life of products with less sensory and nutritional alterations. The freezing begins to occur between -1 °C to -3 °C, depending on the solute concentration in the aqueous phase. However, freezing temperatures vary according to the matrix, ranging from -18 °C to -25 °C for meat and fish in general. Although freezing is an efficient method for conservation of food, chemical reactions maintain a relatively high rate even during freezing as, for example, in the case of the oxidation of lipids which limits the shelf life of most frozen products too (CHUDASAMA et al., 2018; DAWSON et al., 2018).

The cold chain contributes positively to obtaining meat for human consumption. Temperatures from 4°C to 7°C are required because they promote the cooling of carcasses of slaughtered animals such as beef, pork, caiman, among others, for a period of 24 hours for later

obtaining commercial cuts through deboning. On the other hand, freezing is an indispensable factor for the conservation of products obtained from caiman meat, and meat from other animal sources (ORDÓÑEZ, 2005; FELLOWS, 2019).

Salting is one of the oldest processing techniques used by man to preserve food. For salting meat, salt (sodium chloride) is used as a conservation element, whose principal action is fundamentally based on a decrease in water activity (A_w), due to the dehydration of the meat, the result of the exchange of salt and water in the process. Also, antimicrobial effects such as the toxic effect of Cl^- and Na^+ ions on enzymatic and bacterial systems and synergistic effects on pH play a part (TELIS et al., 2003; SANCHES et al., 2021; BAUBLITS et al., 2006; BINICI & KAYA, 2018).

Dry salting is a widespread application for meat and fish. It consists of rubbing or sprinkling coarse salt on the surface of the meat, which is piled up and the exuded liquid is allowed to drain. Then it is hung in the sun individually for drying. Wet salting, on the other hand, is performed by injecting brine (water and salt) into the meat or placing the meat in a static brine (BINICI & KAYA, 2018). And there is mixed salting, a combination of the two previous ones, which has been practiced in the industrial processing of jerked beef, first with wet salting and then dry salting in piles. Mixed salting is also used in the industrial processing of fish such as herring, sardines and cod, which are dehydrated in wet salting (BAUBLITS et al., 2006).

With the property of dehydrating meat, salt in association with heat causes a decrease in moisture and water activity (KROČKO et al., 2019). Accordingly, the meat and meat product is conducive to oxidative deterioration, promoting rancidity in the lipids, or the salt becomes a fat prooxidant leading to activation of muscle lipoxidase (AMARAL et al., 2018).

Wet curing contains dissolved osmotic agents (salts, sugars, phosphates and acids, among others) (MCKEE & ALVARADO, 2004).

It is also known as osmotic treatment and can promote the reduction of lipid oxidation due to the lower concentration of available oxygen and better control of the salt concentration in the brine and, consequently, in the product. Saline solutions can also be regenerated through the pressure filtration process to remove microorganisms that gradually build up, thus allowing substantial cost savings (LAWRIE, 2006).

Meat cuts, when subjected to osmotic treatments in aqueous solutions containing sodium chloride as the osmotic agent, can gain or lose water, depending on the salt concentration, temperature and pH of the system (COLLIGNAN et al., 2001; MARTINS et al., 2015). Osmotic treatments can be classified as hydration and osmotic dehydration processes as a function of water gain and loss (RAMYA & JAIN, 2017). This behavior was observed by GRAIVER et al. (2006) in pork samples. The authors reported that the samples when immersed in saline solutions at concentrations of 5 to 200 g L⁻¹ of NaCl gained water and at concentrations of 300 g L⁻¹ they lost water.

Considering to the high market valuation of commercial cuts of caiman meat, it should be noted that the process of salting caiman meat can contribute to the increase of value added, and contribute to the range of products derived from caiman meat.

9. Final considerations

The Pantanal caiman production chain for meat and skin production is an activity with great potential for further development in the wetland Pantanal region of the States of Mato

Grosso and Mato Grosso do Sul and which has already contributed to social and economic development in that region.

Pantanal caiman meat has good physical-chemical characteristics, representing an alternative source of meat for consumption and with potential for the preparation of by-products with good sensory acceptance.

Mechanically extracted meat separated from the caiman carcass means full use of caiman slaughter and has a high potential in the development of innovative products.

New studies are suggested on the technological application of mechanically separated caiman meat in the development of innovative products, aimed at inclusion in school lunches.

10. References

- ALEIXO, V. M. et al. Efeitos da adição de diferentes teores de farelo de soja na dieta sobre o desenvolvimento de filhotes de jacaré do Pantanal (*Caiman yacare*, Daudin, 1802). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 2, p.411–417, 2002. Available from: <https://silo.tips/queue/the-effect-of-the-addition-of-different-soybean-meal-on-the-performance-of-caima?&queue_id=1&v=1640483969&u=MTc3LjIwMC4yMzAuNg==>. Accessed: Mar. 18, 2021.
- AMARAL, A. B. et al. Lipid oxidation in meat: mechanisms and protective factors – a review. **Food Science and Technology**, v. 38, p. 1-15, 2018. Available from: <<https://www.scielo.br/j/cta/a/3ZDMTNLBZ63pGz3DgsbyS7h/?lang=en>>. Accessed: Mar. 18, 2021. doi: 10.1590/fst.32518.
- AMLACHER, E. Rigor mortis in fish. In: BORGSTROM, G. (Ed.) **Fish as Food**. New York: Academic Press, cap. 12, p. 385-409, 1961.
- AZEVEDO, I. C. et al. Teste de aceitação e composição centesimal de carne de jacaré do papo amarelo (*Caiman latirostris*). **Ciência Rural**, v. 39, n. 2, p.34-539, 2009. Available from: <<https://www.scielo.br/j/cr/a/4v7hwSzKmgFsv8hyJNt8k5t/abstract/?lang=pt>>. Accessed: Mar. 18, 2021. doi: 10.1590/S0103-84782009000200034.
- BAUBLITS, R. T. et al. Impact of muscle type and sodium chloride concentration on the

- quality, sensory, and instrumental color characteristics of solution enhanced whole-muscle beef. **Meat Science**, v. 72, n. 4, p. 704–712, 2006. Available from: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22061883/>>. Accessed: Mar. 18, 2021. doi: 0.1016/j.meatsci.2005.09.023.
- BINICI, A.; KAYA, G. K. Effect of brine and dry salting methods on the physicochemical and microbial quality of chub (*Squalius cephalus* Linnaeus, 1758). **Food Science and Technology**, v. 38, n. 1, p.66-70, 2018. Available from: <<https://www.scielo.br/j/cta/a/4kNq87FZfc9txLhXPB4CMVL/?lang=en>>. Accessed: Mar. 18, 2021. doi: 10.1590/1678-457X.15717.
- BRAZIL, 1990. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Portaria 126, de 13 de fevereiro de 1990. Registro de criação com finalidade comercial, destinado a recria em cativeiro de jacaré (*caiman crocodylus yacare*) na bacia do Rio Paraguai. Available from: <<http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/IBAMA/PT0126-021102.PDF>>. Accessed: Mar. 06, 2021.
- BRAZIL, 2000a. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 4, de 31 de março de 2000. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Carne Mecanicamente Separada (CMS) de Aves, Bovinos e Suínos. Diário Oficial da União, Brasília, 05/04/2000, Seção 1, p. 6. Available from: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/suasa/regulamentos-tecnicos-de-identidade-e-qualidade-de-produtos-de-origem-animal-1/rtiq-carneos-e-seus-derivados-1>>. Accessed: Mar. 06, 2021.
- BRAZIL, 2000b. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 3, de 17 de janeiro de 2000. Aprovar o Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue. Diário Oficial da União, Brasília, 24/01/2000, Seção 1, p. 14. Available from: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/bem-estar-animal/arquivos/arquivos-legislacao/in-03-de-2000.pdf/view>>. Accessed: Mar. 06, 2021.
- BRITTON, A. Crocodilian Species List: *Melanosuchus niger* (Spix, 1825). [S.l.: s.n.], 2012. Available from: <http://crocodilian.com/cnhc/csp_mnig.htm>. Accessed: Mar. 06, 2021.
- CANTO, A. C. V. C. S. et al. Fatty acid profile and bacteriological quality of caiman meat subjected to high hydrostatic pressure. **Food Science and Technonology**, v. 63, n. 2, p. 872–877, 2015. Available from: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643815003527>>. Accessed: Mar. 06, 2021. doi: 10.1016/j.lwt.2015.05.003.
- CHUDASAMA, B. G. et al. Comparative study of quality changes in physicochemical

- and sensory characteristics of iced and refrigerated chilled store Indian mackerel (*Rastrelliger kanagurta*). **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 6, n. 4, p.533–537, 2018. Available from:<<https://www.entomoljournal.com/archives/2018/vol6issue4/PartJ/6-4-91-992.pdf>>. Accessed in Octo 06, 2021.
- COLLIGNAN, A. et al. Osmotic treatment of fish and meat products. **Journal of Food Engineering**, v. 49, n. 2-3, p.153-162, 2001. Available from:<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877400002156>>. Accessed: Mar. 06, 2021. doi: 10.1016/S0260-8774(00)00215-6.
- 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**, v. 44, n. 5, p.329-336, 2007. Available from:<<https://www.revistas.usp.br/bjvras/article/view/26615/28398>>. Accessed: Mar. 06, 2021.
- DAWSON, P. et al. Effect of freezing on the shelf life of Salmon. **International Journal of Food Science**, p.1–12, 2018. Available from: <<https://downloads.hindawi.com/journals/ijfs/2018/1686121.pdf>>. Accessed: Mar. 06, 2021. doi: 10.1155/2018/1685121.
- DUARTE, A. M. et al. Quality Assessment of Chilled and Frozen Fish-Mini Review. **Foods**, v. 9, p.1739, 2020. Available from: <<https://www.mdpi.com/2304-8158/9/12/1739>>. Accessed: Mar. 06, 2021. doi: 10.3390/foods9121739.
- FARIAS, I. P. et al. Avaliação do risco de extinção do jacaré do Pantanal (*Caiman yacare*) (Daudin, 1802) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, v. 3, n. 1, p.21-30, 2013. Available from:<https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/biodiversidade/fauna-brasileira/avaliacao-do-risco/crocodilianos/Caiman_yacare.pdf>. Accessed: Mar. 06, 2021.
- FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos – Princípios e Prática**. 4.ed. São Paulo: Artmed, 2019.
- FERNANDES, V. R. T. et al. Commercial cuts of Pantanal caiman meat according to sex. **Ciência Rural**, v. 47, n. 02, p. e20160195, 2017. Available from: <<https://www.scielo.br/j/cr/a/gCSgY4Bwsg8B3yDJYWTQJTK/?format=pdf&lang=en>>. Accessed: Mar. 06, 2021. doi: 10.1590/0103-8478cr20160195.
- GARCÍA-GONZÁLEZ, D. L. et al. Volatile and amino acid profiling of dry cured hams from different swine breeds and processing methods. **Molecules**, v. 18, n. 4, p.3927–3947, 2013. Available from: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23552905/>>. Accessed: Mar. 06, 2021. doi: 10.3390/molecules18043927.

- GIRARDI, W. 2017. Caimasul. Caimans do Sul do Pantanal. Disponível em: <<http://www.caimasul.com/br/index.html>>. Accessed: Mar. 06, 2021.
- GOMES, L. S.; PHILIPPI, D. A. Sustainable features of innovations for caiman meat and leather: case study on Caimasul. **Brazilian Applied Science Review**, v. 2, n. 4, p. 1315-1333, 2018. Available from: <<https://brazilianjournals.com/ojs/index.php/BASR/article/view/518/446>>. Accessed: Mar. 06, 2021.
- GUIMARÃES, C. 2016. Do Pantanal para o mundo. **Safra: Revista do Agronegócio**. Available from: <<https://pt.calameo.com/read/00398957554ccf59d9d1d?authid=s0dwSAHZny4V>>. Accessed: Mar. 06, 2021.
- GUIMARÃES, J. L. B. et al. Production and use of mechanically separated fish meat: a review. *Higiene Alimentar*, v. 31, n. 268/269, 2017. Available from: <<https://docs.bvsalud.org/biblioref/2017/07/837454/268-269-site-31-35.pdf>>. Accessed: Mar. 10, 2021.
- GRAIVER, N. et al. Diffusion of sodium chloride in pork tissue. **Journal of Food Engineering**, v. 77, n. 4, p.910–918, 2006. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877405005704?casa_token=v-cu-Mh-aOAAAAAAA:KNLPvG9oZRTu4AZWoiQ5jfVgC4jhOSQp9Mdn4yuUnebWuBs6S-CARSch7OOT5q0tPwZ5nNxsuE1qS>. Accessed: Mar. 06, 2021. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2005.08.018.
- JORNAL OESTE. 2009. Criação de jacarés em cativeiro em Cáceres tem apoio de cooperativa. Cáceres, MT. Available from: <http://www.jornaloeste.com.br/noticias/exibir.asp?id=327¬icia=criacao_de_jacarés_em_cativeiro_em_caceres_tem_apoio_de_cooperativa>. Accessed: Mar. 06, 2021.
- LAWRIE, R. A. **Meat Science**. CRC Press, New York: Boca Raton, 2006, 3th ed.
- LORENZO, J. M.; GÓMEZ, M. 2012. Shelf life of fresh foal meat under MAP, overwrap and vacuum packaging conditions. **Meat Science**, v. 92, n. 4, p.610-618. Available from: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174012002173>>. Accessed: Mar. 06, 2021. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.06.008.
- KROČKO, M. et al. Microbiology safety assessment of brine after wet salting of meat. **Journal Microbiol Biotech Food Science**, v. 9, p.431-433, 2019. Available from: <https://www.jmbfs.org/wp-content/uploads/2019/11/jmbfs_1991_Krocko.pdf>. Accessed: Mar. 06, 2021.
- MARTINS, M. G. et al. Drying kinetics and hygroscopic behavior of pirarucu (*Arapaima*

- gigas*) fillet with different salt contents. **LWT – Food Science and Technology**, v. 62, n. 1, p.144-151, 2015. Available from: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643815000262>>. Accessed: Mar. 06, 2021. doi: 10.1016/j.lwt.2015.01.010.
- MERCIER, S. et al. Time-temperature management along the food cold chain: a review of recent developments. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 16, n. 4, p.647-667, 2017. Available from: <<https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1541-4337.12269>>. Accessed: Mar. 06, 2021. doi: 10.1111/1541-4337.12269.
- MCKEE, S.; ALVARADO, C. Marination and brining of poultry products: value added. Poultry meat quality research updates. In 57th Annual Reciprocal Meat Conference, 2004. Available from: <[https://meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/rmc/2004/brining-and-marination---functional-ingredients\(3\).pdf?sfvrsn=2](https://meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/rmc/2004/brining-and-marination---functional-ingredients(3).pdf?sfvrsn=2)>. Accessed: Mar. 06, 2021.
- MORAIS, C. S. N. et al. Mortadella sausage manufactured with caiman yacare (*Caiman crocodilus yacare*) meat, pork backfat, and soybean oil. **Meat Science**, 95: 403–411, 2013. Available from: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23747636/>>. Accessed: Mar. 06, 2021. doi: 10.1016/j.meatsci.2013.04.017.
- MOURÃO, G. M. Utilização econômica da fauna silvestre no Brasil: o exemplo do jacaré do Pantanal. **Embrapa Pantanal**, n. 05, p. 14, 2000. Available from: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/812747/1/ADM005.pdf>>. Accessed: Mar. 06, 2021.
- NOGUEIRA, W. V. et al. Exploração Crocodiliana no Brasil: sistemas de produção e recursos humanos. **Bioenergia em revista: diálogos**, v. 9, n. 1, p.9-32, 2019. Available from: <<http://fatecpiracicaba.edu.br/revista/index.php/bioenergiaemrevista/article/view/293/pdf>>. Accessed: Mar. 06, 2021.
- OPNAL – Business opportunity. Cadeia produtiva crocodiliana. 2015. Alagoas, Brazil. Disponível em: <http://www.investmentosalagoas.al.gov.br/op/ag_09.pdf>. Accessed: Mar. 06, 2021.
- ORDÓÑEZ, J. A. **Food Technology: Food Components and processes**. Artmed, Porto Alegre, 2015.
- RAMYA, V.; JAIN, N. K. A Review on osmotic dehydration of fruits and vegetables: an integrated approach. **Journal of Food Process Engineering**, v. 40, n. 3, p.1-22, 2017. Available from: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jfpe.12440>>. Accessed: Mar. 06, 2021. doi: doi.org/10.1111/jfpe.12440.
- RODRIGUES, E. C. et al. Qualidade e composição química de cortes comerciais de carne de jacaré-do-pantanal (*Caiman yacare*). **Ciência Agrotecnologia**, v. 31, n. 2, p.448-455,

2007. Available from: <
<https://www.scielo.br/j/cagro/a/gXMKGpHyNwTfwLg5p9D7Fwt/?lang=pt>>.
Accessed: Mar. 06, 2021.
- ROIHA, I.S. et al. Effects of controlled thawing media temperatures on quality and safety of pre-rigor frozen Atlantic cod (*Gadus morhua*). **LTW - Food Science Technology**, v. 90, p.138–144, 2018. Available from: <
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643817309222>>.
Accessed: Mar. 06, 2021. doi: 10.1016/j.lwt.2017.12.030.
- ROMANELLI, P. F. et al. Processamento de carne de jacaré do Pantanal (*Caiman crocodilus yacare*). **Food Science and Technology**, v. 22, n. 1, p.70-75, 2002. Available from: <
<https://www.scielo.br/j/cta/a/TrhsT4QRyVrSg4gyQnyvFTj/?lang=pt>>. Accessed: Mar. 06, 2021. doi: 10.1590/S0101-20612002000100013.
- ROMANELLI, P. F.; SCHMIDT, J. Estudo do aproveitamento das vísceras do jacaré do pantanal (*Caiman crocodilus yacare*) em farinha de carne. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p.131-139, 2003. Available from: <
<https://www.scielo.br/j/cta/a/XvW3JhZRfBmz4QXj4DsHHbG/?lang=pt>>. Accessed: Mar. 06, 2021. doi: 10.1590/S0101-20612003000400025.
- SANCHES, M. A. R.; Mass transfer in beef: effect of crossbreeding and ultrasound application. **Scientia Agricola**, v. 78, n. 5, e20190335, 2021. Available from: <
<https://www.scielo.br/j/sa/a/JRpHwRVGDKmcS5tp5tfj34M/?lang=en>>. Accessed: Mar. 06, 2021. doi: 10.1590/1678-992X-2019-0335.
- SHÚ, C. et al. Manejo reprodutivo de crocodilianos. **Revista Investigação Medicina Veterinária**, v. 14, p.104-109, 2015. Available from: <
<https://publicacoes.unifran.br/index.php/investigacao/article/view/822>>. Accessed: Mar. 06, 2021. doi:10.26843/investigacao.v14i1.822.
- STORER, T. I. et al. **Zoologia geral**. São Paulo: Nacional 1992, 6° ed., 1991.
- TABOGA, S. R. et al. Acompanhamento das alterações post-mortem (Glicólise) no músculo do jacaré do Pantanal (*Caiman crocodilus yacare*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p.23-27, 2003. Available from: <
<https://www.scielo.br/j/cta/a/rLdTRNBZYhWvRbGb9hgbDyt/abstract/?lang=pt>>.
Accessed: Mar. 06, 2021. doi: 10.1590/S0101-20612003000100006.
- TELIS, V. R. N. et al. Salting kinetics and salt diffusivities in farmed Pantanal caiman muscle. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 4, p.529-535, 2003. Available from: <
<https://www.scielo.br/j/pab/a/sWB3K784RVF4dSvb83Df8wP/?lang=en>>. Accessed: Mar. 06, 2021. doi: 10.1590/S0100-204X2003000400012.
- VERDADE, M. V. A. A exploração da fauna silvestre no Brasil: Jacarés, sistemas e recursos humanos. **Biota Neotropica**, v. 4, n. 2, BN02804022004, 2004. Available from: <

<https://www.scielo.br/j/bn/a/HFfPDBr9FdDdf4Lxcv8z3Fb/?format=pdf&lang=pt>.
Accessed: Mar. 06, 2021. doi: 10.1590/S1676-06032004000200002.

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 Agrotecnologia**, v. 30, n. 4, p. 701-706, 2006. Available from: <<https://www.scielo.br/j/cagro/a/JPRcMbyJ8VSmYBnYspcfwbS/abstract/?lang=pt>>. Accessed: Mar. 06, 2021. doi: 10.1590/S1413-70542006000400016.

VICENTE NETO, J. et al. Avaliação físico química da carne de jacaré-do-pantanal (*Caiman yacare* Daudin 1802) de idades diferentes. **Ciência Agrotecnologia**, v. 31, n. 5, p.1430-1434, 2007. Available from: <<https://www.scielo.br/j/cagro/a/Brw3gnNH959mQVWtznLV6zK/?lang=pt>>. Accessed: Mar. 06, 2021. doi: 10.1590/S1413-70542007000500024.

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**, v. 85, n. 4, p.752–758, 2010. Available from: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174010001245?via%3Dihub>>. Accessed: Mar. 06, 2021. doi: 10.1016/j.meatsci.2010.03.036.

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**, v. 42, n. (3), p.567-572, 2012. Available from: <<https://www.scielo.br/j/cr/a/scLjZS8Kt6rZ6psCPfhqzbc/?lang=pt>>. Accessed: Mar. 06, 2021. doi: 10.1590/S0103-84782012000300029.

WUBSHET, S. G. et al. Raman spectroscopy for quantification of residual calcium and total ash in mechanically deboned chicken meat. **Food Control**, v. 95, p.267-273, 2019. Available from: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713518304249>>. Accessed: Mar. 06, 2021. doi: 10.1016/j.foodcont.2018.08.017.

CAPÍTULO 2

Short communication submetido ao periódico Ciência Rural

Better use of yacare caiman carcass and physical-chemical characterization of mechanically separated meat

Gilmar Borges de Paiva^{1,2*}; Elisa Rafaela Bonádio Bellucci¹, Marco Antônio Trindade³; Javier Telis-Romero¹; Andrea Carla da Silva-Barretto¹

¹São Paulo State University – UNESP, Department of Food Technology and Engineering, Meat, Fish and Derived Laboratory, Street Cristóvão Colombo, 2265, Zip Code 15054-000 São José do Rio Preto, SP, Brazil

²Federal Institute of Education, Science and Technology of Mato Grosso – IFMT, Highway MT 235, KM 12, Rural Zone, Zip Code 78360-000 Campo Novo do Parecis, MT, Brazil

³Department of Food Engineering, College of Animal Science and Food Engineering of University of São Paulo, Avenue Duque de Caxias Norte 225, Zip Code 13635-900 Pirassununga, SP, Brazil

*Corresponding author: gilmar.paiva@ifmt.edu.br

Abstract

The captive breeding of the Pantanal caiman (*Caiman yacare*) offers great potential for the full use of all the component parts of the animal. The meat is an option for human consumption with good sensory acceptance, the skin is valued on the international market and the carcass can be used for obtaining mechanically separated caiman meat (MSCM). The objective of this work was to evaluate the physical chemical parameters of mechanically separated meat obtained from yacare caiman carcass to improve its yield. The proximate composition, lipid oxidation, pH, total volatile bases (TVB) and color during storage under freezing at -18 °C for 90 days were all evaluated. The MSCM presented low lipid content, high protein content and good stability during storage under freezing for 90 days. These results demonstrate that MSCM can be used in the development of caiman meat products.

Keywords: Caiman, Mechanically separated meat, Oxidative stability, Physical-chemical characterization

1. Introduction

Meat from the Pantanal caiman is considered an exotic meat and is highly valued in the consumer market, with low lipid and high protein content while still having an agreeable flavor. In Brazil, caiman meat for human consumption must come from legalized captive breeding (ROMANELLI et al., 2002; VICENTE NETO et al., 2006). This captive production provides two main products: the skin, which has high value on the international market, and the meat, with good acceptance on the internal market and brought to table through butchers, restaurants and hotels (VICENTE NETO et al., 2006; FERNANDES et al., 2017). In addition, residues from the slaughter of caiman can be used for the production of meat flour and bone. (ALEIXO et al., 2002; GOMES & PHILIPPI, 2018). Mechanically separated caiman meat (MSCM) is obtained by separating the meat adhered to the caiman carcass through a mechanical process of grinding and bone separation (Gonçalves, 2011). The mechanically separated meat from yacare caiman carcass represents an innovation for food science and technology, considering its potential application for the elaboration of products derived from alligator meat. The objective of this work was to promote the better use of the yacare caiman carcass and characterize the physical-chemical parameters.

2. Materials and methods

The caiman carcasses were obtained from two Brazilian companies - Coocrija (Cáceres, Brazil) and Caimasul (Corumbá, Brazil), which are duly legalized for caiman breeding in captivity and slaughter. The MSCM was obtained using an HT-250 pulper for chicken and fish (Hightech, Chapecó, Brazil), with frozen carcass (approximately -5 °C) and the temperature of MSCM freshly produced was 10 – 12 °C. This process was performed in the Training Abattoir at the Fernando Costa Campus, São Paulo University (Pirassununga, Brazil).

After obtaining the MSCM (39% yield), it was portioned in plastic polyethylene packages (500 g of MSCM) and frozen at -20 °C in an ultra-freezer (EcoClima, São Paulo, Brazil), in the same locale. Subsequently, the MSCM was transported to São Paulo State University (São José do Rio Preto, Brazil) for analysis. Proximate composition analysis was carried out to determine moisture, ash, protein (AOAC, 2007) and lipid content (BLIGH, & DYER, 1959), in triplicate, and the results were expressed in g/100g. A digital pH meter (Tecnopon, Piracicaba, Brazil) equipped with a penetration glass probe and previously calibrated with two standard solutions (pH 4 and pH 7) at room temperature was used to determine pH of sample over 90 days of frozen storage. The samples are at room temperature too. The lipid oxidation was evaluated using the TBARS (thiobarbituric acid reactive substances) values according to VYNCHÉ (1970). The values were expressed as mg of malonaldehyde per kilogram of sample (mg MDA.kg⁻¹). The total volatile bases (TVB) were determined according to HOWGATE (1976). The color parameters were measured using a ColorFlex 45/0 colorimeter (Hunterlab, Virginia, USA), aperture 0.75, illuminant D65 and viewing angle 10°, linked to Universal software version 4.10 (Hunterlab, Virginia, USA). The samples were thawed during 2 hours at 4 °C and 30 minutes at room temperature before this analysis, and ten measurements were taken in each point between 0 and 90 days of frozen storage. All the other analyses were performed after 0, 30, 60 and 90 days of frozen storage, in triplicate. The results of the all analysis of the two sample of MSCM, as they presented a low variation between them, were statistically analyzed observing the storage time.

2.1. Statistical analysis

(ANOVA) was performed using the General Linear Model (GLM) procedure of the *Statistica* software, version 10.0 (Statsoft Inc., USA) and means were compared by the Tukey test ($P < 0.05$). Triplicate sampling x one treatment (MSCM) x four times of storage (0, 30, 60 and 90 days) x two different manufacturers (producers) were analyzed for pH, TBARS, TVB and instrumental color parameters (dependent variable). For statistical analysis, the raw meat material of each producer was considered as random term and storage time when the sampling occurred was considered a fixed effect.

3. Results and discussion

The MSCM presented 77.89 ± 1.39 % moisture, 17.45 ± 0.43 % protein, 2.43 ± 1.18 % lipid, 2.23 ± 0.35 % ash content and the yield was 39%. The values found for moisture and protein in MSCM are higher than those found in mechanically separated meat (MSM) from other animal sources such as chicken (OLIVEIRA et al, 2014) and Nile tilapia (BERNADINO FILHO & XAVIER, 2019), while the lipid value was lower when compared with these same studies. There is nothing in the scientific literature about the characterization of MSCM. For the pH, the MSCM presented values between 6.52 and 6.64, which were similar to those found in MSM of pacu fish (*Piaractus mesopotamicus*) stored under freezing for 120 days (ZUANAZZI et al., 2016) and european sea-bass, golden, sea and rainbow trout stored under freezing for 90 days (SECCI et al., 2016). The gradual increase of pH can indicate protein degradation, with the production of substances such as ammonia and other amines (KIRSCHNI & MACEDO-VIEGAS, 2009) but this was not the case in this study.

The TBARS values increased ($P < 0.05$) over frozen storage time (Table 1), the highest value being found after 90 days of storage. The values varied between 0.261 to 0.505 mg of malonaldehyde/ kg of sample, lower values than those found by TRINDADE et al. (2008) in mechanically separated chicken meat stored at -18°C for 99 days, and similar to those found in MCM chicken stored from 0 to 9 months under freezing (CEGIELKA et al., 2019). The lipid oxidation in meat and meat products is influenced by the amount of lipids and fatty acids present. The process of obtaining MSCM itself favors the destruction of muscle membranes, facilitating the interaction of oxidizing agents with polyunsaturated fatty acids, resulting in the propagation of oxidative reactions (LAROSA et al., 2012). However, the TBARS values found for MSCM in this study, were within acceptable sensory conditions (< 1.0 mg of malonaldehyde/kg of sample) according to OSPINA-E et al. (2015).

Table 1. pH, TBARS (mg malonaldehyde/kg of sample), total volatile bases (mg/100g) and instrumental color in mechanically separated meat caiman

	0 day	30 days	60 days	90 days	SEM	P Value
pH	6.54	6.64	6.50	6.52	0.03	0.28 ^{ns}
TBARS	0.261 ^b	0.331 ^b	0.323 ^b	0.505 ^a	0.03	< 0.01
BVT	6.42	5.37	4.78	6.88	0.31	0.05 ^{ns}
L	49.51 ^b	51.85 ^a	48.34 ^c	48.92 ^{bc}	0.17	< 0.01
a*	7.58 ^a	6.53 ^b	7.43 ^a	6.13 ^b	0.10	< 0.01
b*	12.46 ^b	12.49 ^b	13.51 ^a	13.45 ^a	0.08	< 0.01

^{a,b,c} Different lowercase letters on the same line represent difference ($P < 0.05$) between times

L* = Lightness, a* = redness and b* = yellowness

SEM = standard error

ns = not significant

For total volatile bases, there was no difference ($P < 0,05$) during frozen storage (Table 1). The values obtained (4.78 – 6.88 mg/100g of sample) are lower than those found in MSM from the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) during storage at -18°C (KIRSCHNIK, &

MACEDO-VIEGAS, 2009). The production of total volatile bases during storage of fish is the result of enzyme action of tissues and microbiological activity, being composed mainly of ammonia, trimethylamine, dimethylamine and, probably, by traces of mono methylamine and propylamine, which would be formed in more advanced stages of decomposition (CONTRERAS-GUZMÁN, 2002). However, the values found for TVB in this study are below the recommended acceptable limit for fresh fish in Brazil, which is 30mg/100g (BRAZIL, 2017). The results of pH, TBARS and TVB found in this study showed good stability of MSCM during frozen storage for 90 days, showing MSCM to be adequate for processing derivative products from caiman meat.

The L* value was significantly lower ($P < 0.05$) at 30 days of frozen storage (Table 1). The L* values varied from 48.34 to 51.85 and were lower than those found by ZUANAZZI et al. (2016) in MSM from pacu (*Piaractus mesopotamicus*) stored frozen for 120 days. The lightness is influenced by the amount of water on the surface of the matrix, a consequence of the water retention capacity (REHBEIN & OEHLENSCHLÄGER, 2009; ANDRADE et al., 2010). BARBUT & YOUSSEF (2016) checked that the L* values of sausages depend on the fat content, being directly linked to the surface in meat and meat products. The a* values varied from 6.13 to 7.58, higher values than those found in work performed with MSM from Nile tilapia stored for 120 days under freezing (LAROSA et al., 2012) and MSM from pacu (*Piaractus mesopotamicus*) stored under freezing for 120 days (ZUANAZZI et al., 2016). The b* values increased over storage time and stayed between 12.46 and 13.51, higher values than those found for MSM from Nile tilapia (LAROSA et al., 2012) and lower values than those found for MSM from pacu (*Piaractus mesopotamicus*) (ZUANAZZI et al., 2016).

4. Conclusion

The mechanically separated meat of the Pantanal caiman (*Caiman yacare*) presented low lipid content and higher protein content, and good stability during 90 days of frozen storage. Those results demonstrate that mechanically separated caiman meat is an appropriate raw material for utilization in the development of caiman meat products, contributing to the market potential for human consumption of caiman meat.

Declaration of Competing Interest

None.

5. Acknowledgements

The authors would like to thank the Coocrijapan Ltda. and Caimasul Ltda. companies for their support. Marco Antonio Trindade and Andrea Carla da Silva Barretto are members of the HealthyMeat network, funded by CYTED (ref. 119RT0568).

6. References

- ALEIXO, V.M. et al. Efeitos da adição de diferentes teores de farelo de soja na dieta sobre o desenvolvimento de filhotes de jacaré do Pantanal (*Caiman yacare*, Daudin, 1802). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 2, p.411–417, 2002. Available from: <https://silo.tips/queue/the-effect-of-the-addition-of-different-soybean-meal-on-the-performance-of-caima?&queue_id=1&v=1640483969&u=MTc3LjIwMC4yMzAuNg==>. Accessed: Mar. 18, 2021.
- ANDRADE, P.L. et al. Qualidade da carne maturada de bovinos Red Norte e Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 8, p.1791-1800, 2010. Available from: <<https://www.scielo.br/j/rbz/a/QNXJhV8TfZwFM8qypjPj5Kk/abstract/?lang=pt>>. Accessed: Mar. 18, 2021. doi: 10.1590/S1516-35982010000800023.

- AOAC. **Official methods of analysis of AOAC** (Association of Official Analytical Chemists), Gaithersburg, 18th ed., 2007. Available from: <[https://www.scirp.org/\(S\(i43dyn45teexjx455qlt3d2q\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1753366](https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1753366)>. Accessed: Mar. 18, 2021.
- BARBUT, S.; YOUSSEF, M. Effect of gradual heating and fat/oil type on emulsion stability, texture, color, and microstructure of meat batters. **Journal of Food Science**. In press, 2016. Available from: <<https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1750-3841.13420>>. Accessed: Mar. 18, 2021. doi: 10.1111/1750-3841.13420.
- BERNADINO FILHO, R., XAVIER, L.C.A. Obtenção, rendimento e caracterização de CMS produzida com resíduos da filetagem de tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 9, n. 2, p.01-04, 2019. Available from: <<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/REBAGRO/article/view/7534>>. Accessed: Mar. 18, 2021. doi: 10.18378/rebagro.v9i2.7534.
- BLIGH, E.G.; DYER, W.J.A. Rapid method for total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, p.911–917, 1959. Available from: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13671378/>>. Accessed: Mar. 18, 2021. doi: 10.1139/o59-099 .
- BRAZIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2017. Decreto n. 9.013, de 29 de março de 2017. Regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. Available from: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Decreto/D9013.htm#art541>. Accessed: Mar. 18, 2021.
- CEGIELKA, A. et al. The use of bioactive properties of sage preparations to improve the storage stability of low-pressure mechanically separated meat from chickens. **Poultry Science**, v. 98, n. 10, p.5045–5053, 2019. Available from: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119480255>>. Accessed: Mar. 18, 2021. doi: 10.3382/ps/pez242.
- CONTRERAS-GUZMÁN, E.S. **Bioquímica de pescados e invertebrados**. Santiago: CECTA-USACH, 2002, 309p.
- FERNANDES, V.R.T. et al. Commercial cuts of Pantanal caiman meat according to sex. **Ciência Rural**, v. 47, n. 02, e20160195, 2017. Available from: <<https://www.scielo.br/j/cr/a/gCSgY4Bwsg8B3yDJYWTQJTK/abstract/?lang=en>>. Accessed: Mar. 18, 2021. doi: 10.1590/0103-8478cr20160195.
- GOMES, L.S.; PHILIPPI, D.A. Características sustentáveis de inovações da carne e do couro de jacaré: estudo de caso na Caimasul. **Brazilian Applied Science Review**, Curitiba, v. 2, n. 4, Edição Especial, p.1315-1333, 2018. Available from: <<https://brazilianjournals.com/ojs/index.php/BASR/article/view/518>>. Accessed: Mar. 18, 2021. doi: 10.34115/basr.v2i4.518.

- GONÇALVES, A.A. **Tecnologia do pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação**. São Paulo: Atheneu, 2011, 608p.
- HOWGATE, P. **Determination of total volatile bases**. Torry Research Station. Aberdeen, TD 564, Appendix 4, 1976.
- KIRSCHNIK, P.G.; MACEDO-VIEGAS, E.M. Efeito da lavagem e da adição de aditivos sobre a estabilidade de carne mecanicamente separada de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) durante estocagem a -18°C . **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 1, p.200-206, 2009. Available from: <<https://www.scielo.br/j/cta/a/PbcrBMkdhBn9D5yygPbTzGx/?lang=pt>>. Accessed: Mar. 18, 2021. doi: 10.1590/S0101-20612009000100031.
- LAROSA, G. et al. Elaboração de produto cárneo de tilápia com antioxidantes visando sua utilização como recheio ou acompanhamento da refeição. **Alimentos e Nutrição**, v. 23, n. 4, p.609-617.
- OLIVEIRA, M.S.R., et al. Utilização da carne mecanicamente separada de frango para a produção de hidrolisados proteicos a partir de diferentes enzimas proteolíticas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p.291-302, 2014. Available from: <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744139024>>. Accessed: Mar. 18, 2021. doi: 0.5433/1679-0359.2014v35n1p291.
- OSPINA-E, J.C., et al. Development of frankfurter-type sausages with healthy lipid formulation and their nutritional, sensory and stability properties. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 117, n. 1, p.122-131, 2015. Available from: <<https://onlinelibrary-wiley.ez87.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1002/ejlt.201400157>>. Accessed: Mar. 18, 2021. doi: 10.1002/ejlt.201400157.
- REHBEIN, H.; OEHLENSCHLAGER, J. **Fishery products: quality, safety and authenticity**. Wiley-Blackwell, 2009, 496p.
- ROMANELLI, P.F. et al. Processamento da carne do jacaré do Pantanal (*Caiman crocodilus yacare*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 1, p.70-75, 2002. Available from: <<https://www.scielo.br/j/cta/a/TrhsT4QRyVrSg4gyQnyvFTj/?lang=pt>>. Accessed: Mar. 18, 2021. doi: 10.1590/S0101-20612002000100013.
- SECCI, G. et al. Effect of mechanical separation process on lipid oxidation in European aquacultured sea bass, gilthead sea bream, and rainbow trout products. **Food Control**, v. 67, p.75-81, 2016. Available from: <<https://www.sciencedirect.ez87.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0956713516300792?via%3Dihub>>. Accessed: Mar. 18, 2021. doi: 10.1016/j.foodcont.2016.02.033.
- TRINDADE, M.A. et al. Estabilidade oxidativa e microbiológica em carne de galinha mecanicamente separada e adicionada de antioxidantes durante período de

armazenamento a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p.160-168, 2008. Available from: <<https://www.scielo.br/j/cta/a/F7ZTHVkwDjt9RkRgtrCwX6r/?lang=pt>>. Accessed: Mar. 18, 2021. doi: 10.1590/S0101-20612008000100023.

VICENTE NETO, J. et al. (2006). Composição centesimal e colesterol da carne de jacaré-do-pantanal (*Caiman yacare* Daudin 1802) oriundo de zoológico e habitat natural. **Ciência Agrotecnologia**, v. 30, n. 4, p.701-706, 2006. Available from: <<https://www.scielo.br/j/cagro/a/JPRcMbyJ8VSmYBnYspcfwbS/?lang=pt>>. Accessed: Mar. 18, 2021. doi: 10.1590/S1413-70542006000400016.

VYNCHÉ, W. Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. **Fette Sefen Anstrichmittel**, v. 72, n. 12, p.1084–1087, 1970. Available from: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/lipi.19700721218>>. Accessed: Mar. 18, 2021. doi: 10.1002/lipi.19700721218.

ZUANAZZI, J.S.G. et al. Aditivos na conservação da carne mecanicamente separada de pacu cultivado em tanques-rede. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 18, n. 3, p.265-273, 2016. Available from: <<http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev183.html>>. Accessed: Mar. 18, 2021.

CAPÍTULO 3

Artigo a ser traduzido e submetido ao periódico Meat Science

Efeito da temperatura sobre a perda de água e ganho de sal durante a salga úmida de carne de jacaré (*Caiman yacare*)

Gilmar Borges de Paiva^{ab*}, Marcio Augusto Ribeiro Sanches^a, Javier Telis-Romero^a, Andrea Carla da Silva Barretto^a

^aUniversidade Estadual Paulista - UNESP, Instituto de Biociências, Humanas e Ciências Exatas - IBILCE, Campus São José do Rio Preto, Departamento de Engenharia de Alimentos – Laboratório de Carnes, Peixes e Derivados, Rua Cristóvão Colombo 2265, CEP.: 15.054-000 São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil

^bInstituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – IFMT, Rodovia MT 235, KM 12, Zona Rural, CEP.: 78360-000, Campo Novo do Parecis – MT, Brazil.

*Autor para Correspondência – Endereço de e-mail: gilmar.paiva@ifmt.edu.br

Resumo

A carne de jacaré é considerada uma carne exótica que tem apresentado um aumento significativo no consumo, associado ao baixo teor de gordura e elevado teor de proteína com rápida digestibilidade. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da temperatura sobre a perda de água e ganho de sal durante a salga úmida de carne de jacaré (*Caiman yacare*). Quatro tratamentos foram realizados: T1: Salga úmida conduzida a 1 °C; T5: Salga úmida conduzida a 5 °C; T10: Salga úmida conduzida a 10 °C e T15: Salga úmida conduzida a 15 °C. Foram determinadas as análises de umidade e cloretos durante a salga úmida. O aumento da temperatura de processo aumentou a perda de água (PA), o ganho de sal (GS) na carne de jacaré. Os níveis de perda de água e ganho de sal se estabilizaram em equilíbrio após 110 horas de processo. O tratamento T15 apresentou maior perda de água e ganho de sal. Com base nos resultados de PA e GS, a temperatura de processo e o tempo de imersão podem ser escolhidos para atingir uma umidade e concentração de sal específica no produto final, podendo contribuir para a exploração e o desenvolvimento tecnológico da carne de jacaré.

Palavras-chaves: Carne exótica. Desidratação osmótica. Conservação de alimentos.

1. Introdução

A busca por consumo de carnes exóticas no Brasil, como a carne de jacaré, é notada consideravelmente, e isso tem sido associado a sua qualidade nutricional com baixo teor lipídico e alto teor de proteína (Canto et al., 2015; Hoffman e Cawthorn, 2013; Simoncini et al., 2020 & Vicente-Neto et al., 2010). A popularidade da carne de jacaré (*Caiman crocodilus yacare*) tem despertado o interesse da indústria e de pesquisadores da área de alimentos a desenvolverem novos produtos a base de carne de jacaré (Alvis et al., 2017; Canto et al., 2014; Fernandes et al., 2013; Fernandes et al., 2014; Morais et al., 2013 & Romanelli et al., 2002) e também o estudo de novas técnicas para a sua conservação (Canto et al., 2012 & Canto et al., 2015).

Considerando o potencial tecnológico da carne de jacaré, é relevante destacar a empregabilidade da técnica de salga, podendo dessa forma aumentar a agregação de valor aos cortes comerciais de carne de jacaré, os quais são ilustrados na figura 1, e contribuir para aumentar a variedade de seus produtos derivados.

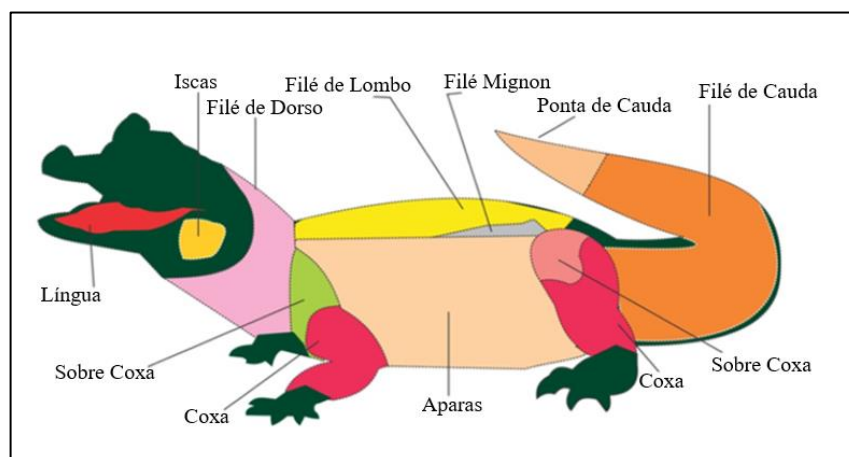


Figura 1. Cortes comerciais de jacaré do Pantanal
Fonte: Girardi (2017)

A salga é uma das técnicas mais antigas de conservação de alimentos, sendo utilizada como uma das principais etapas envolvidas no preparo de carnes e produtos cárneos salgados (Bampi

et al., 2016; Sanches et al., 2021 & Sanches et al., 2020), tendo a finalidade de aumentar o prazo de validade de carne *in natura* e obter produtos com características sensoriais específicas. Esse processo de salga, por meio do intercâmbio sal e água, promove a redução de umidade na matriz, contribuindo com conservação do produto (Augusto, 2018).

Entretanto, se faz necessário estudar o tempo gasto e temperaturas adequadas para um bom rendimento no processo de salga de carnes. Nesse sentido, o objetivo desse estudo foi avaliar o efeito da temperatura sobre a perda de água e ganho de sal durante a salga úmida de filé de cauda de jacaré (*Caiman yacare*).

2. Material e métodos

2.1. Matéria-prima

Vinte cortes de filé de cauda de jacaré (*Caiman yacare*), (75,22% de umidade, 21,90% de proteína, 1,48% de gordura e 0,58% de cinzas), foram adquiridos em um frigorífico fiscalizado pelo Governo Federal - Caimasul (Corumbá, Brasil), com peso aproximado de 0,75 kg cada unidade, com 48 h *post-mortem*. A matéria-prima congelada (-18 °C) foi posteriormente transportada em gelo seco até o Laboratório de Carnes da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (São José do Rio Preto, Brasil), sendo mantidas congeladas à temperatura de -18 ± 1 °C, até a realização dos experimentos.

2.2. Preparação de amostras e salmoura

As amostras foram descongeladas lentamente em uma câmara refrigerada (4 °C por 24 h), com um molde de aço inox e faca, as amostras foram cortadas em formato de placas com

dimensões de 1,0 cm de espessura x 8,2 cm de comprimento x 8,2 cm de largura. A gordura subcutânea e tecido conjuntivo foram removidos antes da etapa de salga úmida.

As salmouras foram preparadas usando água destilada e cloreto de sódio comercial (sal refinado iodado) nas concentrações de saturação em temperaturas de 1 °C (0,26319 g de NaCl/g de solução), 5 °C (0,26345 g de NaCl/g de solução), 10 °C (0,26366 g de NaCl/g de solução) e 15 °C (0,26402 g de NaCl/g de solução) de acordo com Alves Junior et al. (2021). Essas temperaturas de processo foram escolhidas visando minimizar as perdas de qualidade, (principalmente desnaturação de proteínas) e desenvolvimento microbiano (Dimakopoulou-Papazoglou & Katsanidis, 2019b).

2.3. Tratamento de salga úmida

Os experimentos de salga úmida foram planejados de acordo com um Delineamento em Blocos Casualizados (DBC). Quatro tratamentos foram realizados: T1: Salga úmida conduzida a 1 °C; T5: Salga úmida conduzida a 5 °C; T10: Salga úmida conduzida a 10 °C e T15: Salga úmida conduzida a 15 °C. As amostras de carne cortadas em formato de placa foram divididas aleatoriamente em 4 grupos. Cada grupo foi composto por 15 amostras de carne, sendo retiradas em diferentes tempos de amostragem (0, 1, 3, 5, 8, 11, 15, 20, 30, 40, 50, 70, 90, 110 e 168 horas) durante o processo de salga úmida. Um total de 60 amostras de carne (15 amostras × 4 tratamentos) foram salgados para cada lote. Três lotes independentes foram preparados em dias diferentes, totalizando 180 amostras analisadas. Todas as determinações analíticas foram realizadas em triplicata.

Os experimentos de salga úmida de filés de cauda de jacaré foram realizados utilizando duas incubadoras B.O.D. (Marconi, modelo MA 415) e quatro cubas cilíndricas de aço inoxidável

(21 cm de diâmetro, 42 cm de altura), sendo inseridas duas cubas cilíndricas em cada incubadora B.O.D. Inicialmente as salmouras e os filés de jacaré foram pré-condicionados à temperatura do processo antes de iniciar os experimentos. Em seguida, a salmoura e os filés de jacaré foram adicionados ao aparato experimental (Figura 2). As amostras foram mantidas imersas na salmoura utilizando uma grade metálica, que não permitiu a flutuação das amostras durante todo o experimento (imersão por 168 h). Para evitar mudanças significativas da concentração de sal na salmoura durante o ensaio, utilizou-se uma razão mássica de 1:50 (massa/massa) de carne/salmoura, como realizado por Schmidt et al. (2009). Os experimentos foram repetidos separadamente para cada temperatura estudada (1, 5, 10 e 15 °C).

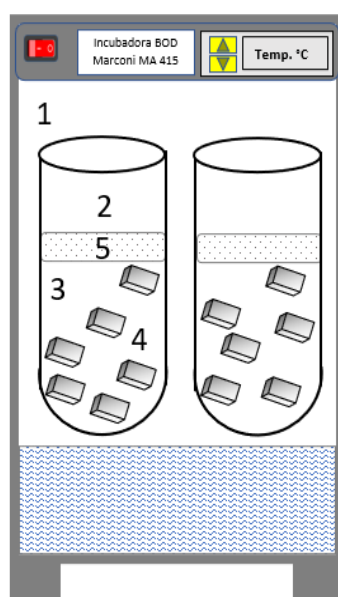


Figura 2. Aparato experimental de salga úmida de carne de jacaré (1 = BOD ((*Biochemical Oxygen Demand*)), 2 = Cuba de salga úmida, 3 = Retentor de amostras, 4 = Amostras de carne, 5 = Nível de salmoura)

2.4. Determinações analíticas após o processo de salga úmida

Após a salga úmida, as amostras foram retiradas do recipiente de acordo com os tempos de amostragem, sendo suavemente enxugadas com papel de filtro para a remoção da salmoura

em excesso. Em seguida, foram determinados o conteúdo de água através secagem das amostras a 105 °C em estufa até peso constante (AOAC, 2007) e o conteúdo de cloretos determinado de acordo com o método de Möhr (AOAC, 2007). A partir desses dados, a PA e o GS foram calculados através das equações 1 e 2 respectivamente, e apresentados em gramas por 100 g de amostra (g / 100 g de amostra).

$$PA = \frac{P_0 - P_t}{P_0} \quad (1)$$

$$SG = S_t - S_0 \quad (2)$$

Em que, PA é a perda de água (% base úmida); P_0 é o conteúdo de água (% base úmida) da carne no início do processo ($t=0$); P_t é o conteúdo de água (% base úmida) em qualquer tempo de tratamento osmótico; GS é o ganho de sal (% base úmida); S_0 é o conteúdo de sal (% base úmida) na carne no início do processo ($t=0$) e S_t é o conteúdo de sal (% base úmida) em qualquer tempo do tratamento osmótico. O valor S_0 da carne foi considerado como insignificante ($S_0 = 0$), pois foi considerado muito baixo ($\leq 0,01\%$) na análise de cloretos.

2.6. Análise estatística

Os resultados expressos nas figuras 3 e 4, representam a média e o desvio padrão. Os dados foram analisados estatisticamente usando o modelo linear generalizado (GLM) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0.05$) usando o software Statistica 7.0 (Statsoft Inc., EUA).

3. Resultados e discussão

3.1. Perda de água (PA)

A umidade inicial da carne de jacaré após o descongelamento era de $72,33 \pm 0,31$. A PA durante a salga úmida de carne de jacaré em diferentes temperaturas de processo, conforme

Figura 3, mostra que todos os tratamentos apresentaram a mesma tendência durante a experimento, os quais tiveram aumento ($P < 0,05$) para PA ao longo do tempo de salga úmida. Entretanto, para todos os tratamentos, a partir de 110 horas de processo, não houve aumento ($P < 0,05$) da PA, demonstrando que a fase de equilíbrio foi atingida, que é quando a taxa líquida de transferência de massa torna-se insignificante (Rahman, 2007). Durante os estágios iniciais do processo (até cerca de 15 horas), todos os tratamentos apresentaram taxas mais rápidas de PA.

Os tratamentos T1 e T5 apresentaram menores diferenças na perda de água a partir de 20 horas de processo de salga úmida e maiores diferenças foram observadas entre os tratamentos T10 e T15. A rápida difusão de água em estágios iniciais do processo de salga úmida pode ser atribuída ao maior gradiente de concentração entre a carne e a salmoura (Siró et al., 2009). Além disso, o acúmulo de sólidos na superfície da carne pode criar uma resistência externa, dificultando a PA da carne (Andreou et al., 2018). Nota-se ainda que as diferenças entre as curvas de PA dos tratamentos T10 e T15 são maiores que as diferenças entre as curvas dos tratamentos T1 e T5.

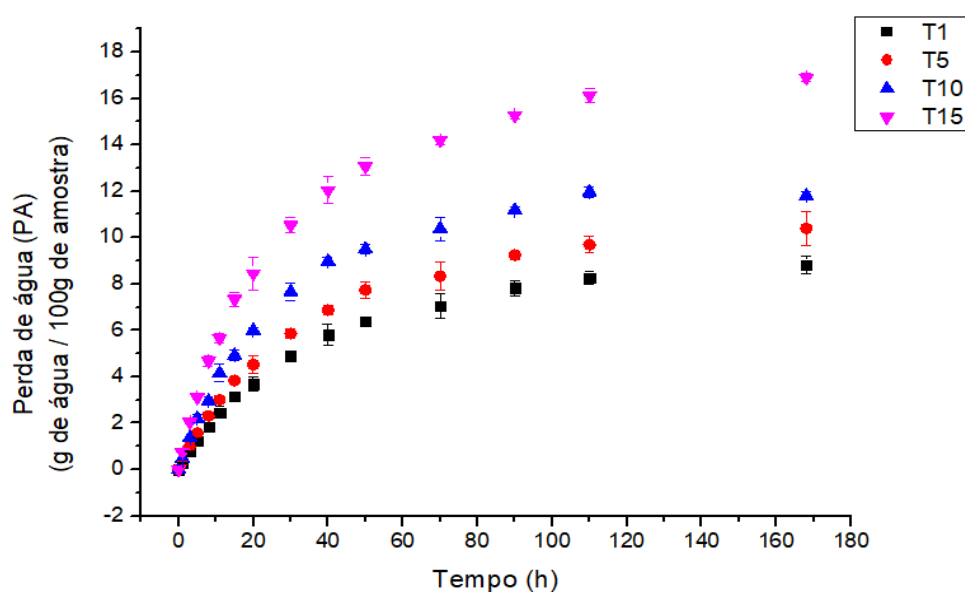


Figura 3. Perda de água durante a salga úmida de carne de jacaré.

Em relação as diferentes temperaturas estudadas, houve diferença significativa entre os tratamentos. O aumento de temperatura do processo resultou em um aumento ($P < 0,05$) da PA na carne de jacaré. O tratamento T15 apresentou a maior ($P < 0,05$) PA entre os tratamentos. Por outro lado, T1 apresentou a menor ($P < 0,05$) PA entre os tratamentos. A PA para T5 foi maior ($P < 0,05$) que a PA para T1 e menor ($P < 0,05$) que a PA do tratamento T10. O aumento da temperatura do processo provavelmente aumentou a taxa de difusão das moléculas de água e promoveu a troca de líquidos ocluídos nos poros para a fase líquida externa da carne (Rahman, 2007). Telis et al., 2003), aumentando a PA. Além disso, o aumento da temperatura também pode favorecer alguns fatores responsáveis pelo aumento da transferência de massa, como a redução da viscosidade do meio osmótico e alteração das propriedades viscoelásticas da carne, aumentando a permeabilidade da matriz (Dimakopoulou-Papazoglou & Katsanidis, 2019a).

3.2. Ganho de sal (GS)

O teor de NaCl inicial na carne de jacaré foi considerado como insignificante ($S_0 = 0$), pois apresentou um conteúdo muito baixo ($\leq 0,01\%$) na análise de cloretos. O GS durante a salga úmida de carne de jacaré em diferentes temperaturas de processo conforme Figura 4, mostra que todos os tratamentos apresentaram a mesma tendência durante o processo de GS, os quais tiveram aumento ($P < 0,05$) para GS ao longo do tempo de salga úmida. Todos os tratamentos apresentaram taxas mais rápidas de GS durante os estágios iniciais do processo (até cerca de 15 horas). Isso explica o mesmo comportamento observado sobre a PA, devido ao maior gradiente de concentração entre a carne de jacaré e a salmoura (Siró et al., 2009). Observa-se ainda que, de forma semelhante a PA, as diferenças entre as curvas da SG dos tratamentos T10 e T15 são maiores que as diferenças entre as curvas dos tratamentos T1 e T5.

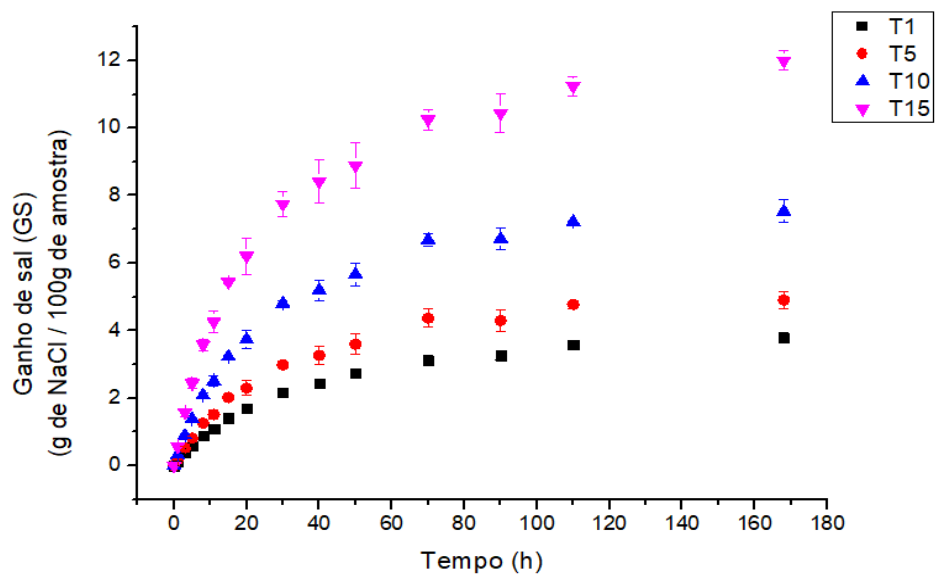


Figura 4. Ganho de sal durante a salga úmida de carne de jacaré.

Em relação as diferentes temperaturas estudadas entre os tratamentos, houve diferença significativa sobre o GS. O aumento de temperatura do processo resultou em aumento significativo ($P < 0,05$) do GS na carne de jacaré. O tratamento T1 apresentou o menor ($P < 0,05$) GS entre os tratamentos. Por outro lado, o tratamento T15 apresentou o maior ($P < 0,05$) GS. O GS para T5 é maior ($P < 0,05$) que o GS para T1 e menor ($P < 0,05$) que o GS para T10. Como relatado anteriormente para a PA, o aumento da temperatura pode ter alterado as propriedades viscoelásticas da carne, aumentando a permeabilidade da matriz. Além disso, a viscosidade da salmoura diminui com o aumento da temperatura, o que pode diminuir a resistência externa à transferência de massa na superfície do produto (Dimakopoulou-Papazoglou & Katsanidis, 2019a). Esses fatores provavelmente promoveram a PA e o GS durante a salga úmida da carne de jacaré

O processo de salga é composto por duas fases: a fase dinâmica e a fase de equilíbrio. Durante a fase dinâmica, as taxas de transferência de massa aumentam e/ou diminuem até atingir a fase de equilíbrio, que é quando a taxa líquida de transporte de massa torna-se insignificante

(Rahman, 2007). Após 110 horas de processo, os níveis de PA e GS praticamente se estabilizaram, independente das condições de temperatura estudadas. Isso indica que os gradientes de pressão osmótica entre a solução osmótica e a carne são insignificantes, e que a fase de equilíbrio se estabeleceu.

4. Conclusão

O aumento da temperatura de processo promoveu maior perda de água (PA) e ganho de sal (GS) na carne de jacaré. Os níveis de perda de água e ganho de sal se estabilizaram em equilíbrio após 110 horas de processo. O tratamento T15 apresentou maior perda de água e ganho de sal. A partir das perdas de água e ganho de sal, a temperatura de processo e o tempo de imersão podem ser escolhidos para atingir uma umidade e concentração de sal específica no produto final, podendo contribuir para o desenvolvimento tecnológico da carne de jacaré.

Declaração de conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesses.

5. Referências

- Alves Junior, C. A., Martins, M. J. N., Betiol, L. F. L., Silva-Barretto, A. C. & Telis-Romero, J. (2021). Solubilidade de cloreto de sódio e seus sais substitutos para utilização na indústria de alimentos. In C. A. M. Cordeiro, E. M. Silva & B. A. Silva (Org.), *Ciência e tecnologia de alimentos: Pesquisa e práticas contemporâneas*. Guarujá: Editora Científica, (pp. 551-557), 2021. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.org/articles/210303747.pdf>. Acessado em: 11 outubro, 2021.
- Alvis, A., Romero, P., Granados, C., Torrenegra, M., & Pajaro-Castro, N. (2017). Evaluación del color, las propiedades texturales y sensoriales de salchicha elaborada con carne de babilla (*Caiman Crocodilus Fuscus*). *Revista Chilena de Nutricion*, 44, 89–94.

- Andreou, V., Tsironi, T., Dermesonlouoglou, E., Katsaros, G. & Taoukis, P. (2018). Combinatory effect of osmotic and high pressure processing on shelf life extension of animal origin products – Application to chilled chicken breast fillets. *Food Packaging and Shelf Life*, 15, 43–51.
- AOAC (2007). *Official methods of analysis of AOAC (Association of Official Analytical Chemists) international* (18th ed.) Gaithersburg, MD: AOAC International.
- Augusto, P. E. D. 2018. *Princípios de tecnologia de alimentos*. 1° ed.: Atheneu, 3: 410, Rio de Janeiro.
- Bampi, M., Domschke, N. N., Schmidt, F. C. & Laurindo, J. B. (2016). Influence of vacuum application, acid addition and partial replacement of NaCl by KCl on the mass transfer during salting of beef cuts. *LWT-Food Science and Technology*, 74, 26–33.
- Canto, A. C. V. C. S., Lima, B. R. C. C., Cruz, A. G., Lázaro, C. A., Freitas, D. G. C., Faria, J. A. F., Torrezan, R., Freitas, M. Q. & Silva, T. P. J. (2012). Effect of high hydrostatic pressure on the color and texture parameters of refrigerated Caiman (*Caiman crocodilus yacare*) tail meat. *Meat Science*, 91, 255–260.
- Canto, A. C. V. C. S., Lima, B. R. C. C., Suman, S. P., Lazaro, C. A., Monteiro, M. L. G., Conte-Junior, C. A., Freitas, M. Q., Cruz, A. G., Santos, E. B., & Silva, T. J. P. (2014). Physico-chemical and sensory attributes of low-sodium restructured caiman steaks containing microbial transglutaminase and salt replacers. *Meat Science*, 96, 623–632.
- Canto, A. C. V. C. S., Costa-Lima, B. R. C., Suman, S. P., Monteiro, M. L. G., Marsico, E. T., Conte-Junior, C. A., Franco, R. M., Salim, A. P. A. A., Torrezan, R. & Silva, T. J. P. (2015). Fatty acid profile and bacteriological quality of caiman meat subjected to high hydrostatic pressure. *LWT-Food Science and Technology*, 63, 872–877.
- Dimakopoulou-Papazoglou & D., Katsanidis, E. (2019a). Diffusion coefficients and volume changes of beef meat during osmotic dehydration in binary and ternary solutions. *Food and Bioproducts Processing*, 116, 10–19.
- Dimakopoulou-Papazoglou, D. & Katsanidis, E. (2019b). Osmotic processing of meat: mathematical modeling and quality parameters. *Food Engineering Reviews*, 12, 32–47.
- Fernandes, V. R. T., Franco, M. L. R. S., Gasparino, E., Tanamati, A., Coutinho, M. E. & Bielawski, K. (2013). Hamburguers from pantanal caiman meat (caiman yacare) subjected to different smoking techniques. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*, 65, 927–933.
- Fernandes, V. R. T., Souza F. M. L. R., Mikcha, J. M. G., Souza, V. L. F., Gasparino, E., Coutinho, M. E., Tanamati, A. & Del Vesco, A. P. (2014). Yacare caiman (*Caiman yacare*) trim hamburger and sausage subjected to different smoking techniques. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94, 468–472.

- Girardi, W. 2017. Caimasul. *Caimans do Sul do Pantanal*. Disponível em: <http://www.caimasul.com/br/index.html>. Acessado 22 junho, 2020.
- Hoffman, L. C., Cawthorn, D. (2013). Exotic protein sources to meet all needs. *Meat Science*, 95, 764–771.
- Liu, D., Pu, H., Sun, D. W., Wang, L. & Zeng, X. A. (2014). Combination of spectra and texture data of hyperspectral imaging for prediction of pH in salted meat. *Food Chemistry*, 160, 330–337.
- Morais, C. S. N., Morais, N. N., Vicente-Neto, J., Ramos, E. M., Almeida, J., Roseiro, C., Santos, C., Gama, L. T. & Bressan, M. C. (2013). Mortadella sausage manufactured with Caiman yacare (*Caiman crocodilus yacare*) meat, pork backfat, and soybean oil. *Meat Science*, 95, 403–411.
- Rahman, M. S. Handbook of food preservation. Taylor & Francis, United States of America (2007), p. 850
- Romanelli, P. F., Caseri, R. & Lopes Filho, J. F. (2002). Processamento da carne do jacaré do Pantanal (*Caiman crocodilus yacare*). *Food Science and Technology*, 22, 70–75.
- Sanches, M. A. R., Silva, P. M. O. C., Barbosa, R. D., Romero, J. T. & Barretto, A. C. S. (2020). Mass transfer in beef: Effect of crossbreeding and ultrasound application. *Scientia Agricola*, 78, 1–9.
- Sanches, M. A. R., Silva, P. M. O. C., Barretto, T. L., Darros-Barbosa, R., Silva-Barretto, A. C. & Telis-Romero, J. (2021). Technological and diffusion properties in the wet salting of beef assisted by ultrasound. *LWT-Food Science and Technology*, 149, 112036.
- Schmidt, F. C., Carciofi, B. A. M. & Laurindo, J. B. (2009). Application of diffusive and empirical models to hydration, dehydration and salt gain during osmotic treatment of chicken breast cuts. *Journal of Food Engineering*, 91, 553–559.
- Simoncini, M. S., Lábaque, M. C., Perlo, F., Fernandez, M. E., Leiva, P. M. L., Paez, A. R., Teira, G., Larriera, A. & Piña, C. I. (2020). Caiman latirostris meat characterization: Evaluation of the nutritional, physical and chemical properties of meat from sustainable ranching program in Argentina. *Aquaculture*, 515, 734570.
- Siró, I., Vén, C., Balla, C., Jónás, G., Zeke, I. & Friedrich, L. (2009). Application of an ultrasonic assisted curing technique for improving the diffusion of sodium chloride in porcine meat. *Journal of Food Engineering*, 91, 353–362.
- Telis, V. R. N., Romanelli, P. F., Gabas, A. L. & Telis-Romero, J. (2003). Salting kinetics and salt diffusivities in farmed Pantanal caiman muscle. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38, 529-535.

Vicente-Neto, J., Bressan, M. C., Faria, P. B., Vieira, J. O., Cardoso, M. G., Glória, M. B. A. & Gama, L. T. (2010). Fatty acid profiles in meat from Caiman yacare (*Caiman crocodilus yacare*) raised in the wild or in captivity. *Meat Science*, 85, 752–758.

CAPÍTULO 4

Artigo publicado no periódico Meat Science

DOI: [10.1016/j.meatsci.2020.108406](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108406)

Antioxidant effect of acerola fruit powder, rosemary and licorice extract in caiman meat nuggets containing mechanically separated caiman meat

Gilmar Borges de Paiva ^{a,b}, Marco Antonio Trindade^c, Javier Telis Romero^a, Andrea Carla da Silva Barretto ^{a*}

^aDepartament of Food Technology and Engineering, São Paulo State University – UNESP, Street Cristóvão Colombo, 2265, Zip Code 15054-000 São José do Rio Preto, SP, Brazil

^bFederal Institute of Education, Science and Technology of Mato Grosso – IFMT, Highway MT 235, KM 12, Rural Zone, Zip Code 78360-000, Campo Novo do Parecis– MT, Brazil.

^cDepartment of Food Engineering, College of Animal Science and Food Engineering of University of São Paulo, Avenue Duque de Caxias Norte 225, Zip Code 13635-900, Pirassununga, SP, Brazil.

*Corresponding author: andrea.carla@unesp.br

Abstract

The aim of this work was to evaluate the antioxidant effect of acerola fruit powder, rosemary and licorice extract in caiman meat nuggets containing high amounts of mechanically separated caiman meat (MSCM) during 120 days of frozen storage. Five treatments were prepared: a control without antioxidant (CON), sodium erythorbate at 500 mg/kg (ERY), acerola fruit powder at 500 mg/kg (AFP), with licorice extract at 500 mg/kg (LIE) and rosemary extract at 500 mg/kg (ROE). The addition of natural antioxidants increased color, cohesiveness, and decreased TBARS values. The redness values were higher for LIE and these values were different to the CON. Nuggets with licorice extract had significantly lower TBARS values at the end of the storage period compared to the control. All the treatments were similar in sensory analysis, with good acceptability. These results indicate licorice extract used in caiman meat nuggets containing a high amount of MSCM caiman has the potential to improve

quality during frozen storage.

Keywords: Lipid oxidation, Sensory acceptance, Caiman, Exotic meat products, Color parameters.

1. Introduction

The consumption of exotic meats has significantly increased, such as caiman meat, due to a lower lipid content which is low in saturated fatty acids and high quality in animal protein (Canto et al., 2015; Vicente Neto et al., 2006). The exotic meats are a good alternative for consumption, are well accepted and also have potential for elaborating derivate products (Romanelli, Caseri, & Lopes Filho, 2002). The Pantanal caiman (*Caiman yacare*) has been legally exploited under captive breeding in the Pantanal region (Brazil), with full use of the animal, in the production of hides and obtaining commercial cuts of meat (Aleixo Cotta, Logato, Oliveira, & Fialho, 2002).

The mechanically separated caiman meat (MSCM) is obtained by a mechanical process of separating meat that is adhered to the carcasses of animals, and it is then used in processed meat products (Gonçalves, 2011). For the caiman, there is a large amount of meat adhered to the carcass. Despite the small amount of fat in caiman meat and, consequently, in the MSCM, there is some concern regarding its oxidative stability when preparing products stored under freezing.

Lipid oxidation is one of the causes of limited shelf life of meat and meat products (Lorenzo, & Gómez, 2012) with different changes in color, taste, texture and nutritional values (García-González, Aparicio, & Aparicio-Ruiz, 2013). According to Nowak, Czyzowska, Efenberger & Krala (2016) bioactive compounds from plant have has a positive effect on lipid oxidation and color stability in meat products.

Meat from Pantanal caiman reared in captivity contains a low content of saturated fatty acids (SFA), a high content of both polyunsaturated fatty acids (PUFA) and n-3 fatty acids, and has a desirable PUFA / SFA ratio when compared to beef (Vicente Neto et al., 2010; Canto et al., 2015). Although it has good nutritional characteristics, caiman meat is susceptible to oxidative deterioration, due to its lipid profile composition.

The chemical composition of caiman meat, combined with the processing conditions for the production of nuggets, such as the extraction of MSCM obtained from the carcass, the grinding of fresh meat (shavings), heat treatment (pre-frying), storage time and temperature, along with exposure to light and oxygen, can considerably contribute to lipid oxidation, with the formation of hydroperoxides and aldehydes, among other secondary toxic compounds (Mariutti & Bragagnolo, 2017; Lima Junior, Rangel, Urbano, & Moreno, 2013; Soladoye, Juárez, Aalhus, Shand, & Estévez, 2015).

Malonaldehyde (MDA) is one of the most important aldehydes produced during secondary lipid oxidation of polyunsaturated fatty acids and in meat products, it is the main indicator of lipid oxidation. Amounts up to 2.0 mg MDA/kg are generally indicated as an acceptable limit in which there is no oxidative rancidity in meat and meat products (Campo et al., 2006). This amount is measured by the TBARS (thiobarburic acid reactive substances) test.

One technological strategy to reduce lipid oxidation in meat products involves the use of antioxidants. The effectiveness of natural antioxidants in delaying lipid oxidation in meat and meat products has been clearly shown and has generated wide interest in the food industry (Caleja, Barros, Antonio, Oliveira, & Ferreira, 2017). Increasing attention has been paid to natural antioxidants, intensified by the global trend to reduce synthetic food additives

widely used in the food chain (Dal Bosco et al., 2014; Mattioli et al., 2017).

In this context, the effects of natural antioxidants on the oxidative stability of meat products have been studied (Falowo, Fayemi, & Muchenje, 2014). Rosemary extract improved oxidative stability in frozen chicken nuggets stored for nine months (Teruel, Garrido, Espinosa, & Linares, 2015). Antioxidant and antimicrobial activities of this extract have been linked to the presence of diterpenes, such as carnosic acid or carnosol and rosmarinic acid (Birtić, Dussort, Pierre, Bily, & Roller, 2015; Park, Rho, & Kim, 2019), as well as triterpenes, phenolic acids, and flavonoids (Borrás-Linares et al., 2014).

Realini, Guàrdia, Díaz, García-Regueiro, & Arnau (2015) evaluated the effects of acerola fruit extract on sensory acceptance and shelf-life of salted beef patties from grinds differing in fatty acid composition. That study showed that samples stored under refrigeration for eight (8) days showed TBARS values from 1.0 to 3.1 mg MDA/kg. According to Chang, Alasalvar, & Shahidi (2018) the acerola fruit powder contains phenolic compounds (PC) such as quercetin and anthocyanins. Licorice added to animal feed for subsequent evaluation of the antioxidant effect on the fresh meat was studied by Zhang et al. (2015), who reported that the addition of licorice in the proportion of 3000 to 4000 mg/kg to sheep feed reduced lipid oxidation in the fresh meat (*post mortem*). The licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) contains phenolic acids, such as liquiritigenin, liquiritin, isoliquiritigenin, isoliquiritin, glabridin, glabrene, licochalcone and glucocoumarin, with antioxidant and antimicrobial activities (Zhang & Ye, 2009; Qiao et al., 2015).

The processing of caiman nuggets involves a series of operations: size reduction (milling), mixing, molding, battering and breading, pre-frying, refrigeration and freezing, according to the method described by Delfino, Silva, Biassi, Scopel, & Bainy (2017). These

operations can increase the susceptibility of caiman nuggets to lipid oxidation throughout frozen storage.

The aim of this work was to evaluate the antioxidant effect of acerola fruit powder, rosemary and licorice extract in caiman meat nuggets containing high amounts of mechanically separated caiman meat (MSCM) along 120 days of frozen storage on the color, lipid oxidation and sensory acceptance.

2. Materials and methods

2.1. Caiman meat

The meat and caiman carcasses were obtained from two federally-inspected slaughterhouses - Coocrijapan (Cáceres, Brazil) and Caimasul (Corumbá, Brazil). A total of 40 caiman carcass of each slaughterhouse were used, or approximately 30 kg of each slaughterhouse, after 48 *post mortem*, with age two years of caiman. The raw material was frozen and stored at -18 °C then transported in dry-ice to the Laboratory of Meat Technology, São Paulo State University (São José do Rio Preto, Brazil). The MSCM was obtained at the Training Abattoir at the Fernando Costa Campus, São Paulo University (Pirassununga, Brazil), using an HT-250 pulper for chicken and fish (Hightech, Chapecó, Brazil), with frozen carcass (approximately -5 °C) and the temperature of MSCM freshly produced was 10 – 12 °C. The MSCM was apportioned to polyethylene plastic bags containing approximately 500 g and frozen at -20 °C (EcoClima, São Paulo, Brazil).

2.2. Nuggets manufacturin

Five treatments were prepared in the pilot plant at São Paulo State University (Table

1). The caiman shavings meat (80.05% moisture, 19.01% protein, 0.86% lipid) thawed at 4° C overnight and the caiman MSCM (48% yield, 79.25% moisture, 2.55% ash, 17.41% protein and 1.29% lipid) frozen were separately ground in a CAF 10 stainless steel grinder (CAF, Rio Claro, Brazil) with an 8 mm disc. All the ingredients were mixed until a homogenous mixture was obtained. The processing was carried out in triplicate.

Table 1. Formulations of caiman meat nuggets

Ingredients (%)	Treatments				
	CON	ERY	AFP	LIE	ROE
Caiman shavings	68.20	68.15	68.15	68.15	68.15
Caiman MSM	30	30	30	30	30
Sodium chloride*	1	1	1	1	1
Garlic powder**	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Onion powder**	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Nutmeg powder**	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
White pepper powder**	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Sodium erythorbate**		0.05			
Acerola fruit powder***			0.05		
Liquorice extract****				0.05	
Rosemary extract*****					0.05

CON – Control Treatment; ERY – Erythorbate Treatment; AFP – Acerola Treatment; LIE – Licorice Treatment; ROE – Rosemary Treatment.

*Cisne (São Paulo, Brasil)

**Donated by New Max (Americana, Brasil)

***Donated by Duas Rodas (Juaraguá do Sul, Brasil)

****Donated by ICL (São Paulo, Brasil)

*****Donated by Kemin (Indaiatuba, Brasil)

The homogeneous mixture was molded in a hamburger mold with an average weight of 100 g, frozen (-18 °C), cut into four equal parts and coated with breading material following these steps: 1. Pre-coating (Romariz, Brazil) with flour; 2. Coating (Powder link, Romariz, Brazil) with batter in the proportion 1:3 - batter: water; and 3. Breading (Kraker Mill, Romariz, Brazil). All the breading material was donated by Romariz Company (São Paulo, Brazil).

The pre-frying was carried out in soy oil (Bunge, White Plains, US) at 180 °C for 30 seconds in an anti-adherent pan on an industrial cooker. After cooling at room temperature until they reached 60 °C, the caiman nuggets were placed in plastic bags - nylon-polyethylene with 0.6 mm thick (Dinplal, São Paulo, Brazil) and stored frozen at -18 °C during 120 days. The color parameters, pH and TBARS values, pick-up of coating, oil absorption, microbiological, sensory, texture, instrumental and statistical analyses were carried out.

2.3. Pick-up of coating and oil absorption

The pick-up coating and oil absorption were calculated according to Barros et al. (2018), using Equations 1 and 2:

$$\text{Pick-up coating} = \frac{\text{weight with coating} - \text{weight without coating}}{\text{weight with coating}} \times 100 \quad (\text{Equation 1})$$

$$\text{Oil absorption} = \frac{\text{weight pre-fried product} - \text{weight raw product}}{\text{weight pre-fried product}} \times 100 \quad (\text{Equation 2})$$

2.4. Proximate composition and pH

Proximate composition analysis was carried out to determine moisture, ash, protein (AOAC, 2007) and lipid content by Bligh & Dyer (1959), in triplicate and the results were express in g/100g. The carbohydrate content was calculated by difference. The samples were thawed, minced and homogenized with breading and also without breading for this analysis. The pH was measured using a digital pH meter (Tecnopon, Piracicaba, Brasil), calibrated with two standard solutions (pH 4 and pH 7) at room temperature. The pH analysis were carried out in triplicate at 0 day.

2.5. Lipid oxidation

The lipid oxidation was analyzed using the TBARS (thiobarbituric acid reactive substances) index according to the method described by Vynche (1970). The spectrophotometer reading was taken at 532 nm and a standard curve was prepared using 1,1,3,3-tetraethoxypropane. The TBARS values were expressed as mg of malonaldehyde per kilogram of sample (mg MDA.kg⁻¹) and these analyses were done at 0, 60 and 120 days of frozen storage. The samples were prepared as described in section 2.4.

2.6. Instrumental color

The instrumental color parameters L* (lightness), a* (redness) and b* (yellowness) were measured using a ColorFlex 45/0 colorimeter (Hunterlab, Reston, US), aperture 0.50 inches, illuminant D65 and viewing angle 10°. The samples were thawed cut in half lengthways and ten measurements taken for each treatment, at 0 and 120 days of frozen storage.

2.7. Texture profile analysis (TPA)

The instrumental texture profile (hardness, springiness, cohesiveness and chewiness parameters) was determined using a TA.XT.Plus Texture Analyser (Stable Micro Systems, Godalming, UK) and its propriety Exponent software, version V.5.1.1.0, equipped with a 3.6 cm diameter aluminium probe, with 50% compressions, test speed 1 mm/s, n = 10. Before analysis, the coating of the nuggets was removed to avoid potential interference from the coating and the samples were cut into 2 x 2 cm pieces. This analysis was done in 0 day.

2.8. Microbiological analysis

The microbiological analysis was carried out on samples of the caiman meat nuggets at 0 day, according to the microbiological standards established by Brazilian legislation (Brazil, 2001); and international standards (APHA, 2001). To analyze the coagulase-positive *Staphylococci*, thermo-tolerant *Coliforms* and sulfite reducer *Clostridia*, the packages of caiman meat nuggets were opened aseptically and 25 g of sample were diluted in 225 ml of sterile peptone water (HIMEDIA, Mumbai, India). The *Salmonella* sp. was investigated per 25 g of the sample diluted with lactose broth (HIMEDIA, Mumbai, India). The investigation of the thermo-tolerant *Coliforms* was carried using the fermentation technique in multiple tubes and the results were expressed in most probable number (MPN) per gram of sample. The coagulase-positive *Staphylococci* were analyzed by inoculating Baird-Parker Agar (HIMEDIA, Mumbai, India) enriched with egg yolk and 1% potassium tellurite. The sulfite-reducing *Clostridia* were analyzed by inoculating the samples with SPS Agar (HIMEDIA, Mumbai, India) incubated in anaerobiosis, in triplicate, and expressed as log colony-forming units (CFU) per gram of sample.

2.9. Sensory analysis

The acceptance test was performed after the results of microbiological analysis, by 113 untrained panelists, of both sexes with age varying from 18 to 38 years old, 49% being male and 51% female, in the Laboratory of Sensory Analysis of Department of Food Technology and Engineering, Institute of Biosciences, Humanities and Exact Sciences, Campus São José do Rio Preto, São Paulo State University (UNESP), Brazil.

A structured 9-point hedonic scale was used, varying from 9 – liked extremely to 1 –

disliked extremely. The consumers evaluated the following attributes: color, aroma, flavor and texture, as well as an overall parameter of global acceptance (Stone & Sidel, 1993). The intention to purchase was evaluated using a 5-point scale varying from 5 - Certainly would purchase this sample to 1 – certainly would purchase not this sample.

The pre-fried and frozen samples were cooked in a Turbo 240 Classic gas oven (Pasioni, Itajobi, Brazil) heated to a temperature varying from 120 to 140 °C 2 times for 10 minutes. The samples were coded with 3 numeric digits and randomized, then were presented to consumers at a temperature of 60 °C in disposable plastic trays. The test was carried out in monadic form, in individual cabins with natural lighting and served with mineral water to be ingested between evaluations (Meilgaard, Civille, & Carr, 1999). This study had been approved by the Research Ethics Committee at UNESP/IBILCE (n° 3.668.859).

2.10. Statistical analysis

Triplicate sampling for each treatment × five treatments (CON, ERY, AFP, LIE and ROE) × three times of storage (0, 60 and 120 days) × two different manufactures were analyzed for TBARS analysis. For instrumental color was analyzed two times of storage (0 and 120 days). For the statistical analysis of the results of caiman meat nuggets, an analysis of variance (ANOVA two-way) using the General Linear Model (GLM) procedure of the *Statistica* software, version 10.0 (Statsoft Inc., USA) was performed for all variables considered in the study. Fixed effect of time storage and formulation was included in the model, and the manufacture time was a random effect. For sensory analysis, treatments were considered the main effect and the consumers were the random effect. Tukey's *post hoc* test was used to assess the difference between the averages when ANOVA was significant ($P < 0.05$).

3. Results and Discussion

3.1.1. Proximate composition and TPA values

Notable changes were observed such as a reduction in moisture, ash and protein contents after pre-frying for all treatments (Table 2). There were significant differences ($P < 0.05$) among the treatments for the caiman meat nuggets without breading in terms of moisture (77.69 to 76.37 g/100g), protein (18.65 to 17.68 g/100g) and ash (2.80 to 2.45 g/100g). These differences in moisture and protein content are probably due the raw material variations among batches. Regarding lipid content, no significant difference was observed and these values were considered low.

Table 2. Proximate composition (g/100g) and TPA of caiman meat nuggets (without and with breading)

	Treatments					SEM	P value
	CON	ERY	AFP	LIE	ROE		
Proximate composition							
<i>Without breading</i>							
Moisture	77.40 ^{ab}	76.37 ^d	76.80 ^{cd}	77.12 ^{bc}	77.69 ^a	0.13	< 0.01
Lipid	1.24	1.01	0.53	0.90	0.77	0.09	0.14 ^{ns}
Protein	17.90 ^b	17.68 ^b	18.65 ^a	18.26 ^{ab}	18.28 ^{ab}	0.10	< 0.01
Ash	2.68 ^{ab}	2.80 ^a	2.68 ^{ab}	2.53 ^{ab}	2.45 ^b	0.04	0.03
Proximate composition							
<i>With breading</i>							
Moisture	57.27 ^c	59.76 ^{ab}	60.84 ^a	59.20 ^b	59.31 ^b	0.33	< 0.01
Lipid	9.33	7.70	7.13	9.29	7.95	0.30	0.06 ^{ns}
Protein	17.09 ^a	15.33 ^b	15.62 ^b	14.84 ^b	14.85 ^b	0.24	< 0.01
Ash	2.33	2.30	2.43	2.18	2.27	0.05	0.75 ^{ns}
Carbohydrate	13.98	14.91	13.98	14.49	15.62		
Oil abs	2.23	2.50	3.17	2.13	2.50	0.16	0.31 ^{ns}
Pick-up coating	32.36 ^a	25.95 ^b	27.36 ^b	27.86 ^{ab}	25.84 ^b	0.75	0.01
TPA							

Hardness (N)	5.56	5.91	5.59	6.37	5.25	1.80	0.36 ^{ns}
Springiness (mm)	0.676	0.712	0.667	0.674	0.691	0.01	0.44 ^{ns}
Cohesiveness	0.681 ^b	0.695 ^{ab}	0.709 ^a	0.695 ^{ab}	0.702 ^{ab}	0.32	0.01
Chewiness (N·mm)	25.54	29.56	26.48	29.93	25.54	0.99	0.44 ^{ns}
pH	6.02	6.04	6.03	6.02	6.07	0.01	0.06 ^{ns}

^{a,b,c,d} Mean values in the same line not followed by a common letter differ significantly ($P < 0.05$); SEM = standard error; ns = not significant.

CON – Control Treatment; ERY – Erythorbate Treatment; AFP – Acerola Treatment; LIE – Licorice Treatment; ROE – Rosemary Treatment

The proximate composition for caiman meat nuggets with breading (Table 2) showed a significant difference ($P < 0.05$) between the treatments in terms of moisture content, with AFP, LIE and ROE were higher than CON, while for protein content, AFP, LIE and ROE were lower than CON. These differences in moisture and protein content were probably due to breading process, which may have small changes in the quantity. For lipid and ash there were no significant differences between the treatments. The results for lipids in the caiman meat nuggets were higher than the results for lipids in the products without breading showing the influence of oil absorption and the pick-up of coating (Table 2).

The oil absorption did not differ ($P > 0.05$) between the treatments. However, the pick-up of coating was higher ($P < 0.05$) for CON. Similar values were reported by Barros et al. (2018) for chicken nuggets enriched with omega-3 and fiber, replacing chicken skin with chia flour (*Salvia hispânica L.*). The carbohydrates values varied from 13.98 to 15.62 (Table 2) due to the three-step coating system – pre-dust, batter and breading.

The TPA results (Table 2) showed no significant difference ($P > 0.05$) for hardness, springiness and chewiness. However, cohesiveness values differed ($P < 0.05$) between the treatments, which AFP, LIE and ROE were higher than CON. Similar results to cohesiveness were found in fish nuggets (Silva et al., 2020).

There was no difference ($P < 0.05$) between the treatments for pH values (Table 2) which varied from 6.02 to 6.07 and they were in the agreement with the data found by Silva et al. (2020) in fish nuggets.

3.1.2. Instrumental color

The lightness values (L^*) were significantly ($P < 0.05$) lower for LIE (Figure 1A), and decreased during storage for CON, ERY, AFP and ROE. These L^* values may be related to the addition of the MSCM used in the processing, which had a dark appearance, as it contains pigments and bone marrow. The L^* values in this study were lower than those reported by Martínez, Ros, & Nieto (2020) in chicken nuggets.

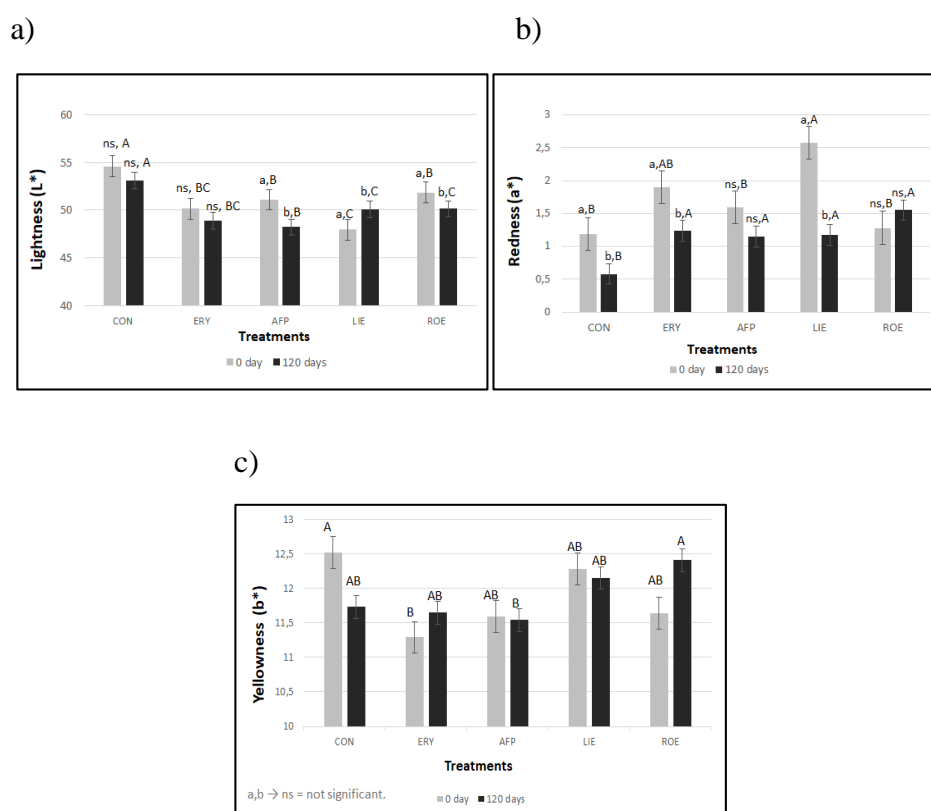


Figure 1. Color parameters in caiman meat nuggets.

^b Mean values in the same line not followed by a common letter differ significantly ($P < 0.05$);

^{A, B} Different capital letters in the same column represent a significant difference between treatments ($P < 0.05$)

SEM = Standard error; ns = not significant.

CON – Control Treatment; ERY – Erythorbate Treatment; AFP – Acerola Treatment; LIE – Licorice Treatment; ROE – Rosemary Treatment

The redness (a*) values in CON, ERY, AFP and LIE decreased over storage (Figure 1B). The LIE showed higher values and these were significantly different from the CON (P < 0.05). Martínez, Ros & Nieto (2020) found similar results to a* in chicken nuggets without plants extracts and all the treatments decreased during frozen storage. The yellowness (b*) values showed no difference (P < 0.05) for all treatments (Figure 1C). Other authors with chicken nuggets (Martinez et al., 2020) showed significant differences between the twelve months of storage.

3.1.3. TBARS values

The TBARS values of caiman meat nuggets with breading are shown in Table 3. For up to 60 days in storage there was no significant difference among the treatments (P > 0.05). After 120 days of frozen storage, LIE presented the lowest TBARS value and it was different from CON (P < 0.05) showing that the addition of this antioxidant was effective in caiman meat nuggets. In addition, LIE treatment was similar to the other treatments added of antioxidant (ERY, AFP and ROE) (P > 0.05). LIE contributed to the stability of caiman meat nuggets during storage. ROE treatment was similar to CON and LIE. In other studies, Gao, Zhuang, Yeh, Bowker & Zhang (2019) showed that the rosemary extract was effective to reduce lipid oxidation in ground chicken patties, and Bolumar, LaPeña, Skibsted, & Orlie (2016) showed this in pork patties.

Table 3. Lipid oxidation (TBARS) in caiman meat nuggets.

Treatments	0 day	60 days	120 days	SEM	Value p
CON	0.310 ^b	0.430 ^b	0.628 ^{aA}	0.04	<0,01
ERY	0.300 ^b	0.407 ^{ab}	0.503 ^{aAB}	0.03	0.02

AFP	0.272 ^b	0.323 ^b	0.512 ^{aAB}	0.04	<0.01
LIE	0.268	0.332	0.450 ^B	0.04	0.12 ^{ns}
ROE	0.264 ^b	0.378 ^{ab}	0.502 ^{aAB}	0.03	0.01
SEM	0.02	0.03	0.03		
<i>P</i> value	0.95 ^{ns}	0.64 ^{ns}	0.01		

^{a,b} Mean values in the same line not followed by a common letter differ significantly ($P < 0.05$);

^{A,B} Different capital letters in the same column represent a significant difference between treatments ($P < 0.05$)

SEM = Standard error; ns = not significant.

CON – Control Treatment; ERY – Erythorbate Treatment; AFP – Acerola Treatment; LIE – Licorice Treatment; ROE – Rosemary Treatment.

Jiang, Zhang, True, Zhou, & Xiong (2013) studied the antioxidant action of licorice (*Glycyrrhiza glabra*) in the inhibition of lipid oxidation in a pre-cooked pork burger stored for 14 days under refrigeration and for 6 months under freezing. Licorice extract was more efficient during storage under refrigeration and was similar to rosemary extract during storage under freezing. Licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) is considered a natural antioxidant, due to its high content of triterpene, flavonoids and phenolic acids (Zhang & Ye, 2009). It also contains isoflavones, coumarins, stilbenes, and saponins such as glycyrrhizin, which have anti-inflammatory, antiviral, anti-fungal properties and antioxidant and antimicrobial activities (Fukai, Oku, Hano, & Terada, 2004; Fatima et al., 2009; Qiao et al., 2015; Thakur, Jain, & Ghoshal, 2016). Quintana et al. (2019) found 76.2 ± 1.5 mg equivalent gallic acid (GAE) /g licorice extract to total phenolic compounds and antioxidant activity 42.1 ± 3.2 $\mu\text{g}/\text{mL}$ to ABTS method and 126.0 ± 0.5 $\mu\text{g}/\text{mL}$ by DPPH method.

Oliveira et al. (2020) found higher contents of ascorbic acid 30.13 ± 0.03 mg/100 g in acerola fruit powder and total phenolics 4886.79 ± 66.71 mg GAE /100 g and higher antioxidant activities by FRAP method: 2348.65 ± 11.21 $\mu\text{mol TEAC}/100$ g; and ABTS method: 790.00 ± 14.00 $\mu\text{mol TEAC}/100$ g. Already the rosemary extract, Moczowska et al. (2020) found values to total phenolic content 32.42 ± 0.664 mg GAE/g DM, and antioxidant activity

95.93 ± 0.668 by DPPH method and 91.08 ± ABTS method.

3.1.4. Microbiological analysis

The results of the microbiological analysis of caiman meat nuggets (Table 4) are in accordance with the Standard Brazilian Legislation (Brazil, 2001).

Table 4. Microbiological analysis in caiman meat nuggets.

	<i>Salmonella</i> sp.	Thermotolerant Coliforms	Coagulase positive <i>Staphylococci</i>	Sulfite-reducing <i>Clostridia</i>
CON	Absent	< 3 MPN/g	< 10 ² CFU/g	< 10 ¹ CFU/g
ERY	Absent	< 3 MPN/g	< 10 ² CFU/g	< 10 ¹ CFU/g
AFP	Absent	< 3 MPN/g	< 10 ² CFU/g	< 10 ¹ CFU/g
LIE	Absent	< 3 MPN/g	< 10 ² CFU/g	< 10 ¹ CFU/g
ROE	Absent	< 3 MPN/g	< 10 ² CFU/g	< 10 ¹ CFU/g

CON – Control Treatment; ERY – Erythorbate Treatment; AFP – Acerola Treatment; LIE – Licorice Treatment; ROE – Rosemary Treatment.

MPN = Most probable number

CFU = Colony-forming units

Some studies indicated the microbial activity of rosemary and licorice extract. Gao, Zhuang, Yeh, Bowker, & Zhang (2019) reported that rosemary extract helped to reduce total count in chicken burger at refrigerated storage. Previous research reported licorice extract inhibited the growth of *Escherichia coli* (ATCC-25299) and *Staphylococcus aureus* (Quintana et al., 2019; Takur, Jain, & Ghoshal, 2016).

3.3. Sensory analysis

The addition of acerola fruit powder, rosemary and licorice extract in caiman meat nuggets did not affected the sensorial analysis (Table 5). CON, ERY, AFP, LIE and ROE treatments were similar ($P > 0.05$) to color, aroma, texture, flavour and sensory acceptance. So, the caiman meat nuggets presented good sensorial acceptance, remembering that nuggets

in general are well accepted by consumers because are easy to prepare, in addition to the crispy product and agreeable flavor. This type of product has great potential for different types meat, such as chicken, fish and wild animals.

Table 5. Sensorial acceptance of caiman meat nuggets.

	Treatments					SEM	Sig.
	CON	ERY	AFP	LIE	ROE		
Sensorial acceptance							
Color	6.04	6.28	5.91	5.84	5.96	0.06	0.22 ^{ns}
Aroma	6.75	6.80	6.71	6.74	6.72	0.06	0.99 ^{ns}
Texture	6.74	6.84	6.34	6.38	6.40	0.07	0.05 ^{ns}
Flavor	7.19	7.15	6.92	6.88	6.99	0.06	0.38 ^{ns}
Global acceptance	6.99	7.03	6.69	6.70	6.79	0.05	0.12 ^{ns}

SEM: standard error of the mean.

CON – Control Treatment; ERY – Erythorbate Treatment; AFP – Acerola Treatment; LIE – Licorice Treatment; ROE – Rosemary Treatment.

Romanelli, Caseri, & Lopes-Filho (2002) developed four different products with Pantanal caiman meat - hamburger, pickled meat (canned), uncooked cured meat (smoked) and a cured and cooked product (type ham). The results of sensory analysis using a hedonic scale of 7 (seven) points showed above 50% for the score “liked slightly” for both products. Fernandes et al. (2013) reported that hamburgers made with Pantanal caiman shavings submitted to different techniques of smoking were evaluated sensorially on hedonic scale of 9 (nine) points. The general acceptance was most scored as “liked moderately” for both a sample without smoking and sample submitted to liquid smoking respectively, and “liked slightly” for a sample submitted to hot smoking.

Delfino, Silva, Biassi, Scopel, & Bairy (2017) sensorially evaluated breaded tilapia burgers when applying different commercial systems of coating and obtained a result under the score “liked very” in hedonic scale of 9 (nine) points, for a sample with the medium standard

of granulometry for breeding.

4. Conclusion

The addition of licorice extract in caiman meat nuggets improved the quality of parameters like color and oxidative stability. The color parameters had higher values for the a* parameter for LIE, and these values were different from those for CON. This result indicates the antioxidant effect of licorice extract when used in caiman meat nuggets. All the products were well accepted. Nuggets with LIE had significantly lower TBARS values at the end of the storage period (0.450 mg malondialdehyde/kg) compared to the control (0.628 mg malondialdehyde/kg). Licorice extract is a good alternative to include as a natural ingredient in meat products.

Acknowledgements

The authors would like to thank the Cocrijapan Ltda. and Caimasul Ltda. Companies for the support. Marco Antonio Trindade and Andrea Carla da Silva Barretto are members of the HealthyMeat network, funded by CYTED (ref. 119RT0568).

5. References

- Aleixo, V. M., Cotta, T., Logato, P. V. R., Oliveira, A. I. G., Fialho, E. T. (2002). Efeitos da adição de diferentes teores de farelo de soja na dieta sobre o desenvolvimento de filhotes de jacaré-do-Pantanal *Caiman crocodilus yacare* (Daudin, 1802). *Ciência Agrotecnologia*, 26(2), 411-417.
- AOAC (2007). *Official methods of analysis of AOAC (Association of Official Analytical Chemists) international* (18th ed.) Gaithersburg, MD: AOAC International.
- APHA (2001). American Public Health Association. Committee on Microbiological Methods for Foods. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 4.ed. Washington, 676.

- Barros, J. C., Munekata, P. E. S., Pires, M. A., Rodrigues, I., Andaloussi, O. S., Rodrigues, C. E. C., Trindade, M. A. (2018). Omega-3- and fibre-enriched chicken nuggets by replacement of chicken skin with chia (*Salvia hispânica* L.) flour. *LWT - Food Science and Technology*, 90, 283–289.
- Birtic', S., Dussort, P., Pierre, F.X., Bily, A. C., Roller, M. (2015). Carnosic acid. *Phytochemistry*, 115, 9–19.
- Bligh, E. G., Dyer, W. J. (1959). A rapid method for total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37, 911–917.
- Bolumar, T., LaPeña, D. Skibsted, L. H., Orlie, V. (2016). Rosemary and oxygen scavenger in active packaging for prevention of high-pressure induced lipid oxidation in pork patties. *Food Packaging and Shelf Life*, 7, 26-33.
- Borrás-Linares, I., Stojanovic', Z., Quirantes-Piné, R., Arráez-Román, D., Švarc-Gajic', J., Fernández-Gutiérrez, A., & Segura-Carretero, A. (2014). Rosmarinus officinalis leaves as a natural source of bioactive compounds. *International Journal of Molecular Sciences*, 15(11), 20585–20606.
- Brazil (2001). Ministry of Health. Resolução RDC n. 12 de 02 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. (Available) http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/%281%29RDC_12_2001_COMP.pdf/b3cb6241-6d1b-49fc-8a88-b0781a147980 >, Accessed in: June 10, 2020.
- Caleja, C., Barros, L., Antonio, A. L., Oliveira, B. P. P., Ferreira, I. C. F. R. (2017). A comparative study between natural and synthetic antioxidants: Evaluation of their performance after incorporation into biscuits. *Food Chemistry*, 216, 342-346.
- Campo, M. M., Nute, G. R., Hughes, S. I., Enser, M., Wood, J. D., & Richardson, R. I. (2006). Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Science*, 72(2), 303–311.
- Canto, A. C. V. C. S., Costa-Lima, B. R. C., Suman, S. P., Monteiro, M. L. G., Marsico, E. T., Conte-Junior, C. A., Franco, R. M., Salim, A. P. A. A., Torrezan, R., Silva, T. J. P. (2015). Fatty acid profile and bacteriological quality of caiman meat subjected to high hydrostatic pressure. *Food Science and Technonology*, 63, 872-877.
- Chang, S. k., Alasalvar, C., & Shahidi, F. (2018). Superfruits: Phytochemicals, antioxidant efficacies, and health effects – A comprehensive review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-25.
- Dal Bosco, A., Gerencsér, Zs., Szendrő, Zs., Mugnai, C., Cullere, M., Kovács, M., Ruggeri, S., Mattioli, S., Castellini, C., Dalle Zotte, A. (2014). Effect of dietary supplementation of Spirulina (*Arthrospira platensis*) and Thyme (*Thymus vulgaris*) on rabbit meat appearance, oxidative stability and fatty acid profile during retail display. *Meat Science*, 96, 114–119.

- Delfino, L. A., Silva, L. S., Biassi, D. C., Scopel, F. H. P., Bairy, E. M. (2017). Elaboração de hambúrguer empanado de tilápia aplicando diferentes sistemas de coberturas comerciais. *Brazilian Journal of Food Research*, 8(2), 32-45.
- Falowo, A. B., Fayemi, P. O., Muchenje, V. (2014). Natural antioxidants against lipid-protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. *Food Research International*, 64, 171-181.
- Fatima, A, Gupta, V. K., Luqman, S., Negi, A. S., Kumar, J. K., Shanker, K., Saikia, D., Srivastava, S., Darokar, M. P., Khanuja, S. P. (2009). Antifungal activity of *Glycyrrhiza glabra* extracts and its active constituent glabridin. *Phytotherapy Research*, 23(8), 1190-1193.
- Fernandes, V. R. T., Franco, M. L. R. S., Gasparino, E., Tanamati, A., Coutinho, M. E., Bielawski, K. (2013). Hambúrgueres de aparas de jacaré-do-Pantanal (*Caiman yacare*) submetidos a diferentes técnicas de defumação. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária*, 65(3), 927-933.
- Fukai, T., Oku, Y., Hano, Y., Terada, S. (2004). Antimicrobial activities of hydrophobic 2-arylbenzofurans and an isoflavone against vancomycin-resistant enterococci and methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Planta Medica*, 70(7), 685-687.
- Gao, Y., Zhuang, H., Yeh, H-Y., Bowker, B., Zhang, J. (2019). Effect of rosemary extract on microbial growth, pH, color, and lipid oxidation in cold plasma-processed ground chicken patties. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 57, 102168.
- García-González, D. L., Aparicio, R., Aparicio-Ruiz, R. (2013). Volatile and amino Acid profiling of dry cured hams from different swine breeds and processing methods. *Molecules*, 18(4), 3927-3947.
- Gonçalves, A. A. (2011). *Tecnologia do pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação*. São Paulo: Atheneu (608 p).
- Jiang, J., Zhang, X., True, A. D., Zhou, L., Xiong, Y. L. (2013). Inhibition of lipid oxidation and rancidity in precooked pork patties by radical-scavenging licorice (*Glycyrrhiza glabra*) extract. *Journal of Food Science*, 78(11), 1686-1694.
- Lorenzo, J. M., Gómez, M. (2012). Shelf life of fresh foal meat under MAP, overwrap and vacuum packaging conditions. *Meat Science*, 92(4), 610-618.
- Lima Junior, D. M., Rangel, A. H. N., Urbano, S. A., Moreno, G. M B. (2013). Oxidação lipídica e qualidade da carne ovina. *Acta Veterinaria Brasilica*, 7(1), 14-28.
- Mariutti, L. R. B., Bragagnolo, N. (2017). Influence of salt on lipid oxidation in meat and seafood products: A review. *Food Research International*, 94, 90-100.

- Martínez, L., Ros, G., Nieto G. (2020). Effect of natural extracts obtained from food industry by-products on nutritional quality and shelf life of chicken nuggets enriched with organic Zn and Se provided in broiler diet. *Poultry Science*, 99, 1491-1501.
- Mattioli, S., Cardinali, R., Balzano, M., Pacetti, D., Castellini, C., Dal Bosco, A., Frega, N. G. (2017). Influence of dietary supplementation with prebiotic, oregano extract, and vitamin E on fatty acid profile and oxidative status of rabbit meat. *Journal of Food Quality*, 1-9.
- Meilgaard, M., Civille, G. V., Carr, B. T. (1999). *Sensory evaluation techniques* (3.ed.). New York: CRC (281 p).
- Moczowska, M., Karp, S., Horbanczuk, O. K., Hanula, M., Wyrwisz, J., Kurek, M. A. (2020). Effect of rosemary extract addition on oxidative stability and quality of hemp seed oil. *Food and Bioprocess Processing*. 124, 33-47.
- Nowak, A., Czyzowska, A., Efenberger, M., Krala, L. (2016). Polyphenolic extracts of cherry (*Prunus cerasus* L.) and blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) leaves as natural preservatives in meat products. *Food Microbiology*, 59, 142-149.
- Oliveira, S. D., Araújo, C. M., Borges, G. S. C., Lima, M. S., Viera, V. B., Garcia, E. F., Souza, E. L., Oliveira, M., E. G. (2020). Improvement in physicochemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity of acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) and guava (*Psidium guajava* L.) fruit by-products fermented with potentially probiotic lactobacilli. *Food Science and Technology*, 134, 110200.
- Park, J., Rho, S. J., Kim, Y. R. (2019). Enhancing antioxidant and antimicrobial activity of carnosic acid in rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract by complexation with cyclic glucans. *Food Chemistry*, 299, 125119.
- Qiao, X., Song, W., Ji, S., Wang, Q., Guo, D., Ye, M. (2015). Separation and characterization of phenolic compounds and triterpenoid saponins in licorice (*Glycyrrhiza uralensis*) using mobile phase-dependent reversed-phase × reversed-phase comprehensive two-dimensional liquid chromatography coupled with mass spectrometry. *Journal Chromatography A*, 1402, 36-45.
- Quintana, S. E., Cueva, C., Villanueva-Bermejo, D., Moreno-Arribas, M. V., Fornari, T. García-Risco, M. R. (2019). Antioxidant and antimicrobial assessment of licorice supercritical extracts. *Industrial Crops & Products*. 139, 111496.
- Realini, C. E., Guàrdia, M. D.; Díaz, I., García-Regueiro, J. A., Arnau, J. (2015). Effects of acerola fruit extract on sensory and shelf-life of salted beef patties from grinds differing in fatty acid composition. *Meat Science*, 99, 18–24.
- Romanelli, P. F., Caseri, R., Lopes Filho, J. F. (2002). Processamento da carne do jacaré

- do-Pantanal (*Caiman crocodilus yavare*). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 22(1), 70-75.
- Silva, M.C.A., Leite, J.S.A.F., Barreto, B.G., Neves, M.V.A., Silva, A.S., Viveiros, K.M., Passos, R.S.F.T., Costa, N.P., Silva, R.V., Cavalheiro, C.P. (2020). The impact of innovative gluten-free coatings on the physicochemical, microbiological, and sensory characteristics of fish nuggets. *LWT - Food Science and Technology*, article in Press.
- Soladoye, O., Juárez, MA., Aalhus, J., Shand, P., Estévez, M. (2015). Protein oxidation in processed meat: mechanisms and potential implications on human health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(2), 106-122.
- Stone, H., Sidel, J. L. (1993). *Sensory evaluation practices*. Orlando: Academic (311 p).
- Teruel, M. R., Garrido, M. D., Espinosa, M. C., Linares, M. B. (2015). Effect of diferent format-solvent rosemary extracts (*Rosmarinus officinalis*) on frozen chicken nuggets quality. *Food Chemistry*, 172, 40–46.
- Thakur, D., Jain, A. A., Ghoshal, G. (2016). Evaluation of phytochemical, antioxidante and antimicrobial properties of glycyrrhizin extracted from roots of *Glycyrrhiza glabra*. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 75, 487-494.
- Vicente Neto, J., Bressan, M. C., Faria, P. B., Vieira, J. O., Santana, M. T. A., Kloste, M. (2006). Composição centesimal e colesterol da carne de jacaré-do-Pantanal (*Caiman yacare* Daudin 1802) oriundo de zoológico e habitat natural. *Ciência Agrotecnologia*, 30(4), 701-706.
- Vicente Neto, J., Bressan, M. C., Faria, P. B., Vieira, J. O., Cardoso, M. G., Glória, M. B. A., Gama, L. T. (2010). Fatty acid profiles in meat from Caiman yacare (*Caiman crocodilus yacare*) raised in the wild or in captivity. *Meat Science*, 85, 752-758.
- Vynche, W. (1970). Direct detemination of the thiobarbituric acid value in thricloracetic acidextracts of fish as a measure of oxidative rancidity. *Fette Sefein Anstrichmittel*, 72(12), 1084–1087.
- Zhang, Q., Ye, M. (2009). Chemical analysis of Chinese herbal medicine Gan-Cao (Licorice). *Journal of Chromatography A*, 1216(11), 1954 – 1969.
- Zhang, Y., Luo, H., Liu, K., Jia, H., Chen, Y., Wang, Z. (2015). Antioxidant effects of liquorice (*Glycyrrhiza uralensis*) extract during aging of longissimus thoracis muscle in Tan sheep. *Meat Science*, 105, 38–45.

CAPÍTULO 5

Artigo à ser traduzido e submetido ao periódico Food Science and Technology

Efeito da adição de acerola em pó e extrato de alecrim na estabilidade oxidativa de hambúrguer de carne de jacaré armazenado sob congelamento

Gilmar Borges de Paiva ^{1,2*}, Isabella Maria Ferreira Silva¹, Jéssica Aparecida Palma¹, Javier Telis Romero¹, Andrea Carla da Silva Barretto¹

¹Universidade Estadual Paulista – UNESP, Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos, Laboratório de Carnes, Pescados e Derivados, Rua Cristóvão Colombo, 2265, CEP 15054-000 São José do Rio Preto, SP, Brasil

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – IFMT, Rodovia MT 235, KM 12, Zona Rural, CEP 78360-000, Campo Novo do Parecis – MT, Brasil

* Autor para correspondência. E-mail: gilmar.paiva@ifmt.edu.br

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da adição de acerola em pó e extrato de alecrim na estabilidade oxidativa, cor e pH de hambúrguer de carne de jacaré durante 90 dias de armazenamento sob congelamento (-18 °C). Foram preparados quatro tratamentos: CON - tratamento controle sem adição de antioxidante, ERI – com adição de eritorbato de sódio (0,05%), ACE – com adição de acerola em pó (0,05%), ALE – com adição de extrato de alecrim (0,05%). Todos os hambúrgueres foram produzidos com aparas de carne de jacaré e toucinho suíno. Foram determinados os parâmetros de cor instrumental (L, a* e b*), valores de pH e oxidação lipídica (TBARS) durante 90 dias sob congelamento (-18 °C). A adição de extrato de alecrim em hambúrguer de carne de jacaré melhorou a estabilidade oxidativa. Os parâmetros de cor vermelha foram maiores para o tratamento ACE, os quais foram diferentes de CON. Esses resultados são promissores, indicando melhora da qualidade com o efeito antioxidante do extrato de alecrim em hambúrguer de carne de jacaré, e poderá ser usado em substituição ao antioxidante eritorbato de sódio.

Palavras-chaves: oxidação lipídica, produtos cárneos exóticos, parâmetros de cor.

1. Introdução

Para alguns países, a carne de animais silvestres constitui a principal fonte de proteína para o consumo humano, representando dietas mais saudáveis, alimentos com baixo teor de colesterol, quando comparados com carne de outras espécies. A carne de jacaré do Pantanal apresenta uma boa alternativa para consumo, contém baixo teor de lipídio e elevado teor de proteína (Vicente Neto et al., 2006; Canto et al., 2015 e Simoncini et al., 2020) e demonstra potencial para elaboração de derivados (Romanelli et al., 2002).

O consumo dos alimentos industrializados, têm aumentado devido à sua praticidade e características sensoriais desejáveis. No entanto, os produtos cárneos processados são suscetíveis à alterações físicas e/ou químicas durante sua vida útil. Paralelamente, os antioxidantes tem sido usado para prevenir alterações oxidativas indesejáveis durante sua vida útil (Queiroz et al., 2005; Bellucci et al., 2021).

O hambúrguer é um produto cárneo industrializado, obtido de carne moída dos animais de açogue, adicionado ou não de tecido adiposo e ingredientes, moldado e submetido a processo tecnológico adequado (Brasil, 2000). Para o processamento de hambúrguer é importante considerar alguns fatores relevantes, como a matéria-prima utilizada, agentes de conservação e condições de processamento e armazenamento.

As carnes e produtos cárneos são suscetíveis à oxidação lipídica devido a sua composição química (Lorenzo & Gomes, 2012), e as alterações de oxidação são indesejáveis aos alimentos, pois além de representar rejeição pelo consumidor, por conta do aroma típico de lipídios oxidados (ranço), podem trazer malefícios à saúde do consumidor, já que o malonaldeído e os óxidos de

colesterol, produtos da oxidação lipídica, são responsáveis por doenças cardíacas, derrames cerebrais e câncer (Oliveira et al., 2012).

Para minimizar os problemas de qualidade em produtos de origem animal, as indústrias têm utilizado antioxidantes para prevenir a oxidação dos produtos cárneos. Entretanto, há uma tendência de apelo pelos consumidores em busca de produtos alimentícios produzidos com antioxidantes naturais, considerados como alimentos mais saudáveis (Oswell; Thippareddi e Pegg, 2018; Borella et al., 2019).

Frente à essa demanda por alimentos mais saudáveis, os extratos vegetais têm sido investigados quanto à aplicação em produtos cárneos, para o controle de oxidação lipídica. O extrato de alecrim (0,06 %) em hambúrguer misto de carne bovina, frango e peru durante 120 dias de armazenamento à 12 °C foi estudado por Borella et al. (2019), que encontraram boa estabilidade oxidativa no produto após 120 dias de armazenamento. Paiva et al. (2021) estudaram o efeito antioxidante de acerola em pó, extrato de alcaçuz e alecrim em nuggets de carne de carne de jacaré armazenado sob congelamento por 120 dias, os quais mostraram efeito positivo sob a estabilidade oxidativa ao final do armazenamento. O extrato de pitaya foi estudado por Bellucci et al. (2021) em hambúrguer de carne suína armazenado em refrigeração durante 18 dias, mostrando ação protetora sobre as proteínas e lipídios contra oxidação lipídica.

Dentre outras formas de conservação de alimentos, o processo de congelamento é amplamente utilizado na indústria de alimentos ao permitir grande prolongamento ou aumento da vida de prateleira dos produtos com menores alterações sensoriais e nutricionais (Augusto, 2018). Segundo Fellows (2019), o congelamento começa a ocorrer entre -1 °C e -3 °C, dependendo da concentração de solutos na fase aquosa. Entretanto as temperaturas de congelamento variam de acordo com a matriz, variando de -18 °C à -25°C para carnes e pescados

em geral. Contudo e apesar do congelamento ser um método eficiente na conservação de alimentos, as reações que não dependem da água ainda mantêm taxa relativamente alta mesmo durante o congelamento, como no caso da oxidação de lipídios. Sabendo-se que a oxidação de lipídios limita a vida de prateleira de grande parte dos produtos congelados (Augusto, 2018).

O objetivo neste estudo foi avaliar o efeito da adição de acerola em pó e extrato de alecrim na estabilidade oxidativa e cor de hambúrguer de carne de jacaré armazenado sob congelamento (-18 °C).

2. Material e métodos

2.1. Matéria-prima

As aparas de carne de jacaré foram obtidas pela empresa Caimasul (Caimans do Sul do Pantanal/Corumbá, Brasil), empresa devidamente legalizada na atividade de criação em cativeiro e abate de jacaré, a gordura suína foi obtida em mercado local. As matérias-primas foram congeladas e armazenadas a -18 ° C e posteriormente transportada em gelo seco até o Laboratório de Tecnologia de Carnes, Peixes e Derivados da Universidade Estadual Paulista (São José do Rio Preto, Brasil), para condução do experimento.

2.2. Processamento

Quatro formulações de hambúrguer de carne de jacaré foram elaboradas no Laboratório de Tecnologia de Carnes, Peixes e Derivados da Universidade Estadual Paulista conforme mostradas na Tabela 1. As aparas de carne de jacaré foram descongeladas a 4 °C durante a noite por 12 horas. A aparas e gordura suína (toucinho) foram trituradas separadamente em moedor de

carne CAF 10 (CAF, Rio Claro, Brasil) em disco de 8 mm. Todos os ingredientes foram misturados até se obter uma mistura homogênea. O processamento foi realizado em duplicata.

Tabela 1. Formulações de hambúrguer de carne de jacaré

Ingredientes (%)	Tratamentos			
	CON	ERI	ACE	ALE
Aparas de carne de jacaré	83,691	83,641	83,641	83,641
Gordura suína (bacon)	10	10	10	10
Água	2	2	2	2
Cloreto de sódio ^a	1,5	1,5	1,5	1,5
Alho em pó ^b	0,3	0,3	0,3	0,3
Cebola em pó ^b	0,3	0,3	0,3	0,3
Nós moscada ^b	0,1	0,1	0,1	0,1
Pimenta branca em pó ^b	0,1	0,1	0,1	0,1
Proteína texturizada de soja (granulada)	2	2	2	2
Eritorbato de sódio ^b		0,05		
Extrato de alecrim ^e			0,05	
Acerola em pó ^c				0,05
Fumaça líquida ^d	0,009	0,009	0,009	0,009

CON – Tratamento Controle; ERI - Tratamento Eritorbato; ACE - Tratamento Acerola; ALE - Tratamento Alecrim.

^aCisne (São Paulo, Brasil).

^bDoado por New Max (Americana, Brasil).

^cDoado por Duas Rodas (Juaraguá do Sul, Brasil).

^dDoado pela ICL (São Paulo, Brasil).

^eDoado pela Kemin (Indaiatuba, Brasil).

A mistura homogênea foi moldada em forma de hambúrguer, com peso médio de 100 g, conforme demonstrada na Figura 1, identificadas e armazenadas em câmara de congelamento (-18 °C) durante 90 dias. Os tratamentos do hambúrguer de carne de jacaré, foram avaliados sob os parâmetros de cor instrumental, valores de pH e oxidação lipídica (TBARS) durante 0, 30, 60 e 90 dias de armazenamento sob congelamento (-18 °C). Além disso, foram realizadas análises de composição centesimal.



Figura 1. Hambúrguer de carne de jacaré

2.3 pH e Composição centesimal

Os valores de pH foram medidos em pHmetro digital (TecnoPON, Piracicaba, Brasil), calibrado com duas soluções padrão (pH 4,0 e pH 7,0) em temperatura ambiente, com a penetração da sonda diretamente nas amostras trituradas, durante 0, 30, 60 e 90 dias de armazenamento em congelamento.

Foi analisada a composição centesimal (umidade, cinza e proteínas) de acordo com métodos descritos da AOAC, (2007). Os lipídios foram determinados seguindo método de Bligh & Dyer (1959). Os resultados das análises foram expressos em g/100 g. As análises de pH e composição centesimal foram realizadas em triplicata.

2.3 Cor instrumental

Os parâmetros instrumentais de cor L * (luminosidade), a * (vermelho) e b * (amarelo) foram medidos usando um colorímetro ColorFlex 45/0 (Hunterlab, Reston, US), operando com abertura 0,50 polegadas, iluminante D65 e ângulo de visão de 10 °. As amostras foram

descongeladas e analisadas com 10 leituras para cada tratamento em diferentes pontos da superfície, durante 0, 30, 60 e 90 dias de armazenamento sob congelamento.

2.4 Oxidação lipídica (TBARS)

A oxidação lipídica foi analisada pelo índice TBARS (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico) de acordo com o método descrito por Vynche (1970). A leitura do espectrofotômetro foi feita em 532 nm e uma curva padrão foi preparada usando 1,1,3,3-tetraetoxipropano, sendo os valores de TBARS expressos em mg de malonaldeído por quilograma de amostra (mg MDA.kg^{-1} de amostra). As amostras foram descongeladas e homogeneizadas para a análise, sendo realizada em 0, 30, 60 e 90 dias de estocagem sob congelamento.

2.5 Análise estatística

Os resultados foram analisados estatisticamente pelo Modelo Linear Geral (GLM) e as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey HSD ($P < 0,05$). Os resultados foram expressos como valores médios e erro padrão da média. Foi utilizado o programa *Statistic* versão 10 (Statsoft Inc., USA).

3. Resultados e Discussão

3.1. Composição Centesimal

A composição centesimal não mostrou diferença significativa ($P < 0,05$) em umidade (69,22 à 72,25 g/100 g), lipídio (6,00 à 6,53 g/ 100 g), proteína (14,97 à 16,45 g/100 g) e cinza (2,47 à 2,93 g/100 g) para todos os tratamentos (Tabela 2). Os valores de umidade, cinza e

proteína encontrados nesse estudo foram semelhantes aos encontrados em produto nuggets de carne de jacaré sem empanamento (Paiva et al., 2021), já os valores de lipídios nesse estudo foram maiores que os encontrados no trabalho citado, o que pode estar relacionado com a adição de toucinho suíno nas formulações neste estudo.

Tabela 2. Composição centesimal (g/100g) de hambúrguer de carne de jacaré

	Tratamentos					P Value
	CON	ERI	ACE	ALE	SEM	
Umidade	69,93	71,83	72,25	69,22	0,58	0,17 ^{ns}
Lipídio	6,53	6,31	6,52	6,00	0,13	0,52 ^{ns}
Proteína	16,32	16,45	15,49	14,97	0,37	0,54 ^{ns}
Cinza	2,47	2,60	2,50	2,93	0,13	0,67 ^{ns}

^{a,b,c} Valores médios na mesma linha não seguidos por uma letra comum diferem significativamente ($P < 0,05$); SEM = erro padrão da média; ns = não significativo.

CON – Tratamento Controle; ERI – Tratamento Eritorbato; ACE – Tratamento Acerola; ALE – Tratamento Alecrim.

3.2. Cor instrumental

Para análise de cor (Tabela 3) a luminosidade não mostrou diferença significativa ($P < 0,05$) para os tratamentos eritorbato, acerola e alecrim durante o armazenamento, os valores variaram de 54,40 à 56,71. Valores maiores para luminosidade foram encontrados em hambúrguer de carne de cordeiro (Almeida et al., 2019), e valores aproximados foram reportados por Paiva et al. (2021) em nuggets de carne de jacaré.

Tabela 3. Cor em hambúrguer de carne de jacaré

L*						
Tratamentos	0 dia	30 dias	60 dias	90 dias	SEM	Valor P
CON	54,97 ^c	56,90 ^{abA}	57,91 ^{aA}	55,37 ^{bc}	0,27	< 0,01
ERI	54,41	55,25 ^B	54,40 ^C	55,57	0,21	0,12 ^{ns}
ACE	56,12	54,93 ^B	56,71 ^{AB}	55,62	0,30	0,17 ^{ns}
ALE	54,77	56,15 ^{AB}	55,10 ^{BC}	56,15	0,22	0,06 ^{ns}
SEM	0,26	0,22	0,28	0,22		
Valor P	0,12 ^{ns}	< 0,01	< 0,01	0,65 ^{ns}		

a*						
CON	1,31 ^a	0,57 ^b	1,11 ^{aAB}	0,28 ^b	0,07	< 0,01
ERI	1,11 ^a	0,57 ^b	0,61 ^{bBC}	0,46 ^b	0,05	< 0,01
ACE	1,40 ^a	0,44 ^c	0,82 ^{bAB}	0,41 ^c	0,06	< 0,01
ALE	1,07 ^a	0,28 ^b	0,33 ^{bC}	0,35 ^b	0,06	< 0,01
SEM	0,05	0,04	0,05	0,05		
<i>P Value</i>	0,07 ^{ns}	0,06 ^{ns}	< 0,01	0,58 ^{ns}		

b*						
CON	11,19 ^B	11,75	11,67 ^{AB}	11,23 ^B	0,09	0,06 ^{ns}
ERI	11,64 ^{abAB}	12,26 ^a	10,94 ^{bB}	12,44 ^{aA}	0,13	< 0,01
ACE	12,18 ^A	11,82	12,52 ^A	12,53 ^A	0,12	0,10 ^{ns}
ALE	11,73 ^{AB}	11,92	11,72 ^{AB}	12,37 ^A	0,11	0,20 ^{ns}
SEM	0,10	0,10	0,14	0,13		
<i>Valor P</i>	< 0,01	0,26 ^{ns}	< 0,01	< 0,01		

^{a,b} Valores médios na mesma linha não seguidos por uma letra comum diferem significativamente ($P < 0,05$).

A,B Diferentes letras maiúsculas na mesma coluna representam uma diferença significativa entre os tratamentos ($P < 0,05$).

SEM = Erro padrão da amostra; ns = Não significativo. CON – Tratamento Controle; Tratamento Eritorbato; ACE – Tratamento Acerola; ALE – Tratamento Alecrim.

Os valores de cor vermelha (a*) diminuiram significativamente ao final do armazenamento para todos os tratamentos. Valores aproximados para cor vermelha foram encontrados em nuggets de carne de jacaré (Paiva et al., 2021) e menores aos encontrados em hambúrguer de carne de cordeiro (Almeida et al., 2019).

A cor amarela (b*) não diferiu para os tratamentos acerola e alecrim durante o armazenamento, os quais apresentaram valores semelhantes aos reportados por Paiva et al. (2021) em nuggets de carne de jacaré, e valores maiores que os encontrados em hambúrguer de carne de cordeiro (Almeida et al., 2019).

Neste estudo, de forma geral, o hambúrguer de carne de jacaré apresentou coloração acinzentada, provavelmente devido à característica natural das aparas de carne de jacaré por conterem pigmentação escura, apresentou menor intensidade de cor vermelha e maior intensidade de cor amarela.

3.3. pH e TBARS

Os valores de pH (Tabela 4) não apresentaram diferença para os tratamentos, os quais variaram de 5,82 a 5,97. Os valores de pH encontrados nesse estudo foram menores que os reportados por Paiva et al. (2021) em nuggets de carne de jacaré.

Tabela 4. pH e Oxidação lipídica (TBARS) em hambúrguer de carne jacaré

Tratamentos	0 dia	30 dias	60 dias	90 dias	SEM	Valor P
pH						
CON	5,86	5,83	5,85 ^{AB}	5,97	0,02	0,14 ^{ns}
ERI	5,86	5,95	5,94 ^A	5,92	0,04	0,88 ^{ns}
ACE	5,83	5,82	5,86 ^A	5,9	0,01	0,20 ^{ns}
ALE	5,82	5,92	5,87	5,86	0,02	0,15 ^{ns}
SEM	0,01	0,04	0,02	0,02		
Valor P	0,71 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,45 ^{ns}		
TBARS						
	mg malonaldeído/kg de amostra					
CON	0,825 ^{bA}	0,627 ^{cB}	0,607 ^{cB}	1,382 ^{aB}	0,09	< 0,01
ERI	0,827 ^{bA}	0,661 ^{cB}	0,550 ^{cB}	1,019 ^{aC}	0,05	< 0,01
ACE	0,680 ^{dB}	1,193 ^{cA}	1,453 ^{bA}	2,018 ^{aA}	0,12	< 0,01
ALE	0,188 ^{cC}	0,422 ^{bC}	0,459 ^{bC}	1,002 ^{aC}	0,08	< 0,01
SEM	0,07	0,07	0,1	0,11		
Valor P	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01		

^{a,b} Valores médios na mesma linha não seguidos por uma letra comum diferem significativamente ($P < 0,05$)

A,B Diferentes letras maiúsculas na mesma coluna representam uma diferença significativa entre os tratamentos ($P < 0,05$).

SEM = Erro padrão da amostra; ns = Não significativo.

CON - Tratamento Controle; ERI - Tratamento Eritorbato; ACE - Tratamento Acerola; ALE - Tratamento Alecrim.

A análise de oxidação lipídica mostrou diferença significativa ($P < 0,05$) entre os todos tratamentos e durante armazenamento, os valores de TBARS aumentaram ao final do armazenamento. O tratamento alecrim apresentou valores (0,188 a 1,002 MDA/kg de amostra) significativamente menores quando comparados aos demais tratamentos, mostrando eficácia na estabilidade oxidativa durante o armazenamento.

Alguns autores relatam que o extrato de alecrim é eficaz para reduzir a oxidação lipídica em hambúrguer de frango (Gao et al., 2019), e em hambúrguer de carne suína pré-cozido armazenado por seis meses sob congelamento (Jiang et al., 2013).

A eficácia do extrato de alecrim em inibição de oxidação lipídica em produtos cárneos é associada por sua composição contendo vários compostos como diterpenos, ácido fenólicos e flavonóis, e ácido carnósico (Park, Rho & Kim, 2019; Borrás-Linares et al., 2014). Além disso, o extrato de alecrim possui propriedades antiinflamatória, antifúngica e atividade antimicrobiana (Ortuño, Serrano & Bañón, 2015; Hernández et al., 2009).

A acerola embora conhecida por conter vitamina C (Caetano, Daiuto & Vieites, 2012), não apresentou efeito antioxidante neste estudo com hambúrguer de carne de jacaré. O tratamento acerola apresentou significativamente valores maiores de TBARS ao final do armazenamento quando comparado aos demais tratamentos.

4. Conclusão

A adição de extrato de alecrim em hambúrguer de carne de jacaré melhorou a estabilidade oxidativa. Os parâmetros de cor vermelha foram maiores para o tratamento ACE, porém o tratamento ACE não apresentou efeito antioxidante, sendo insuficiente para a estabilidade oxidativa durante o armazenamento. Ao contrário disso, o tratamento alecrim mostrou efeito antioxidante. Esses resultados são promissores, indicando melhora da qualidade com o efeito

antioxidante do extrato de alecrim em hambúrguer de carne de jacaré, e poderá ser usado em substituição ao antioxidante eritorbato de sódio.

5. Referências

- Almeida, F. A., Silva Sobrinho, A. G., Endo, V., Columbeli, A. C., Lima, N. L. L., Zeola, N. M. B. L., & Cirne, L. G. A. (2019). Qualidade de hambúrgueres e linguças feitos com carne de cordeiros alimentados com grãos de girasol e vitamina E. *Boletim de Indústria Animal.*, 76, 1-8.
- AOAC (2007). *Official methods of analysis of AOAC (Association of Official Analytical Chemists) international* (18th ed.) Gaithersburg, MD: AOAC International.
- Augusto, P. E. D. (2018). *Princípios de tecnologia de alimentos*. Rio de Janeiro: Atheneu.
- Bellucci, E. R. B., Paulo E. S., Munekatab, P. E. S., Pateiro, M., Lorenzo, J. M., & Barretto, A. C. S. (2021). Red pitaya extract as natural antioxidant in pork patties with total replacement of animal fat. *Meat Science*, 171, 108284.
- Bligh, E. G., & Dyer, W. J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37(8), 911-917.
- Borella, T. G., Peccin, M. M., Mazon, J. M., Roman, S. S., Cansian, R. L., & Soares, M. B. A. (2019). Effect of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) antioxidante in industrial processing of frozen-mixed hamburger during shelf life. *Journal of Food Process and Preservation*, 43, 14092.
- Borrás-Linares, I., Stojanovic, Z., Quirantes-Piné, R., Arraez-Román, D., Svarc-Gajic, J., Fernández-Gutiérrez, A., & Segura-Carretero, A. (2014). Rosmarinus officinalis leaves as a natural source of bioactive compounds. *International Journal of Molecular Sciences*, 15(11), 20585–20606.
- Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2000). *Institui o Regulamento técnico de identidade e qualidade de hambúrguer*. Instrução Normativa nº 20, de 31 de julho de 2000. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 03 ago. 2000. Seção 1, p. 7-12.
- Canto, A. C. V. C. S., Costa-Lima, B. R. C., Suman, S. P., Monteiro, M. L. G., Marsico, E. T., Conte-Junior, C. A., & Silva, T. J. P. (2015). Fatty acid profile and bacteriological quality of caiman meat subjected to high hydrostatic pressure. *Food Science and Technonology*, 63, 872–877.

- Caetano, P. K., Daiuto, E. R., Vieites, R. L. Característica físico-química e sensorial de geleia elaborada com polpa e suco de acerola. *Journal Brazilian of Food Technology*, 15(3): 191-197.
- Fellows, P. J. (2019). *Tecnologia do Processamento de Alimentos – Princípios e Prática*. 4.ed. São Paulo: Artmed.
- Gao, Y.; Zhuang, H., Yeh, H. Y., Bowker, B., & Zhang, J. (2019). Effect of rosemary extract on microbial growth, pH, color, and lipid oxidation in cold plasma-processed ground chicken patties. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 57, 102168.
- Hernández, H. E., Alquicira, P. E., Flores, J. M. E., & Legarreta, I. G. (2009). Antioxidant effect Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and orégano (*Origanum vulgare* L.) extracts on TBARS and colour of model raw pork batters. *Meat Science*, Amsterdam, 81(2), 410-417.
- Jiang, J., Zhang, X., True, A. D., Zhou, L., & Xiong, Y. L. (2013). Inhibition of lipid oxidation and rancidity in precooked pork patties by radical-scavenging licorice (*Glycyrrhiza glabra*) extract. *Journal of Food Science*, 78(11), 1686–1694.
- Lorenzo, J. M., & Gómez, M. (2012). Shelf life of fresh foal meat under MAP, overwrap and vacuum packaging conditions. *Meat Science*, 92(4), 610–618.
- Oliveira, R. R., Lage, M. E., Silveira Neto, O. J., & Sales, M. C. (2012). Antioxidantes naturais em produtos cárneos. *Pubvet*, 6(10), 1324.
- Ortuño, J., Serrano, R., Bañón, S. (2015). Antioxidant and antimicrobial effects of dietary supplementation with rosemary diterpenes (carnosic acid and carnosol) vs vitamin E on lamb meat packed under protective atmosphere. *Meat Science*, 110, 62-69.
- Oswell, N. J., Thippareddi, H., & Pegg, R. B. Practical Use of Natural Antioxidants in Meat Products in the U.S.: A Review. *Meat Science*, v. 145, p. 469-479, 2018.
- Paiva, G. B., Trindade, M. A., Romero, J. T., & Silva-Barretto, A. C. (2021). Antioxidant effect of acerola fruit powder, rosemary and licorice extract in caiman meat nuggets containing mechanically separated caiman meat. *Meat Science*, 173, 108406.
- Park, J., Rho, S. J., & Kim, Y. R. (2019). Enhancing antioxidant and antimicrobial activity of carnosic acid in rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract by complexation with cyclic glucans. *Food Chemistry*, 299, 125119.
- Queiroz, Y. S., Daud, K. O., Soares, R. A. M., Sampaio, G. R., Capriles, V. D., & Torres, E. A. F. S. (2005). Desenvolvimento e avaliação das propriedades físico químicas de hambúrgueres com reduzidos teores de gordura e de colesterol. *Revista Nacional da Carne*, 338.

- Romanelli, P. F., Caseri, R., & Lopes Filho, J. F. (2002). Processamento da carne do jacaré-do-Pantanal (*Caiman crocodilus yavare*). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 22(1), 70–75.
- Simoncini, M. S., Lábaque, M. C., Perlo, F., Fernandez, M. E., Leiva, P. M. L., Paez, A. R., Teira, G., Larriera, A., & Piña, C. I. (2020). Caiman latirostris meat characterization: Evaluation of the nutritional, physical and chemical properties of meat from sustainable ranching program in Argentina. *Aquaculture*, 515, 734570.
- Vicente Neto, J., Bressan, M. C., Faria, P. B., Vieira, J. O., Santana, M. T. A., & Kloste, M. (2006). Composição centesimal e colesterol da carne de jacaré-do-Pantanal (*Caiman yacare* Daudin 1802) oriundo de zoológico e habitat natural. *Ciência Agrotecnologia*, 30(4), 701–706.
- Vynche, W. (1970). Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. *Fette Seifen Anstrichmittel*, 72(12), 1084-1087.

CONCLUSÃO GERAL

A cadeia produtiva de jacaré demonstra grande potencial para produção de carne e pele, as quais contribuem para o desenvolvimento econômico e social nas regiões pantaneiras dos Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

A carne mecanicamente separada (CMS) extraída da carcaça do jacaré representa o aproveitamento integral do abate de jacaré e apresenta potencial no desenvolvimento de produtos inovadores. A CMS de jacaré caracterizou-se com baixo teor de lipídio e alto teor de proteína, e boa estabilidade oxidativa durante 90 dias de armazenamento congelado.

A carne de jacaré quando submetida à salga úmida, quando houve aumento da temperatura no processo, aumentou a perda de água e o ganho de sal. A temperatura e o tempo empegados no processo de salga úmida de carne de jacaré podem ser indicativos para atingir uma umidade e concentração de sal específica no produto final, podendo contribuir para o desenvolvimento tecnológico da carne de jacaré.

A adição de extrato de alcaçuz em nuggets de carne de jacaré, e extrato de alecrim em hambúrguer de carne de jacaré, contribuíram para uma boa estabilidade oxidativa durante armazenamento em congelamento. O extrato de alcaçuz e extrato de alecrim são boas alternativas para incluírem como ingredientes naturais em produtos cárneos.