



**ANÁLISE DE CARNE CAPRINA
ARMAZENADA SOB CONGELAMENTO**

MARIA CECÍLIA OLIVEIRA LIMA

2012

MARIA CECILIA OLIVEIRA LIMA

**ANÁLISE DE CARNE CAPRINA
ARMAZENADA SOB CONGELAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação de Mestrado em Engenharia de Alimentos, Área de Concentração de Ciências dos Alimentos, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador:
Professor Pleno *DSc.* Marcondes Viana da Silva

Co-orientador:
Professora *DSc.* Cristiane Leal dos Santos-Cruz

ITAPETINGA
BAHIA-BRASIL
2012

636.3 Lima, Maria Cecília Oliveira.
9
L699a Análise de carne caprina armazenada sob congelamento. / Maria Cecília Oliveira Lima. – Itapetinga, BA: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2012.
66 fl.

Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB - *Campus* de Itapetinga. Sob a orientação do Prof. DSc. Marcondes Viana Silva e co-orientação da Prof^a DSc. Cristiane Leal dos Santos-Cruz.

1. Caprinos Raça Anglonubiana – Carne – Armazenamento – Congelamento. 2. Caprinos – Qualidade da carne. 3. Carne caprina – Consumo – Análises bioquímicas. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, *Campus* de Itapetinga. II. Silva, Marcondes Viana. III. Santos-Cruz, Cristiane Leal dos. IV. Título

CDD(21): 663.16

Catálogo na Fonte:

Cláudia Aparecida de Souza – CRB 1014-5ª Região
Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para desdobramentos por Assunto:

1. Caprinos : Carne : Armazenamento
2. Caprinos : Carne : Congelamento
3. Caprinos : Qualidade da carne
4. Carne caprina : Análises bioquímicas



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS



Área de Concentração: Engenharia de Processos de Alimentos

Campus de Itapetinga-BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: “ANÁLISE DE CARNE CAPRINA ARMAZENADA SOB CONGELAMENTO”.

Autora: MARIA CECÍLIA OLIVEIRA LIMA

Orientador: Prof. Dr. MARCONDES VIANA DA SILVA, DSc., UESB

Co – Orientadora: Prof^a. Dr^a. CRISTIANE LEAL SANTOS-CRUZ, DSc.; UESB

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENGENHARIA DE PROCESSOS DE ALIMENTOS, pela Banca Examinadora.

Prof. Dr. MARCONDES VIANA DA SILVA, DSc., (UESB)

Prof^a. Dr^a. JULLIANA ZABELÉ SIMIONATO DSc. (UESB)

Prof^a. Dr^a. LUZIMAR GONZAGA FERNANDEZ DSc. (UFBA)

Data da Realização: 28 de fevereiro de 2012.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela oportunidade a mim concedida, pelos milagres que fazes na minha vida, pelo Seu amor sem medida.

À minha família pelo amor, carinho, apoio e paciência, principalmente a minha filha Maria Luiza, meu presente de Deus.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em especial ao Núcleo de Estudos em Ciência dos Alimentos pela oportunidade para realização deste trabalho.

Ao meu orientador, Prof. *DSc.* Marcondes Viana da Silva, pela amizade, orientação e incentivo durante a realização deste trabalho.

À Prof^a. *DSc.* Cristiane Leal dos Santos-Cruz, coordenadora da Unidade Experimental de Caprinos e Ovinos, pelo fornecimento da matéria-prima bem como pela disponibilização do laboratório para as análises de qualidade da carne caprina.

A Prof^a. *DSc.* Julliana Izabelle Simionato, coordenadora do Centro de Estudos e Análises Cromatográficas, pela realização das análises cromatográficas.

Especialmente, à minha amiga Renata Sampaio Mafra de Santana, pelo companheirismo e momentos de risadas no decorrer deste trabalho.

Aos meus amigos, Émilly Karoline Lima, Daniela Moreira, Thiago Ramos, Rodrigo Junqueira, Poliana, Girlana Amorim, Éllen Lacerda, Jeanny Damásio pela colaboração nas análises laboratoriais.

Aos meus colegas da Vigilância Sanitária, pelo incentivo e apoio.

Aos amigos do meu Pequeno Grupo. Existem amigos mais chegados do que irmãos, estes são um deles.

A todos aqueles cujos nomes não foram citados, mas que de alguma forma contribuíram para que este trabalho fosse realizado.

O MEU MUITO OBRIGADO!

RESUMO

LIMA, M. C. O. **Estabilidade da carne caprina armazenada sob congelamento.** Itapetinga-BA: UESB, 2011. 66p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia de Alimentos – Ciência dos Alimentos).*

Objetivou-se com o presente estudo avaliar músculos *longissimus dorsi* da carne caprina, da raça Anglo-Nubiana, armazenada sob congelamento a -18 °C através de análises físico-químicas e bioquímicas. Foram utilizadas 28 amostras, provenientes de 28 caprinos machos, não castrados, com idade inferior a oito meses, adquiridos de uma propriedade no município de Itapetinga-BA, criados em regime extensivo. As amostras foram mantidas por 0; 30; 60 e 120 dias sob armazenamento a -18 °C. Cada animal foi considerado uma unidade experimental, constituindo assim uma repetição, totalizando sete repetições por período. Foram avaliadas a perda de peso após o descongelamento, lipídios totais, análise cromatográfica dos ácidos graxos da fração lipídica, cinzas totais, umidade, pH, atividade de água, capacidade de retenção de água, perda de peso após o cozimento e força de cisalhamento através de análises físico-químicas. Os índices de peróxidos (IP) e de substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARs) foram avaliados como índices da lipoperoxidação. Durante o período de armazenamento proposto os IP e TBARs mantiveram-se constantes durante o armazenamento a -18 °C podendo, portanto, sugerir que a carne caprina possa ser armazenada por até 120 dias. As amostras apresentaram baixos teores de lipídios totais. As análises de ácidos graxos destacaram-se os ácidos graxos palmítico, esteárico e oléico como majoritários. Na perda de peso durante o descongelamento houve diferença significativa ($p>0,05$) durante o armazenamento. Não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre os valores de pH e para os valores de capacidade de retenção de água (CRA) variaram entre os tempos de 0; 30 e 120 dias, porém aos 60 dias houve um aumento significativo ($p>0,05$). Constatou-se a perda de peso por cozimento (PPC) não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre os tempos 60 e 120, entre os tempos 30 e 60 dias e entre os tempos 0 e 30 dias. Para força de cisalhamento não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre os tempos 0 e 30, entre os tempos 30 e 60 dias e entre os tempos 60 e 120 dias. Portanto, a carne caprina caracterizou-se como um produto bastante perecível, considerando sua elevada atividade de água, associado ao alto de umidade.

Palavras – chave: lipoperoxidação, caracterizações físico-químicas, ácidos graxos, TBARs, qualidade da carne.

*Orientador: Prof^o. Pleno Marcondes Viana da Silva, *D.Sc.*, UESB e Co-orientadora: Prof^a. Cristiane Leal dos Santos-Cruz, *D.Sc.*, UESB.

ABSTRACT

LIMA, M. C. O. **Estabilidade da carne caprina armazenada sob congelamento.** Itapetinga-BA: UESB, 2011. 66p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia de Alimentos – Ciência dos Alimentos).*

The aim of this study was to evaluate the longissimus dorsi meat goats, Anglo-Nubian breed, stored at -18 °C through physical-chemical and biochemical. Were utilized 28 samples from 28 male goats, intact, under the age of eight months, bought a property in the municipality of Itapetinga-BA, reared extensively. The samples were kept for 0, 30, 60 and 120 days stored at -18 °C. Each animal was considered an experimental unit, thus constituting a repetition, a total of seven replicates per period. We evaluated the weight loss after thawing, lipids, chromatographic analysis of fatty acids of total lipids, total ash, moisture, pH, water activity, water holding capacity, loss of weight after cooking and shear force through the physical and chemical analyzes. The peroxide index (PI) and substances reactive to thiobarbituric acid (TBARs) were evaluated as indices of lipid peroxidation. During the storage period the proposed IP and TBARs remained constant during storage at -18 °C may therefore suggest that the goat meat can be stored for up to 120 days. The samples had low levels of total lipids. Analyses of fatty acids has highlighted the fatty acids palmitic, stearic and oleic as major. Weight loss during thawing was no significant difference ($p > 0.05$) during storage. There was no significant difference ($p > 0.05$) between pH values and the values of water holding capacity (WHC) varied between times of 0, 30 and 120 days, but at 60 days there was a significant increase ($p > 0.05$). It was found weight loss by cooking (PPC) no significant difference ($p > 0.05$) between 60 and 120 times, times between 30 and 60 days and between times 0 and 30 days. For shear force was no significant difference ($p > 0.05$) between times 0 and 30 times between 30 and 60 days and between days 60 and 120 days. Therefore, the goat meat was characterized as a very perishable product, considering its high water activity, associated with high humidity.

Keywords: lipoperoxidation, physicochemical characterization, fatty acid, TBARs, meat quality.

*Adviser: Prof^o. Pleno Marcondes Viana da Silva, *D.Sc.*, UESB e Co-adviser: Prof^ª. Cristiane Leal dos Santos-Cruz, *D.Sc.*, UESB.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Componentes de diferentes tipos de carnes.....	07
Tabela 2 -	Tempo máximo de armazenamento de carnes (meses) em diferentes temperaturas (°C).....	17
Tabela 3 -	A porcentagem média da perda de peso durante o descongelamento (PPD) da carne caprina armazenada a -18 °C.....	27
Tabela 4 -	Teor de umidade (%) da carne caprina armazenada a -18 °C.....	28
Tabela 5 -	Determinação da atividade de água da carne caprina armazenada a -18 °C.....	29
Tabela 6 -	Valores médios de pH da carne caprina armazenada a -18 °C.....	30
Tabela 7 -	Determinação do resíduo mineral fixo (%) da carne caprina armazenada a -18 °C.....	31
Tabela 8 -	Determinação de lipídios totais (%) da carne caprina armazenada a -18 °C.....	32
Tabela 9 -	Composição de ácidos graxos em mg.g ⁻¹ da carne caprina armazenada a -18 °C.....	33
Tabela 10 -	∑ ácidos graxos saturados, mono e insaturados, AGPI/AGS, ω-6, ω-3 e ω6/ω-3 em mg.g ⁻¹ para carne caprina armazenada sob congelamento.....	35
Tabela 11 -	Valores médios da capacidade de retenção de água (%) da carne caprina armazenada a -18 °C.....	37
Tabela 12 -	Valores médios da perda de peso por cozimento (g.100 ⁻¹) da carne caprina armazenada a -18 °C.....	38
Tabela 13 -	Determinação da força de cisalhamento (N) da carne caprina armazenada a -18 °C.....	39
Tabela 14 -	Determinação do índice de peróxido (mEq.1000g ⁻¹) da carne caprina armazenada a -18 °C.....	40
Tabela 15 -	Determinação do TBARs (mg.MAD.kg ⁻¹) da carne caprina armazenada a -18°C.....	41

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Carcaças *pós-mortem* de caprino Anglo-Nubiana, na câmara frigorífica para estabelecimento do *Rigor mortis*..... 18
- Figura 2 – Cromatograma ilustrativo de uma das amostras de carne caprina analisada..... 36

LISTA DE ABREVIATURAS

AGI	Ácido graxo insaturado
AGM	Ácido graxo monoinsaturado
AGP	Ácido graxo poliinsaturado
AGS	Ácido graxo saturado
ANOVA	Análise de variância
Aw	Atividade de água
BHT	Butiratohidroxitolueno
CLA	Ácido linoléico conjugado
CRA	Capacidade de retenção de água
DIC	Delineamento inteiramente casualizado
DNA	Ácido Desoxirribonucléico
DP	Desvio padrão
FAO	Food and Agriculture Organization
FID	Detector de ionização de chamas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IP	Índice de peróxido
MAD	Malonaldeído
pH	Potencial de hidrogênio iônico
PPC	Perda de peso por cozimento
PPD	Perda de peso durante o descongelamento
R•	Radical livre
RH	Ácido graxo insaturado
ROO•	Radical peróxido
ROOH	Hidroperóxido
SAEG	Sistema de Análises Estatísticas e Genética
SRD	Sem raça definida
TBARs	Substâncias Reativas ao Ácido 2-Tiobarbitúrico
TEP	Tetrametoxipropano
ω -3	Ômega 3
ω -6	Ômega 6

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS.....	3
2.1	Objetivo Geral.....	3
2.2	Objetivos Específicos.....	3
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1	A carne caprina.....	4
3.1.1	Mercado e comercialização.....	5
3.1.2	Características gerais.....	6
3.1.3	Composição química.....	6
3.2	Qualidade da carne.....	7
3.2.1	Lipídios em carne caprina.....	8
3.2.2	Capacidade de retenção de água da carne.....	9
3.2.3	pH da carne.....	9
3.2.4	Textura e maciez da carne.....	10
3.2.5	Rancidez oxidativa.....	11
3.3	Conservação da carne pelo congelamento.....	13
3.3.1	Velocidade do congelamento.....	15
3.3.2	Métodos de congelamento.....	16
3.3.3	Vida útil da carne congelada.....	16
3.4	Descongelamento da carne.....	17
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	18
4.1	Amostragem.....	18
4.1.1	Embalagem, congelamento e estocagem.....	19
4.1.2	Descongelamento e análise das amostras.....	19
4.2	Caracterizações físico-químicas.....	19
4.2.1	Perda de peso durante o descongelamento (PPD).....	19
4.2.2	Determinação de umidade.....	20
4.2.3	Determinação da atividade de água (Aw).....	20
4.2.4	Determinação do pH.....	21
4.2.5	Determinação do resíduo mineral fixo (cinzas).....	21
4.2.6	Análise lipídica.....	21
4.2.6.1	Determinação de lipídios totais.....	21
4.2.6.2	Análise cromatográfica.....	22
4.2.7	Capacidade de retenção de água (CRA).....	23
4.2.8	Perda de peso por cozimento (PPC).....	23
4.2.9	Determinação da força de cisalhamento ou textura objetiva.....	24
4.3	Caracterizações bioquímicas.....	24
4.3.1	Determinação do índice de peróxido (IP).....	24
4.3.2	Determinação de substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico - TBARs.....	25
4.4	Análise estatística.....	26
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
5.1	Caracterizações físico-químicas.....	27

5.1.1	Perda de peso durante o descongelamento (PPD).....	27
5.1.2	Determinação de umidade.....	28
5.1.3	Determinação da atividade de água (Aw).....	29
5.1.4	Determinação do pH.....	29
5.1.5	Determinação de cinzas totais.....	30
5.1.6	Análise lipídica.....	31
5.1.6.1	Determinação de lipídios totais.....	31
5.1.6.2	Análise cromatográfica.....	32
5.1.7	Capacidade de retenção de água (CRA).....	36
5.1.8	Perda de peso por cozimento (PPC).....	38
5.1.9	Determinação da força de cisalhamento ou textura objetiva.....	39
5.2	Determinações bioquímicas.....	40
5.2.1	Determinação do índice de peróxido (IP).....	40
5.2.2	Determinação de substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico - TBARs.	40
6	CONCLUSÕES	43
7	PERSPECTIVAS	44
	REFERÊNCIAS	45

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a FAO (2009) o rebanho de caprinos mundial foi estimado em 879,7 milhões de cabeças. Deste total o Brasil corresponde com uma produção de 9,2 milhões de cabeças conforme Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2009). O rebanho nordestino representa 91% do total, nestes estão incluídos os 20 municípios com o maior efetivo, destacando-se a Bahia onde 10 desses se encontram.

Nos países em desenvolvimento, os caprinos apresentam uma valiosa contribuição, especialmente para áreas rurais. A importância deste valioso recurso genético é subestimado e sua contribuição para o sustento destas populações não estão suficientemente compreendidos. O estudo dessas espécies são muitas vezes negligenciados em comparação com bovinos e ovinos, embora apresente um potencial para produção de carne e leite (AZIZ, 2010).

A expansão do consumo de carne caprina no Brasil, apesar de ser ainda muito discreto, tem experimentado um incremento, principalmente nas grandes cidades. Enquanto o consumo per capita é estimado em menos de 1,0 Kg, o consumo em países Árabes e da Europa varia de 4,0 a 8,0 Kg (DANTAS, 2001).

A carne caprina é considerada um produto com alto potencial de expansão em decorrência da sua composição química. Quando comparada a outras carnes vermelhas apresenta quantidades semelhantes em proteína e ferro, porém, quantidades menores de gorduras totais (MALAN, 2000).

A carne de caprinos pode ser consumida tanto *in natura* como na forma de produtos processados, incluindo a carne salgada, seca, salame, hambúrguer, almôndegas entre outros. Observa-se uma preferência do consumidor por carne *in natura* de cabritos, de modo que cortes nobres têm alcançado bom valor de mercado em detrimento do restante (BESERRA, 1999).

Desde os tempos mais antigos o homem descobriu que o sal tinha um efeito conservador e que o aquecimento aumentava a vida de prateleira da carne. O uso do frio e a eficácia do congelamento na preservação da carne também foram utilizados pelos povos que habitavam em regiões árticas. O congelamento tem sido bastante utilizado, pois, além de permitir a conservação da carne por até 12 meses, mantém as características químicas, sensoriais e nutritivas do produto próximas das características naturais (LAWRIE, 2005). Porém, alterações como a desidratação, rancidez oxidativa e perdas de suco, são efeitos negativos que podem ser observados devido ao processo de congelamento (MONTEIRO *et al.*, 2002; CAMPAÑONE *et al.*, 2006).

A lipoperoxidação é um dos maiores obstáculos durante o armazenamento de carne por longos períodos. Carnes com elevadas quantidades de ácidos graxos poliinsaturados são mais susceptíveis ao processo de rancidez oxidativa, produzindo *off flavours* indesejáveis (ROÇA, 2000). A oxidação lipídica é um fator limitante na qualidade e aceitabilidade de carnes e

produtos cárneos e afeta atributos como o sabor, cor, textura e valor nutritivo. Esse processo causa o desenvolvimento de sabores indesejáveis, descoloração, produção de substâncias potencialmente tóxicas, como o malonaldeído e óxidos de colesterol, e também perda do valor nutricional devido à destruição de vitaminas e ácidos graxos essenciais (GRAY *et al.*, 1996).

Estudos relativos ao armazenamento sob congelamento estão disponíveis na literatura sobre a carne bovina com Machado (2009), Fennema & Winger (1976) e Bhattacharya *et al.* (1988), carne suína com Monteiro *et al.* (2002), Pires *et al.* (2002), carne de ema com Pereira *et al.* (2006).

Considerando a utilização da carne caprina na dieta alimentar e o valor econômico que ela poderá representar para o agronegócio brasileiro torna-se importante conhecer os efeitos do congelamento sobre a qualidade da carne visando à determinação de parâmetros. Na literatura estão disponíveis dados relativos ao rendimento de carcaças, caracterização físico-química e sensorial da carne caprina. Entretanto, estudos relativos à qualidade da carne caprina relacionando caracterização físico-química e bioquímica com armazenamento sob congelamento não foram encontrados dados no periódico da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e no Science Direct. Assim sendo, este estudo poderá contribuir para o mercado de carne caprina, proporcionando maior perspectiva de consumo.

Objetivou-se no presente estudo analisar músculos *longissimus dorsi* da carne caprina, da raça Anglo Nubiana, sob congelamento a -18 °C, em diferentes tempos de armazenamento, através de análises físico-químicas e bioquímicas.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- Analisar músculos *longissimus dorsi* da carne caprina, da raça Anglo-Nubiana, armazenada sob congelamento a -18 °C através de análises físico-químicas e bioquímicas.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar os parâmetros físico-químicos através das análises de perda de peso durante o descongelamento, teor de umidade, determinação da atividade de água, determinação do pH, teor de cinzas, determinação de lipídios totais, capacidade de retenção de água, perda de peso por cozimento e força de cisalhamento da carne caprina armazenada sob congelamento.
- Determinar a lipoperoxidação da carne caprina utilizando os índices de peróxido e de substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARs);
- Analisar a composição de ácidos graxos componentes da fração lipídica da carne caprina por cromatografia de fase gasosa.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. A CARNE CAPRINA

A criação caprina é datada de um período bastante remoto, tendo se originado na Ásia Ocidental e no Oriente, e se expandido para a Europa devido às invasões asiáticas (ARRUDA, 1999).

O rebanho caprino está localizado a maior parte na Ásia e na África, em zonas áridas, semi-áridas e zonas agro-ecológicas, no nordeste do Brasil, no norte do México e nas zonas áridas da Índia. Todas essas regiões possuem características semelhantes, o que indica que o caprino, dentre os outros animais domésticos, apresenta uma maior capacidade de sobreviver em regiões mais inóspitas, devido principalmente, à sua resistência ao calor (ALEXANDRE & MANDONNET, 2005; MADRUGA, 1999).

O rebanho mundial de caprinos é estimado em 879,7 milhões de cabeças. Os três maiores detentores do rebanho mundial, assim como, os maiores produtores de carne de caprino são: China, Índia e Paquistão (FAO, 2009). Concentram respectivamente 23%, 15% e 6% do efetivo mundial e 41,7%, 10,3% e 8,5% da produção mundial de carne caprina (ZANELLA, 2007).

No Brasil o rebanho caprino é estimado em 9.164 milhões de cabeças, apresentando uma queda de 2% sobre o obtido em 2008 (IBGE, 2009). O Brasil ocupa a décima quinta posição, cerca de 1,2% do rebanho mundial. Possui uma grande área de semi-árido tropical, abrangendo 95,2 milhões de hectares, totalmente drenado para o Oceano Atlântico, isto influi, positivamente, em benefício da caprinocultura nacional, no processo produtivo, particularmente, na região nordeste (SILVA, 2002; FEINCO, 2008).

A grande maioria do rebanho caprino no Brasil está concentrada na Região Nordeste (91%) com 8.521 milhões de cabeças. A vocação natural da região nordestina para a exploração da espécie caprina é devido à adaptação que estes animais têm as condições climáticas extremas de aridez e limitações topográficas, com áreas de montanhas (IBGE, 2009; ANCOC, 2008).

O setor da produção de caprinos no Nordeste concentra-se predominantemente com pequenos e médios produtores rurais. Apresenta limitações que impede o seu desenvolvimento sustentável, como o baixo nível de produtividade dos rebanhos, utilizando rebanhos SRD (sem raça definida), sendo responsável por 90% da carne produzida no Brasil (SOUSA, 2004; SILVA, 2002).

De acordo com o IBGE (2009), o Estado da Bahia lidera o ranking nacional, com 30,2%, correspondendo a 2.767 milhões de cabeças. Segundo Silva (2001), a atividade da caprinocultura na Bahia só ganhou impulso a partir de 1997, com a implantação de protocolos

entre o Governo do Estado e o Banco do Nordeste, para diversificação da renda dos pequenos produtores rurais.

A principal raça utilizada no Brasil para produção de carne é a inglesa Anglo-Nubiana, apesar de ser considerada de aptidão mista, carne e leite (ERASMUS, 2000). A raça Anglo-Nubiana é originária da Inglaterra, proveniente do cruzamento de reprodutores ingleses com cabras nativas originárias da África e Índia (ZAPATA *et al.*, 2001).

3.1.1. MERCADO E COMERCIALIZAÇÃO

Segundo alguns autores (ANDRADE, 1984; SILVA, 1984), a carne caprina tem desempenhado importante função social, pois além de constituir como fonte de renda para pequenos produtores rurais, contribui para o déficit de nutrientes dessas comunidades.

O nível de consumo da carne caprina no Nordeste é considerado pequeno devido à baixa qualidade do produto oferecido, resultado de deficientes critérios de seleção para o abate, estocagem e comercialização das carnes e do baixo nível de higiene nas operações de abate e comercialização. O potencial de comercialização da carne de caprinos poderá ser desenvolvido à medida que as modernas tecnologias de transformação possam ser inseridas no contexto produtivo já que sua industrialização é pouco comum, e quando realizada, é de forma artesanal sem uma adequada tecnologia (ZAPATA, 1994).

A produtividade ou qualidade da carne caprina também é afetada pela falta de padronização dos cortes, má qualidade dos produtos, falta de canais adequados de comercialização, ausência de crédito e assistência técnica deficiente (BESERRA *et al.*, 2003; BESERRA *et al.*, 2000; NETO, 1987). Além disso, vale ressaltar que outros fatores influem na produção e no consumo da carne caprina, estando estes diretamente ligados à qualidade, dentre os quais se citam a raça, a idade de abate, o sistema de produção, a castração, etc. (MADRUGA, 2003).

Para a expansão da comercialização da carne de caprinos também se preconiza a melhor apresentação do produto, com padronização de cortes e campanhas publicitárias. A existência de fornecedores em larga escala com produto de boa qualidade é de suma importância para a dinamização do mercado. O mercado internacional apresenta grande possibilidade para colocação do produto nacional, desde que atenda aos requisitos de qualidade e oportunidade (OLIVEIRA & LIMA, 1994).

3.1.2. CARACTERÍSTICAS GERAIS

Os caprinos são animais de pequeno porte, apresentam a carcaça pequena, magra e pouco compacta, porém aumenta e torna-se compacta à medida que ganham peso (MADRUGA, 1999). As carcaças caprinas são normalmente pequenas, com menos gordura do que as carcaças de ovinos de idades e sexos comparáveis (WEBB *et al.*, 2005).

A raça, idade, sexo e sistema de alimentação do animal têm sido citados como fatores importantes que influenciam o sabor característico da carne caprina (SOBRINHO & NETO, 2001; MADRUGA *et al.*, 2003). A variação da qualidade na carne de caprinos deriva da idade, sexo e grupos genéticos (CASEY & WEBB, 2010).

O melhoramento genético de raças nativas do nordeste com raças originadas de outros países decorre em um aumento na produção de carne. Entre as raças caprinas, a Anglo-Nubiana e a Bôer têm sido as mais utilizadas. A raça Bôer, com uma dieta balanceada, é capaz de expressar todo o seu potencial genético, pois são animais com alta taxa de fertilidade e com elevado potencial produtivo, especificamente para a carne (MONTE *et al.*, 2007).

3.1.3. COMPOSIÇÃO QUÍMICA

A água é o componente mais abundante na carne, que influencia na sua qualidade, afetando a suculência, textura, cor e sabor (LAWRIE, 2005).

A média do teor de proteína nos caprinos comparando com outras carnes são semelhantes. Esse teor varia conforme a idade de abate, havendo uma tendência de acréscimo da quantidade de proteína na carne com o avanço da idade (MADRUGA *et al.*, 1999).

A carne caprina, independente da idade, raça, sexo e região irá fornecer uma fonte protéica de alta qualidade, ou seja, os aminoácidos essenciais presentes na carne satisfazem as necessidades dos seres humanos. Todos os aminoácidos essenciais estão presentes na carne e possui um baixo valor calórico (WEBB *et al.*, 2005).

Ao comparar as carnes de caprino, ovino, bovino, suíno e frango, a carne caprina é a que apresenta menor índice de gordura, inferior a de frango sem pele e bastante reduzido quando comparada com a de bovino, ovino e suíno. (MADRUGA, 1999).

A gordura é um fator determinante da qualidade das carcaças. Influencia as propriedades organolépticas, palatabilidade e o valor nutricional. Além disso, a carne caprina é rica em ácidos graxos insaturados, sendo estes benéficos a saúde humana, onde diminuem o risco de obesidade e doenças cardiovasculares (WEBB *et al.*, 2005; CASEY, 1992).

É válido salientar os resultados da pesquisa publicada pelo *Dairy Goat Journal*, citado por Moreira *et al.* (1997), a qual demonstra que dos seis principais tipos de carnes consumidos no Brasil, a carne de caprino é uma das que apresenta os mais baixos níveis calóricos e de

colesterol, apresentando em cada 100g (cem gramas) de carne assada os seguintes quantitativos, conforme apresentado na Tabela 1, a seguir.

Tabela 1 - Componentes de diferentes tipos de carne.

Carne (assada) (100g)	Caloria (kcal)	Gordura (g)	Gordura Saturada (g)	Proteína (g)	Ferro (g)
Caprino	131	2,76	0,85	25	3,54
Ovino	252	17,14	7,82	24	1,50
Bovino	263	17,14	7,29	25	3,11
Suíno	332	25,72	9,32	24	2,90
Frango	129	3,75	1,07	25	1,62

Fonte: Moreira *et al.*, 1997.

3.2. QUALIDADE DA CARNE

A qualidade da carne é um conceito relativo. Pode ser definida estritamente em termos de suas propriedades físicas e químicas, ou em termos de percepções dos consumidores. Componentes de qualidade, como observou Webb *et al.* (2005), estão sendo descobertas e redefinidas continuamente.

A carne de “ótima qualidade” é aquela que encanta o consumidor. No momento da compra apresenta cor atraente, pouca gordura, frescor e pouco suco na embalagem e quando consumida, é macia, suculenta e saborosa (FEIJÓ, 1999). Costa *et al.* (2008) confirma que a maciez representa o principal quesito de avaliação e apreciação da carne, após sua aquisição.

O valor nutricional e de segurança também são importantes, ou seja, a carne deve apresentar elevado valor protéico, baixo teor calórico e ser livre de microrganismos patogênicos e resíduos químicos (FEIJÓ, 1999).

Quando se trata de carnes, a amplitude do termo qualidade pode levar a diversas interpretações. Em seu livro “*Meat Science: An Introductory Text*”, Warriss, (2000) define qualidade como uma série de componentes:

Palatabilidade: textura, maciez, suculência, sabor e aroma.

Integridade do produto: qualidade nutricional, segurança química e biológica.

Qualidade ética: questões relacionadas ao bem estar animal.

O sucesso de um produto depende da sua aceitação pelo consumidor, e a qualidade é uma das características mais valorizadas. Para a avaliação da qualidade da carne, são levados em consideração critérios objetivos, tais como pH, capacidade de retenção de água, maciez entre outros (MENDES *et al.*, 2003).

3.2.1. LIPÍDIOS EM CARNE CAPRINA

A maior parte dos ácidos graxos que compõem os triacilgliceróis da carne vermelha é formada por ácidos graxos saturados (AGS), sendo o palmítico (16:0) e o esteárico (18:0) seus principais representantes. Dentre os ácidos graxos insaturados (AGI), o oléico (18:1) se sobressai, enquanto o linoléico (18:2 ω -6) entre os ácidos graxos poliinsaturados (AGP) (MADRUGA, 2004).

Os depósitos de gordura em caprinos consistem de AGS (30-71%) e AGM (20-57%). Os conteúdos de AGS, ácidos graxos monoinsaturados (AGM) e AGP variam dependendo da localização anatômica (BANSKALIEVA *et al.*, 2000). Em caprinos foram observadas variações no teor de AGS e AGM entre os cortes comerciais. O lombo, a paleta e a perna de caprinos mestiços apresentaram menores teores de AGP, AGS e AGM, respectivamente (MADRUGA, 2004).

A composição química da carne caprina, e mais especificamente da gordura intramuscular, é influenciada por fatores como peso vivo no abate, genótipo, músculo, sexo e dieta. Em bovinos e ovinos, a dieta tem um grande impacto sobre a deposição da gordura intramuscular, bem como sobre a concentração de ácidos graxos saturados e ácidos graxos poliinsaturados (DE SMET *et al.*, 2004).

Em comparação a carne bovina, suína e ovina, a carne caprina apresenta uma fração de lipídios menor, menos saturada e com um teor de colesterol menor (PINKERTON & McMILLIN, 1997; FRANCO, 2003). A gordura saturada da carne caprina é 40% menor que a de frango sem pele, 850% menor que a de bovinos, 1100% que a de suínos e 900% que a de ovinos. Isso a torna um alimento de grande interesse para a composição de uma dieta adequada, principalmente quando se leva em consideração o elevado índice de problemas cardiovasculares na população (PINKERTON & McMILLIN, 1997).

Segundo Madruga (2004), a carne caprina, possui destaque nas concentrações de ácidos graxos poliinsaturados, principalmente os ômega 3 e 6 e nos elevados níveis de ácidos graxos insaturados.

Os caprinos são animais que depositam mais gordura abdominal e menos gordura subcutânea e intramuscular (COLOMER-ROCHER *et al.*, 1992) e, apresentam uma relação de AGP/AGS maior, quando comparado a ovinos e bovinos (BANSKALIEVA *et al.*, 2000). Estas características estão de acordo ao preconizado pela Organização Mundial de Saúde cuja recomendação é a substituição na dieta de AGS por AGM e/ou AGP para prevenir doenças cardíacas e alguns distúrbios inflamatórios (ENSER *et al.*, 1998; HAGLUND *et al.*, 1998).

Segundo Wood *et al.* (2003) a relação AGP/AGS, é utilizada para calcular o fator de risco dos alimentos, considerando a elevação do colesterol sanguíneo, sendo a relação recomendada de no mínimo 0,4. Entretanto, algumas carnes apresentam o índice inferior a este

limite, o que tem implicado em causar um desequilíbrio na ingestão de ácidos graxos. Segundo Banskalieva *et al.* (2000), a relação AGP/AGS é de 0,16 a 0,49 para caprinos; 0,07 a 0,26 para ovinos; 0,11 a 0,40 para bovinos e 0,30 a 0,65 para suínos. Não basta uma adequada relação AGP/AGS, também é de grande importância a relação ω -6/ ω -3.

A relação ω -6/ ω -3 indica a contribuição dos ácidos graxos para o aparecimento da arteriosclerose, oriunda da formação de coágulos no sangue e conseqüente ataque do coração. Para se evitar estes problemas recomenda-se uma relação ω -6/ ω -3 inferior a 4 (WOOD & ENSER, 1997; WOOD *et al.* 2003; INSAUSTI *et al.*, 2004).

3.2.2. CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA DA CARNE

Uma propriedade de fundamental importância para a qualidade da carne é a capacidade de retenção de água (CRA), que segundo Souza (2006), é um atributo de grande importância em carne, definida como a capacidade da carne em reter sua umidade ou água durante a aplicação de forças externas, como corte, aquecimento, trituração e prensagem, sendo relacionada às propriedades funcionais mais importantes da carne, por influenciar nos aspectos da palatabilidade conferindo suculência aquelas destinadas ao consumo direto e à industrialização.

Sañudo (1992) citou como fatores intrínsecos na variação da capacidade de retenção de água o tipo de músculo, a raça e a idade, e como fatores extrínsecos, a alimentação, o estresse antes do abate e as condições após o abate, sendo que o processo de maturação da carne tende a aumentar sua capacidade de retenção de água.

De acordo com Judge *et al.* (1989), quanto maior a CRA, maior a suculência das carnes, com aumento da percepção sensorial de maciez. A menor capacidade de retenção de água da carne implica perdas do valor nutritivo pelo exsudato liberado, resultando em carne mais seca e com menor maciez (PARDI *et al.*, 2001).

A CRA influencia o valor econômico e nutricional destes alimentos, pois sua diminuição ocasiona prejuízos durante o armazenamento, o transporte e a comercialização, gerando menor rentabilidade, e acarreta perdas de nutrientes hidrossolúveis (CHEFTEL *et al.*, 1986).

3.2.3. pH DA CARNE

O pH está associado com as condições do pré abate, o abate, a excitabilidade do animal, o potencial glicolítico do músculo e a temperatura de arrefecimento das carcaças. A queda do pH e da temperatura da carcaça durante o *rigor mortis* influenciam a qualidade da carne, sendo a velocidade do *rigor* controlada pela reserva de glicogênio, pH e temperatura do músculo (OLIVEIRA *et al.*, 2004).

A intensidade de declínio do pH é um importante fato no processo de amaciamento da carne pós-abate, pois altera a estrutura do músculo, a liberação de cálcio e a atividade das enzimas cálcio-dependentes, e quando medido durante 24 horas post-mortem exerce influência sobre vários aspectos na qualidade da carne, como a capacidade de retenção de água, perda de peso por cozimento e força de cisalhamento. A velocidade da queda do pH após a morte, causada pelo acúmulo de ácido láctico, resultado das reações químicas *post mortem*, constitui um dos fatores mais marcantes na transformação do músculo em carne, com decisiva importância na qualidade futura da carne (PARDI *et al.*, 1993).

O pH final do músculo (24 horas *post mortem*) é outro fator que também exerce influência sobre vários aspectos na qualidade da carne, por exemplo, capacidade de retenção de água, perda de peso por cozimento e força de cisalhamento (BOUTON *et al.*, 1971), bem como a maciez, suculência, *flavour* e cor (DEVINE *et al.*, 1983).

A carne caprina apresenta maior valor de pH final quando comparada a outras carnes, variando de 5,8 a 6,99, originando uma carne de coloração vermelho escuro bastante peculiar e com maior capacidade de retenção de água e menores perdas de água durante o cozimento. Estas características são atributos positivos em carnes a serem utilizadas em produtos como, salsichas, patês, presuntos entre outros (MADRUGA, 2004).

3.2.4. TEXTURA E MACIEZ DA CARNE

A textura, para os diversos tipos de carne, é o critério de qualidade mais importante. Apesar de ser ampla a faixa de aceitação de maciez pelos consumidores, é certo que há vantagens para a carne mais macia quando os outros fatores são constantes. Outros fatores que contribuem para as características organolépticas da carne são a suculência e o sabor (BRESSAN, 1998).

A textura da carne está intimamente relacionada à quantidade de água intramuscular, dessa forma quanto maior o conteúdo de água fixada no músculo, melhor a textura da carne, e conseqüentemente, maior maciez (ANADON, 2002, citado por SOUZA, 2006).

A maciez da carne está associada a um conjunto de fatores, como a diminuição da força necessária para fracionar o perimísio, efeito lubrificante da fibra muscular, retenção de líquidos mantidos durante o cozimento da carne, que seriam liberados durante a mastigação e a liberação de compostos aromáticos presentes na gordura, que estimulam a salivação (MONTEIRO, 2000). Pode ser conceituada pela facilidade com que a carne se deixa mastigar. É necessário que o músculo tenha um período de maturação após o abate, para que sua maciez ideal seja atingida. Vários sistemas enzimáticos presentes no músculo esquelético têm sido responsabilizados pela maturação e degradação das proteínas miofibrilares *post mortem*. Esses sistemas incluem o

complexo proteinase multicatalítico, as catepsinas e calpaínas parecem ser as enzimas mais atuantes no processo de amaciamento da carne (SEABRA *et al.*, 2001).

Características de maciez como firmeza e sensações tácteis estão relacionadas com a capacidade de retenção de água, pH, grau de gordura de cobertura e características do tecido conjuntivo e da fibra muscular (PARDI *et al.*, 2001). A maciez determina a aceitação do corte e a perda de peso por cozimento está associada ao rendimento pós-preparo (SOUZA *et al.*, 2004).

De todos os atributos da qualidade sensorial, a maciez é considerada como a mais importante pela maioria dos consumidores e parece ser a mais procurada em lugar de odor, sabor ou cor (LAWRIE, 2005).

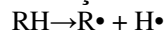
No Brasil o consumo de carne caprina é, preferencialmente, por animais jovens (cabritos), caracterizada pela maciez e suculência, por possuir sabor e odor característico menos intenso. Já as carnes dos animais adultos não possuem a mesma aceitação, devido apresentar menor maciez e textura mais firme, associados a sabor e odor característicos mais intensos e indesejáveis (MADRUGA *et al.*, 2005).

3.2.5. RANCIDEZ OXIDATIVA

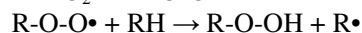
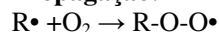
A oxidação lipídica é um fator limitante na qualidade e aceitabilidade de carnes e produtos cárneos e afeta atributos como o sabor, cor, textura e valor nutritivo. Esse processo causa o desenvolvimento de sabores indesejáveis, descoloração, produção de substâncias potencialmente tóxicas, como o malonaldeído e óxidos de colesterol, e também perda do valor nutricional devido à destruição de vitaminas e ácidos graxos essenciais (GRAY *et al.*, 1996).

O processo de oxidação se inicia na ligação carbono-hidrogênio adjacente à dupla ligação da cadeia carbônica e ocorre pela ação de fatores ambientais como, umidade, temperatura, luz e oxigênio; presença de metais como, cobre, ferro e manganês; de enzimas e pigmentos (ADAMS, 1999). O processo autoxidativo apresenta-se em três fases: início, propagação e término segundo modelo proposto por Farmer (1942):

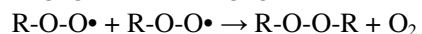
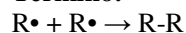
Iniciação:



Propagação:



Término:



Sendo: RH – Ácido graxo insaturado

R• - Radical livre

ROO• - Radical peróxido

ROOH – Hidroperóxido

No início e na propagação a presença de radicais livres, que são moléculas reativas, é decisiva (ADAMS, 1999). Esses radicais são produzidos durante o metabolismo do oxigênio nos tecidos, são chamados de espécies reativas de oxigênio e se dividem em radicais (O_2^- e $HO\bullet$) ou não radicais (H_2O_2). O radical superóxido (O_2^-) é produzido durante o metabolismo aeróbio das células vivas e é formado pela adição de um elétron extra ao oxigênio molecular (O_2) durante o processo de redução do oxigênio na cadeia respiratória mitocondrial. Da mesma forma, os macrófagos quando estimulados produzem O_2^- e H_2O_2 durante a fagocitose (COMBS, 1998).

O radical hidroxila ($HO\bullet$) é o radical livre mais importante para a iniciação do processo de oxidação nos tecidos animais, pois ele pode rapidamente remover um átomo de hidrogênio do ácido graxo insaturado (ADAMS, 1999). Os principais alvos desse radical são os lipídeos, especialmente os ácidos graxos insaturados da membrana celular, as proteínas e o DNA (COMBS, 1998).

Os ácidos graxos insaturados são muito susceptíveis aos radicais livres ($HO\bullet$ ou $RO\bullet$) devido a sua estrutura química, que permite a retirada de um átomo de hidrogênio de um dos grupos $-CH_2-$ da cadeia carbônica e a conseqüente formação de um radical livre de carbono ($\bullet CH-$), iniciando o processo de peroxidação lipídica. Estes radicais de carbono instáveis e susceptíveis ao oxigênio molecular (O_2), se reestruturam na forma de dienos conjugados, formando o radical peroxila ($ROO\bullet$). Segundo o modelo proposto por Farmer (1942), este radical tem a capacidade de retirar um átomo de hidrogênio de outro ácido graxo insaturado intacto, propagando a reação em cadeia até que todo ácido graxo insaturado da membrana seja completamente oxidado a hidroperóxido ($ROOH$).

Os hidroperóxidos são degradados na presença de metais de dupla valência (Cu^{2+} e Fe^{2+}) na forma de íons ou ligados a proteínas, liberando radicais que dão sequência à cadeia de reações de oxidação e outros produtos de clivagem como malonaldeídos e alcanos (COMBS, 1998).

Logo após a morte do animal, inicia-se a deterioração que aumenta de intensidade até que a carne se torne inaceitável para consumo. Durante a conversão do músculo em carne ocorrem mudanças bioquímicas que acompanham o metabolismo pós-abate e *pós mortem* e promovem condições para que o processo de oxidação se instale. Essas mudanças favorecem o desenvolvimento da oxidação da fração fosfolipídica altamente insaturada nas membranas celulares, pois é improvável que os mecanismos de defesa das células do animal vivo ainda funcionem perfeitamente após o abate (GRAY *et al.*, 1996; MORRISSEY *et al.*, 1998).

Os hidroperóxidos formados durante a oxidação são inodoros, porém eles se decompõem em compostos secundários voláteis e não-voláteis. Dentre estes, os aldeídos são os que mais contribuem para a perda do aroma natural das carnes devido a sua alta velocidade de formação. O odor desenvolvido nas carnes armazenadas sob refrigeração pode ser atribuído

mais ao mascaramento do seu aroma natural resultante do aumento do conteúdo de odores desagradáveis no material armazenado, do que pela degradação do aroma original (GRAY *et al.*, 1996).

A importância dos radicais livres no metabolismo celular vem se tornando clara em função da intensa investigação em vários campos, incluindo estudos da peroxidação lipídica, dos sistemas de oxidoreductase e no papel da superóxido dismutase. O interesse por radicais livres tem aumentado nos últimos anos pelo possível papel dessas substâncias na patologia de diversas doenças, uma vez que têm sido implicados na alteração funcional de lipídios, proteínas e DNA (BAGCHI *et al.*, 2000). Deste modo, estudos sobre os sistemas de oxirredução, envolvendo a peroxidação lipídica, espécies oxidantes, toxinas ambientais (xenobióticos) mediadas por radicais livres, e a relação desses sistemas com eventos patológicos podem estar envolvidos na etiologia de enfermidades com etiologia conhecidas e desconhecidas tais como, artrites reumatóides (NARENDHIRAKANNAN *et al.*, 2005), arteriosclerose (SPITELLER, 2005), envelhecimento (HARMAN, 1993), isquemia de órgãos (CANNON, 2005), disfunções gastrointestinais (THOMAS & BALASUBRAMANIAN, 2004), carcinogêneses (BARTSCH & NAIR, 2004), doenças de Alzheimer (ZHU, 2004) e Parkinson (BEAL, 2003).

A existência de lipídios insaturados nas membranas celulares bem como a abundância de reações oxidativas oriundas do metabolismo celular torna os sistemas biológicos favoráveis à ocorrência de reações oxidativas (VALKO *et al.*, 2006).

Devido a sua simplicidade e rapidez, o teste de TBARS é um dos mais freqüentemente usados para quantificar o malonaldeído, um dos principais produtos de decomposição dos hidroperóxidos de ácidos graxos poliinsaturados, formado durante o processo oxidativo de carnes (OSAWA *et al.*, 2005).

O armazenamento de carne por longos períodos é limitado pela rancidez oxidativa. Os substratos das reações de oxidação lipídica são, principalmente, os ácidos graxos insaturados. É o grau de insaturação que mais influencia na velocidade de oxidação, sendo que os ácidos graxos poliinsaturados se oxidam até em alimentos congelados (PEREIRA *et al.*, 2006).

3.3. CONSERVAÇÃO DA CARNE PELO CONGELAMENTO

Dentro dos sistemas de conservação de alimentos, o uso de baixas temperaturas tem sido generalizado, especialmente para produtos altamente perecíveis, como a carne. O congelamento é um método de conservação comumente utilizado para armazenar carnes por períodos relativamente longos de tempo (PIETRASIK & JANZ, 2008).

O congelamento da carne é o método de conservação que menos deprecia as qualidades sensoriais e o valor nutritivo do produto final. No Brasil, a utilização do congelamento de carnes

é uma prática habitual, que visa atender o processo de distribuição interestadual e exportações de carnes (PARDI *et al.*, 2006).

Assim como a refrigeração, o congelamento utiliza o decréscimo de temperatura para prolongar o tempo de conservação dos alimentos. As temperaturas empregadas no congelamento são mais baixas que as usadas na refrigeração, e a diferença entre ambos os métodos é a formação de cristais de gelo no interior dos alimentos (CHEFTEL *et al.*, 1983).

O congelamento da carne se inicia pela cristalização da água nos espaços extracelulares devido uma menor concentração de solutos que no fluido intracelular. Quando o congelamento é lento, a cristalização extracelular, que aumenta a concentração local de solutos, provoca, por osmose, uma desidratação progressiva das células. Formam-se grandes cristais de gelo e aumentam os espaços extracelulares. O descongelamento de água explica, em grande parte, a exsudação que se observa ao descongelar a carne. Quando o congelamento é rápido, a cristalização ocorre quase simultaneamente nos espaços extracelulares e no interior das células. O deslocamento de água é pequeno e são produzidos pequenos cristais de gelo, e, portanto, as modificações na textura são menores que no congelamento lento. (CHEFTEL *et al.*, 1983).

A formação de gelo durante o congelamento tem aspectos benéficos e maléficos. Entre os benéficos incluem o fortalecimento das estruturas e a remoção da água livre, com a redução da A_w de 0,99 para 0,60 (VAN LAACK, 1994), em função da temperatura, independente da natureza e composição do alimento. Quanto aos aspectos maléficos têm-se as conseqüências da formação de cristais de gelo, como rompimento das estruturas celulares por perfurações, a desidratação parcial do tecido em contato com o cristal de gelo e a concentração dos reagentes (ROBERTSON, 1992).

A microflora do produto não é destruída completamente com o congelamento, mas o número de células viáveis é reduzido durante o processo e armazenagem. Após o congelamento a eficiência da eliminação de microrganismos varia de acordo com a espécie, sendo que as células que continuam viáveis logo após o congelamento vão tornando-se inviáveis gradualmente, durante o armazenamento (SARANTÓPOULOS *et al.*, 2001).

O congelamento, por empregar temperaturas mais baixas que a refrigeração, prolonga o tempo de conservação da carne. As temperaturas utilizadas diminuem ou paralisam a deterioração causada por microrganismos, enzimas ou agentes químicos. Além disso, o congelamento é um dos melhores métodos, para manter a cor, o aroma e a aparência do alimento (BEN, 1999).

De modo geral, os produtos cárneos congelados possuem como parâmetro de qualidade, o grau de desnaturação de proteínas que ocorre durante a armazenagem. A desnaturação protéica ocorre devido às condições de congelamento e descongelamento e oscilações na temperatura de armazenamento. Com a desnaturação, as proteínas perdem a capacidade de reter a água, o que irá alterar a textura da carne após o descongelamento e suas propriedades

funcionais (ARDITO, 1994). Além da desnaturação pode ocorrer desidratação da superfície, oxidação de gordura e alterações na cor dos produtos cárneos (SARANTÓPOULOS *et al.*, 2001).

A desidratação superficial ocorre quando o produto perde a umidade para o ambiente de estocagem através da embalagem. Bolsões de ar que se formam entre a embalagem e o produto também resultam em desidratação, além de dificultar o congelamento atuando como isolante. Entretanto, os principais fatores responsáveis pela desidratação são as flutuações de temperatura durante o armazenamento e as diferentes etapas de distribuição que podem resultar na formação de cristais de gelo na superfície dos produtos embalados em materiais impermeáveis ao vapor d'água quando há um descongelamento parcial ou total do produto durante essas flutuações. A desidratação superficial prejudica o aspecto da carne, ressecando sua superfície, comprometendo sua cor, textura e sabor, além de provocar perda de peso (KAREL, 1975).

A deterioração do sabor devido à oxidação das gorduras é um fator limitante da vida útil de carnes e produtos cárneos congelados. As carnes de aves e suínos rancificam mais rapidamente que a bovina, pois apresentam maior quantidade de gordura, além de serem mais insaturadas (OLÍVIO & SHIMOKOMAKI, 2001).

A cor é influenciada pelo processamento, material da embalagem, velocidade de congelamento e condições de armazenagem, como temperatura, tempo e luz. Flutuações de temperatura também podem comprometer a cor da superfície de aves congeladas rapidamente (SARANTÓPOULOS *et al.*, 2001).

Segundo Farouk (2003), a qualidade da carne congelada é afetada pelo tempo de armazenamento e pela interação entre tempo de armazenamento e velocidade de congelamento.

3.3.1 VELOCIDADE DE CONGELAMENTO

A velocidade de congelamento da carne depende da quantidade de água livre presente dentro da célula. Na carne, à -1 °C tem-se cerca de 20% de água transformada em gelo, à -10 °C aproximadamente 90% e à -18 °C quase 100%. A velocidade também dependerá da composição da carne, da temperatura e da velocidade do ar (ROÇA, 2000).

A seguinte relação é usada como medida da velocidade de congelamento: “distância mínima entre a superfície e o centro da carne (que resfria mais lentamente) pelo tempo transcorrido desde o momento em que a temperatura é 0 °C no centro e quando a temperatura alcança -15 °C, nesse mesmo ponto”. A velocidade de congelamento pode ser definida como: lenta (≤ 2 °C/ mm.s⁻¹), rápida (10 a 100 °C/ mm.s⁻¹), ultra rápida (1000 a 10.000 °C/ mm.s⁻¹) (CHEFTEL *et al.*, 1983).

3.3.2. MÉTODOS DE CONGELAMENTO

O congelamento pode ser realizado com ar parado ou em movimento, em placas ou por contato, ou por método criogênico. O congelamento com ar parado depende da transmissão do calor por convecção, sendo um congelamento mais lento. Trata-se de processo amplamente empregado nos congelamentos domésticos, variando a temperatura entre -20 °C e -18 °C. O congelamento com circulação de ar é empregado em túneis providos de ventiladores com intensa corrente de ar. Conforme o tamanho das peças ou cortes de carnes, as temperaturas variam de -10 °C até -45 °C, e a velocidade do ar, de 2 a 4 m.s⁻¹ (HENDRICK *et al.*, 1989).

No congelamento em placas ou por contato, a transferência do calor é feita mais por condução que por convecção através de metal, sendo mais rápido que no congelamento com ar parado. Quando se deseja acelerar o processo, deve-se adaptar uma circulação de ar frio. As placas são de alumínio especial estruturado ou outro material de elevada condutibilidade térmica. O produto a ser congelado, em geral peças mais delgadas, deve ser colocado em envoltórios plásticos, bandejas ou caixas de cartolina ou papelão, depositadas entre duas placas. As temperaturas do congelador das placas variam entre -30 °C e -45 °C. O processo de congelamento criogênico é empregado por imersão direta, por aspensão ou através da circulação de elemento criogênico. É um processo de congelamento rápido, de grande aceitação no mercado norte-americano e que, no Brasil, tem uso circunscrito à conservação de sêmen e de sorvetes. Os agentes criogênicos mais empregados são o nitrogênio líquido ou gasoso e o dióxido de carbono (PARDI *et al.*, 2006).

3.3.3. VIDA ÚTIL DA CARNE CONGELADA

A vida útil é um atributo importante de todos os alimentos. Pode ser definido como o tempo que se passa desde a produção, embalagem até o ponto em que o alimento se torna inaceitável para o consumo (FORSYTHE, 2002).

Para conservar a qualidade ótima, a carne a ser congelada deve ser manipulada com o mesmo cuidado que a carne refrigerada, especialmente se for estocada por vários meses. O congelamento e o armazenamento a -18 °C, não eliminam os microrganismos. Alguns desses, como salmonelas em aves, esporos, vírus, bactérias Gram-positiva nas carnes, permanecem praticamente intactos durante o congelamento. Assim, é necessário evitar a contaminação da carne durante a manipulação, processamento, embalagem e estocagem, para manter as propriedades qualitativas da carne e prolongar a vida útil (HENDRICK *et al.*, 1989).

O grau de saturação das gorduras influencia o tempo de armazenagem sob congelamento. Quanto maior o teor de gorduras insaturadas, maior serão as alterações oxidativas (ranço), e, portanto, o tempo de armazenagem deverá ser encurtado. Carnes de aves e

suínos que são mais insaturadas, comparadas à carne bovina, terão menor tempo de armazenamento. A tabela 2 mostra o tempo máximo de armazenamento de carnes de acordo com a temperatura de estocagem:

Tabela 2 – Tempo máximo de armazenamento de carnes (meses) em diferentes temperaturas (°C).

Carnes	Temperatura (°C)			
	-12	-18	-24	-30
Vaca	4	6	12	12
Ovelha	3	6	12	12
Suíno	2	4	6	8
Aves	2	4	8	10

Fonte: FORREST *et al.*, 1979.

3.4. DESCONGELAMENTO DA CARNE

Perda no valor nutritivo ocorre quando nutrientes solúveis em água são perdidos no exsudato do descongelamento, porém essa perda de líquido varia com as condições de congelamento e descongelamento (HENDRICK *et al.*, 1989).

Quando o descongelamento se inicia, a temperatura aumenta e cristais de gelo se fundem, aumentando a atividade de água no espaço extracelular. Conseqüentemente, a água migrará em direção ao espaço intracelular e será absorvida pelas fibras parcialmente desidratadas. Se a taxa de descongelamento é lenta o suficiente, diferenças de atividade de água em ambos os compartimentos será menor. Por outro lado, se a taxa de descongelamento é rápida, pode não haver reabsorção de água pelas fibras, acumulando no espaço extracelular e eventualmente drenando como exsudato (GONZALEZ-SANGUINETTI *et al.*, 1985).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido no Laboratório do Núcleo de Estudos em Ciências de Alimentos - NECAL, no Laboratório do Centro de Estudos e Análises Cromatográficas – CEACROM, e no Laboratório da Unidade Experimental de Caprinos e Ovinos – UECO, todos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - (UESB) Campus de Itapetinga – BA, no período de janeiro a outubro de 2011.

4.1 AMOSTRAGEM

Para condução do experimento 28 animais caprinos, machos, com idade inferior a oito meses, não castrados, da raça Anglo-Nubiana foram adquiridos aleatoriamente de um produtor rural no município de Itapetinga-BA, criados em regime extensivo.

Os caprinos foram abatidos de acordo com as exigências do Ministério da Agricultura (RISPOA, 1997), após 16 horas de dieta hídrica. Foram insensibilizados por concussão cerebral, sob avaliação sanitária de um médico veterinário, precedida da sangria através da secção das artérias e veia jugular. Foi realizada a evisceração e obtenção da carcaça, que depois de limpa e pesada, foi levada à câmara fria à temperatura de $4 \pm 0,5$ °C por um período de 24 horas, para o estabelecimento do *rigor mortis* (Figura 1).



Figura 1 – Carcaças *pós-mortem* de caprino Anglo-Nubiana, na câmara frigorífica para estabelecimento do *rigor mortis*. Fonte: Coutinho, (2011).

Adotou-se o sistema de corte desenvolvido por Santos (1999), que após a retirada do pescoço e separação das meias carcaças, obteve-se o músculo *longissimus dorsi*.

Após o abate dos animais coletou-se 28 pares de peças do músculo *longissimus dorsi* ou área de olho-de-lombo. Cada animal foi considerado uma unidade experimental, constituindo assim uma repetição, totalizando sete repetições por período (0, 30, 60 e 120 dias). Com as amostras assim obtidas, pretendeu-se evitar efeitos de interação referentes à idade e pH final da carne após 24 horas do abate. As peças do músculo foram adquiridas em dois períodos (janeiro e setembro de 2011), onde em cada momento foram obtidos catorze pares.

Optou-se analisar o músculo *longissimus dorsi*, considerando ser esta peça representativa da quantidade e qualidade, das massas musculares. Os músculos de maturidade tardia são indicados para representar o índice mais confiável do desenvolvimento e tamanho do tecido muscular, portanto, esse músculo é o mais indicado, pois, além da maturidade tardia, é de fácil mensuração (SAINZ, 1996).

4.1.1 EMBALAGEM, CONGELAMENTO E ESTOCAGEM

As peças do músculo *longissimus dorsi* provenientes de cada animal foram acondicionadas em sacos plásticos hermeticamente fechados, aos pares e codificadas. Posteriormente, as amostras foram mantidas a temperatura de -18 ± 2 °C até o momento das análises. A temperatura supra citada foi escolhida em conformidade com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Carne Moída de Bovino que se refere ao produto carne moída, destinado ao comércio nacional e/ou internacional (BRASIL, 2003).

4.1.2 DESCONGELAMENTO E ANÁLISE DAS AMOSTRAS

Para a realização das análises, as amostras foram transferidas do freezer a -18 ± 2 °C para um refrigerador a temperatura de $4 \pm 0,5$ °C por 48 horas sob descongelamento lento, sendo mantidas nesta temperatura até o momento das análises.

Utilizou-se 7 amostras no tempo zero, 7 amostras após 30 dias, 7 amostras após 60 dias e 7 amostras após 120 dias estocadas sob congelamento, sendo todas escolhidas ao acaso. No tempo zero as amostras foram analisadas frescas. Todas as análises foram realizadas em duplicata.

4.2 CARACTERIZAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS

4.2.1 Perda de peso durante o descongelamento (PPD)

Nessa etapa foi adotado o procedimento proposto por Yang *et al.* (2001). As amostras descongeladas foram pesadas individualmente e retiradas das embalagens. As peças e as

embalagens foram secas com papel absorvente e novamente pesadas. Os resultados obtidos foram expressos em porcentagem. O valor percentual foi dado pela Equação 1.

$$\% PR_{esf} = 100 - \left[\frac{AS}{(AE - EM)} \times 100 \right] \quad Eq.1$$

Sendo:

% PR_{esf} = % de perda de peso durante o resfriamento;

AS = peso da amostra seca;

AE = peso da amostra embalada;

EM = peso da embalagem.

4.2.2 Determinação de umidade

Determinou-se a umidade por gravimetria pelo método de secagem em estufa, a temperatura de 105 °C durante 6 horas até peso constante, sendo utilizados 5 g de amostra. A determinação do teor de umidade foi realizada conforme a metodologia recomendada pela Instrução Normativa N° 20 (BRASIL, 1999). A porcentagem de umidade foi calculada pela equação 2.

$$\% \text{ umidade} = \frac{[100 \times p]}{p'} \quad Eq.2$$

Sendo:

p = perda de peso em gramas;

p' = massa da amostra em gramas.

4.2.3 Determinação da atividade de água (A_w)

A atividade de água (A_w) da matéria-prima foi medida pela técnica do ponto de orvalho em espelho resfriado, utilizando-se higrômetro AQUALAB-Decagon, modelo 3TE, com resolução de 0,01 a_w e operado na temperatura de 20 °C ± 1. O método fundamenta-se na determinação do ponto de orvalho em espelho resfriado, onde a pressão de vapor da amostra é equilibrada com o espaço vazio da câmara fechada pela condensação da água no espelho. No equilíbrio, a umidade relativa do ar na câmara é igual à atividade de água na amostra, medida a partir da temperatura medida do ponto de orvalho (BRASEQ, 2005).

4.2.4 Determinação do pH

Para determinação do pH foram homogeneizadas 50g da amostra em 20 mL de água recém destilada. As determinações foram realizadas em pHmetro de bancada da marca Bel Enginnering e modelo pHS – 3BW, calibrado com soluções tampão (pH – 4,0 e 7,0) a 25 °C. A determinação da medida do pH foi realizada conforme a metodologia recomendada pela Instrução Normativa N° 20 (BRASIL, 1999).

4.2.5 Determinação do resíduo mineral fixo (Cinzas)

Determinou-se o teor do resíduo mineral fixo pela eliminação da matéria orgânica e inorgânica volátil à temperatura de 600 °C, em forno mufla, conforme a metodologia proposta pela Association of Official Analytical Chemists - AOAC (1990). O método fundamenta-se na perda de peso quando o analito é aquecido entre 500 – 600 °C para a remoção da matéria orgânica. Foram incinerados em forno mufla 2 g da amostra homogeneizada durante 12 horas, à temperatura de 600 °C. A porcentagem de resíduo mineral fixo foi calculada pela equação 3.

$$\% \text{ de resíduo mineral fixo} = \frac{[100 \times p]}{p'} \quad \text{Eq. 3}$$

Sendo:

p = diferença em gramas entre a massa do cadinho com amostra antes e após calcinação;
p' = peso da amostra em gramas.

4.2.6 Análise lipídica

4.2.6.1 Determinação de lipídios totais

A extração de gordura foi realizada pelo método de Bligh & Dyer (1959), seguindo as modificações propostas por Christie (1982) e Smedes & Thomasen (1996).

Foram homogeneizados 10 g da amostra úmida por 4 minutos em erlenmeyer de 250 mL dotado de tampa de vidro, com uma mistura de solvente consistindo de 10 mL de clorofórmio e 20 mL de metanol. Após completa homogeneização, uma única fase foi obtida e procedeu-se a adição de mais 10 mL de clorofórmio, seguida de agitação por 1 minuto. Filtrou-se a mistura a vácuo e o resíduo foi re-homogeneizado com 10 mL de clorofórmio, para um maior rendimento de óleo extraído. Os filtrados foram misturados e transferidos para funil de

separação de 250 mL, sendo agitado vigorosamente após adição de 10 mL de KCl 0,88%. Neste momento formou-se um sistema bifásico. A fase orgânica foi recolhida e filtrada, com sulfato de sódio anidro sobre o papel filtro, antes de o solvente ser recuperado no evaporador rotativo. A porcentagem de lipídios totais foi calculada pela equação 4.

$$\% \text{ Lipídios Totais} = \left[\frac{(MB + A) - (MB)}{(MA)} \right] * 100 \quad \text{Eq. 4}$$

Sendo:

MB = massa do balão;

A = amostra;

MA = massa da amostra.

4.2.6.2 Análise Cromatográfica

Para a extração dos lipídios totais foi empregado o método Bligh & Dyer (1959), seguindo as modificações propostas por Christie (1982) e Smedes & Thomasen (1996).

Preparação de ésteres metílicos de ácidos graxos

A transesterificação dos lipídios extraídos foi realizada pelo Método ISO 5509 (ISO, 1978). Foi adicionado no balão 1 mL de heptano e transferiu-se a amostra para um tubo de tampa rosqueável, onde adicionou-se 2 mL de solução metanólica de KOH (2 mol.L⁻¹) e agitou-se por aproximadamente 5 minutos deixando em repouso para a separação das fases. O sobrenadante foi coletado em frascos “ependorf” identificados para posterior análise cromatográfica.

Identificação e quantificação dos ésteres metílicos

A fase obtida contendo ésteres metílicos foi analisada em um cromatógrafo de fase gasosa (Thermo-Finnigan) utilizando coluna capilar de sílica fundida BPX-70 (120m x 0,25mm d.i). A temperatura do injetor e do detector de ionização de chama (FID) foram 250 °C e 280°C respectivamente. A temperatura da coluna foi programada a 140 °C por 10 minutos, seguido por uma primeira rampa de 15 °C min⁻¹ até atingir 200 °C por 1 minuto. A segunda rampa foi de 10 °C min⁻¹ até atingir 230 °C por 1 minuto. A terceira rampa 0,4 °C min⁻¹ até atingir 233 °C por 3 minutos. A quarta rampa 0,5 °C min⁻¹ até atingir 238 °C por 2 minutos. O tempo total de análise foi de 55 minutos.

As vazões dos gases (White Martins) foram de 30 mL min⁻¹ para o hidrogênio, 30 mL min⁻¹ para o nitrogênio e 250 mL min⁻¹ para o ar sintético. Os volumes de injeção foram de 1,2 µL e as injeções foram realizadas em duplicata e manualmente. As áreas dos picos dos ésteres metílicos de ácidos graxos foram determinadas através do software ChromQuest 4.1.

Para a identificação dos ácidos graxos, foram comparados os tempos de retenção e os picos das amostras com a do padrão mistura de 37 padrões de ésteres metílicos de ácidos graxos (189-19 Sigma, EUA).

4.2.7 Capacidade de retenção de água (CRA)

Para determinação da CRA utilizou-se o método recomendado por Nakamura (1985). As amostras de carne com peso médio de 1 g acondicionadas em papel filtro foram centrifugadas em centrífuga FANEM Excelsa II modelo 206 MP, por quatro minutos a 1500 x g. Posteriormente, o papel foi descartado e a amostra foi seca em estufa da marca FANEM modelo 315 a 70° C por 12 horas. A porcentagem de CRA foi calculada pela equação 5.

$$CRA (\%) = \left(\frac{PAC - PAS}{PI} \right) \times 100 \quad \text{Eq. 5}$$

Sendo:

PAC = peso da amostra após a centrifugação;

PAS = peso da amostra seca;

PI = peso inicial.

4.2.8 Perda de peso por cozimento (PPC)

As amostras foram fatiadas com espessura de 2,5 cm e pesadas em balança semi-analítica, embaladas em papel alumínio e assadas em chapa pré-aquecida a 150 °C. Ao atingir 35 °C, as amostras foram viradas e mantidas até a temperatura interna atingir 72 °C ± 2, sendo a temperatura monitorada com auxílio de um termômetro digital. Posteriormente, as mesmas amostras foram retiradas do papel alumínio, ainda com temperatura superior a 70 °C, resfriadas em temperatura ambiente e pesadas. Para mensuração do tamanho da espessura da amostra foi utilizada uma régua. A perda de peso por cozimento foi calculada pela equação 6. Os resultados foram expressos em gramas.

$$PPC (g) = PI - PF$$

Eq. 6

Sendo:

PPC = perda de peso por cozimento;

PI = peso inicial;

PF = peso final.

4.2.9 Determinação da força de cisalhamento ou textura objetiva

A determinação da força de cisalhamento foi conduzida em texturômetro CT3 Texture Analyser Brookfield, equipado com lâmina Warner Bratzler utilizando amostras de 2,0 cm de diâmetro, após serem feitas as análises de perda de peso por cozimento. A força de cisalhamento foi medida numa escala de zero a 10 kgf.s⁻¹, utilizando uma velocidade que variou de 5 a 10 mm.s⁻¹.

4.3. CARACTERIZAÇÕES BIOQUÍMICAS

4.3.1 Determinação do índice de peróxido (IP)

A extração de gordura foi realizada de acordo com o método de Bligh & Dyer (1959), seguindo as modificações propostas por Christie (1982) e Smedes & Thomasen (1996).

A determinação do índice de peróxido foi realizada de acordo com a metodologia proposta pela AOCS Cd 8-53 (1990). Pesou-se 3 mL da amostra em erlenmeyer de 250 mL com tampa esmerilhada, adicionou-se 30 mL de solução de ácido acético clorofórmio. Agitou-se o frasco até a dissolução da amostra. Adicionou-se 0,5 mL de solução saturada de KI. Deixou em repouso no escuro com agitação ocasional por 1 minuto e adicionou-se 30 mL de água destilada.

Titulou-se com Na₂S₂O₃ 0,01N, adicionando-se com vigorosa agitação. Continuou a titulação até que a cor amarela quase desapareceu. Adicionou-se 0,5 mL de solução de amido indicador e continuou a titulação agitando vigorosamente até o desaparecimento da coloração azul. Para o cálculo do Índice de Peróxido (mEq de peróxidos.1000 g⁻¹ de amostra) foi utilizada a equação 7.

$$IP (mEq \text{ de peróxidos. } 1000 \text{ g}^{-1} \text{ de amostra}) = \frac{S \times N \times 1000}{g \text{ de amostra}} \quad \text{Eq. 7}$$

Sendo:

S = volume de Na₂S₂O₃ gasto na titulação da amostra;

N = normalidade da solução de Na₂S₂O₃.

4.3.2 Determinação de substâncias reativas ao ácido 2-Tiobarbitúrico – TBARs

As substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico – TBARs foram determinadas de acordo com a metodologia proposta por TARLADGIS *et al.* (1960), utilizando-se 1,1,3,3-tetrametoxipropano (TEP, Sigma Chemical Co.) como padrão, adequando-se o volume dos reagentes para 3 mL. A absorvância foi lida a 532nm em espectrofotômetro (UV-VIS – Shimadzu, modelo 1240). O teste fundamenta-se na quantificação espectrofotométrica do complexo de coloração vermelha formado pela condensação de dois mols do ácido 2-tiobarbitúrico (TBARs) com um mol de malonaldeído, oriundo da lipoperoxidação.

Preparo das curvas analíticas lineares

As curvas analíticas lineares foram preparadas através de diluições apropriadas da solução padrão de 1,1,3,3-tetrametoxipropano (TEP, Sigma Chemical Co.) na concentração de 1.10^{-3} M, de modo a obter quantidades que variam de 1.10^{-8} a 8.10^{-8} moles de malonaldeído por 3ml. O espectro de absorção foi realizado com uma solução de 2.10^{-7} mols de malonaldeído. Os dados da absorvância resultantes das leituras foram utilizados para a elaboração das curvas analíticas lineares e suas respectivas equações de regressão.

Análise da amostra

Foram homogeneizados em agitador mecânico 10 g de amostra em 50 mL de água destilada por 2 minutos, ajustou-se o pH para 1,2 com 1,0 mL de solução aquosa de HCl a 4. Foram adicionados a mistura 150 μ L da solução etanólica a 15% de 3,5-Di-*terc*-4-butilhidroxitolueni (BHT, Sigma Chemical Co 47168). A mistura foi transferida quantitativamente para um balão de 500 mL de fundo redondo, sendo o volume final ajustado com água destilada para 100 mL. Posteriormente, foram adicionados 500 μ L da solução hexânica de silicone 10% (Vetec) como antiespumante e finalmente introduzidos algumas pérolas de vidro. O balão foi conectado ao dean star com trape de 50 mL e este a um condensador de bolas. A mistura destilada em manta com regulador de temperatura. Uma alíquota de 50 mL do destilado foi coletada em 10 minutos. A mistura reacional foi preparada em tubo de ensaio pela adição de 3 mL do ácido tiobarbitúrico 0,02 M e 3 mL do destilado, sendo a mistura aquecida em banho-maria em ebulição por 35 minutos para o desenvolvimento da cor, sendo a absorvância lida em espectrofotômetro a 532 nm. As absorvâncias assim obtidas foram multiplicadas pelo K de destilação originando o índice de TBARs.

O percentual de recuperação foi calculado segundo Sinnhuber & Yu (1958), sendo calculado a partir do padrão conforme equação 8.

$$\% P = \frac{[A_2] - [A_1]}{[A_2]} \quad \text{Eq. 8}$$

Sendo:

P = percentual de recuperação;
 A₂ = absorvância da amostra destilada contendo TEP;
 A₁ = absorvância da amostra.

O valor de k foi calculado a partir da curva analítica linear a partir de diluições conhecidas.

$$K_{destilação} = \frac{S}{A} \times MM - MAD \times \frac{10^7}{c} \times \frac{100}{p} \quad \text{Eq. 9}$$

Sendo:

S = concentração molar do padrão (1.10⁻⁸ mol de MAD/3mL);
 A = absorvância do padrão;
 MM-MAD = massa molar do malonaldeído = 72,063;
 C = peso da amostra em gramas;
 P = porcentagem de recuperação.

4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O experimento foi conduzido utilizando delineamento inteiramente casualizado (DIC) buscando verificar o efeito dos diferentes tempos de estocagem da carne caprina sob temperatura de congelamento utilizando o índice de peróxido (IP) e teste de substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS) como marcadores bioquímicos da lipoperoxidação bem como a análise lipídica de ácidos graxos.

Todas as determinações foram realizadas em duplicata, os resultados foram apresentados como média ± desvio padrão (DP). Análise de variância (ANOVA) e aplicação do Teste de Tukey, ao nível de significância de 5%, usando o Sistema de Análises Estatísticas e Genética (SAEG) versão 8.0.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS

5.1.1 Perda de peso durante o descongelamento (PPD)

Os resultados médios obtidos para as determinações de perda de peso durante o descongelamento da carne caprina armazenada sob congelamento a -18 °C foram comparadas entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 3). No tempo zero não foi quantificado este parâmetro considerando que as amostras foram avaliadas frescas.

Tabela 3 – A porcentagem média da perda de peso durante o descongelamento (PPD) da carne caprina armazenada a -18 °C.

Amostra	Tempo (dias)			
	0	30	60	120
1	-	2,16	5,83	11,43
2	-	5,36	5,30	9,20
3	-	4,07	5,50	5,90
4	-	3,48	6,46	10,1
5	-	4,07	7,30	8,00
6	-	5,56	5,80	2,70
7	-	2,92	6,80	5,90
Média		3,94 ^C	6,14 ^B	11,07 ^A
CV(%)	7,92			

^{A,B} letras maiúsculas distintas nas colunas, indicam valores que diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Os dados obtidos demonstram que houve uma influência significativa quanto ao armazenamento sob congelamento relacionado à carne caprina, pois à medida que o período de estocagem foi aumentando a perda de peso durante o descongelamento também aumentou.

A carne caprina perdeu menos líquido nos tempos de 30 e 60 dias durante o descongelamento (3,94% e 6,14%), com valores inferiores ao descrito na maioria dos estudos sobre a qualidade da carne como por exemplo, os obtidos por Costa *et al.*, (2002), que registraram perda de 10,89% na carne de bovinos. Aos 120 dias houve um aumento.

Estes achados estão em conformidade com os estudos realizados por Fennema & Winger (1976) e Bhattacharya *et al.* (1988), em que a perda de suco durante o descongelamento

da carne bovina aumentou com o aumento do tempo de estocagem. Entretanto, Machado (2009) observou que a carne bovina não alterou a perda de peso nos períodos de 30; 60 e 120 dias de estocagem sob congelamento.

5.1.2 Determinação de umidade

Os teores de umidade obtidos para a carne caprina nos quatro tempos de estocagem a -18 °C (0; 30; 60 e 120 dias) estão apresentados na Tabela 4, onde foram comparados entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com os resultados obtidos, constatou-se que não houve diferença significativa entre os tempos 30 e 60, porém houve diferença entre os demais. Observou-se que à medida que o teor de gordura aumentava, o teor de umidade diminuía. De acordo com Gonzalez *et al.* (1983), a relação inversa observada entre o teor de gordura intramuscular e umidade tem sido comprovada nos músculos de outras espécies de animais considerando-se fatores diversos como raça, tipo de músculo, idade, estado nutricional, dentre outras.

Tabela 4 – Teor de umidade (%) da carne caprina armazenada a -18 °C.

Amostra	Tempo (dias)			
	0	30	60	120
1	84,81	72,70	67,42	36,74
2	83,79	72,29	81,21	44,97
3	86,01	74,81	75,18	29,74
4	84,85	72,94	75,65	52,75
5	82,17	72,27	77,55	39,65
6	83,47	73,38	71,75	50,82
7	83,56	74,20	76,65	40,35
Média	84,09 ^A	73,22 ^B	75,05 ^B	42,14 ^C
CV(%)	6,77			

^{A,B} letras maiúsculas distintas nas colunas, indicam valores que diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Machado (2009) observou que comparando o tempo zero com os demais, a umidade foi significativamente maior, sendo que não houve diferença entre os tempos 30; 60 e 120 dias para a carne bovina.

5.1.3 Determinação da atividade de água (Aw)

Os resultados para a determinação da atividade de água da carne caprina para os quatro tempos de estocagem (0; 30; 60 e 120 dias) foram comparadas entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, conforme Tabela 5.

A carne é um substrato de excelência para o desenvolvimento microbiano, devido a sua elevada atividade de água de 0,99 favorecido pelos seus componentes de baixo peso molecular como carboidratos, lactatos e aminoácidos (GIL, 2000).

Com os resultados obtidos para a atividade de água constatou-se que não houve diferença significativa entre os tempos 0 e 30 dias nem entre os tempos 30 e 60 dias, porém houve diferença significativa no tempo de 120 dias em relação aos demais. Apresentaram-se bastante elevados, da ordem de 0,99 para os três primeiros tempos, apresentando um discreto decréscimo ao longo dos meses, sendo mais destacado aos 120 dias, o que caracteriza a carne caprina como sendo um produto bastante perecível, como já era de se esperar.

Tabela 5 – Determinação da atividade de água da carne caprina armazenada a -18 °C.

Amostra	Tempo (dias)			
	0	30	60	120
1	0,996	0,997	0,998	0,992
2	0,998	0,991	0,986	0,985
3	0,994	0,991	0,991	0,984
4	0,997	0,994	0,992	0,976
5	0,995	0,996	0,992	0,975
6	0,992	0,992	0,990	0,976
7	0,997	0,996	0,991	0,981
Média	0,995 ^A	0,994 ^{A,B}	0,990 ^B	0,981 ^C
CV(%)	0,36			

^{A,B} letras maiúsculas distintas nas colunas, indicam valores que diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

5.1.4 Determinação do pH

As determinações de pH da carne caprina para os quatro tempos de estocagem estudados estão apresentados na Tabela 6, indicando valores entre 5,41 a 5,51. Não houve alterações significativas entre as amostras comparadas entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade ao longo do período de armazenamento.

A relação entre a diminuição do pH, pH final e a qualidade da carne foi estudada por Bray *et al.* (1989) e Devine *et al.* (1993). Os autores sugeriram que pH final moderadamente baixo (5,4) caracterizam carne normal, usualmente macia.

Os valores apresentaram-se abaixo dos valores encontrados por Madruga (2004) para carne caprina fresca que foi de 5,8 a 6,99. Monteiro *et al.* (2002), observaram uma redução no pH da carne suína durante os primeiros 90 dias de armazenamento sob congelamento e mantendo-se estável após 90 dias. Lee, Choy e Yoon (2004), estudando a vida de prateleira da carne suína estocada a 0 °C por 14 dias, observaram não haver alterações significativas do pH das amostras, mantendo-se na faixa de 5,7-5,9 até o final do período. Pereira *et al.* (2006) não encontraram diferença significativa para a carne de ema armazenada sob diferentes períodos de congelamento (0; 15; 30 e 60 dias) a -18 °C.

Tabela 6 – Valores médios de pH da carne caprina armazenada a -18 °C.

Amostra	Tempo (dias)			
	0	30	60	120
1	5,25	5,28	5,48	5,50
2	5,41	5,75	5,38	5,39
3	5,85	5,17	5,51	5,45
4	5,79	5,62	5,30	5,39
5	5,55	5,50	5,88	5,52
6	4,38	5,79	5,55	5,31
7	5,65	5,37	5,51	5,43
Média	5,41 ^A	5,49 ^A	5,51 ^A	5,42 ^A
CV(%)	5,38			

^{A,B} letras maiúsculas distintas nas colunas, indicam valores que diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

5.1.5 Determinação de Cinzas Totais

Os teores de cinzas da carne caprina para os quatro tempos de estocagem a -18 °C (0; 30; 60 e 120 dias) estão apresentados na Tabela 7, onde foram comparados entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Constatou-se que não houve diferença significativa entre os tempos 0 e 30 dias, entre os tempos 0 e 120 dias e entre os tempos 60 e 120 dias.

Os dados apresentaram variação em relação aos diferentes tempos de armazenamento, isto pode ser explicado devido a composição química específica de cada animal, embora, os animais utilizados no experimento pertencessem ao mesmo sexo, idade e raça.

Machado (2009) não encontrou diferença significativa entre os mesmos períodos de estocagem sob congelamento para a carne bovina. Entretanto, Pires *et al.* (2002) observaram que na estocagem sob congelamento ocorreu pequena variação no teor de cinzas da carne suína, em estudos com o músculo *longissimus dorsi*.

Tabela 7 – Determinação do resíduo mineral fixo (%) da carne caprina armazenada a -18 °C.

Amostra	Tempo (dias)			
	0	30	60	120
1	0,84	0,47	0,96	1,06
2	0,82	0,68	1,48	0,92
3	0,76	0,66	0,76	0,97
4	0,67	0,62	1,01	1,21
5	0,91	0,71	1,21	1,16
6	0,95	0,73	1,77	1,14
7	1,05	0,66	1,13	1,04
Média	0,85 ^{B,C}	0,64 ^C	1,18 ^A	1,07 ^{A,B}
CV(%)	20,82			

^{A,B} letras maiúsculas distintas nas colunas, indicam valores que diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

5.1.6 Análise lipídica

5.1.6.1 Determinação de lipídios totais

Na Tabela 8 estão apresentados os resultados dos teores de lipídios totais obtidos para as amostras sob as condições estudadas comparados entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos demonstraram que a carne caprina apresentou um baixo índice de lipídios totais, confirmando a característica da carne caprina como sendo a carne vermelha com os mais baixos teores de lipídios (MADRUGA, 1999). Este produto pode ser nutricionalmente saudável e atende as exigências dos consumidores modernos, que preferem ingerir alimentos com baixos teores de lipídios.

Tabela 8 – Determinação de lipídios totais (%) da carne caprina armazenada a -18 °C.

Amostra	Tempo (dias)			
	0	30	60	120
1	3,49	5,58	1,08	2,50
2	2,53	3,95	2,16	3,58
3	0,84	2,53	2,50	0,94
4	0,96	2,10	1,62	1,09
5	1,56	3,73	1,71	1,07
6	0,98	2,08	1,87	4,24
7	0,42	3,87	1,27	3,98
Média	1,54 ^B	3,40 ^A	1,74 ^{A,B}	2,48 ^{A,B}
CV(%)	49,56			

^{A,B} letras maiúsculas distintas nas colunas, indicam valores que diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

De acordo com os resultados, constatou-se que não houve diferença significativa entre os tempos 60 e 120 dias, entre os tempos 30, 60 e 120 dias e entre os tempos 0, 60 e 120 dias.

Os dados apresentaram variação em relação aos diferentes tempos de armazenamento, isto pode ser explicado devido a composição química específica de cada animal, embora, os animais utilizados no experimento pertencessem ao mesmo sexo, idade e raça.

5.1.6.2 Análise cromatográfica

Foi realizada uma análise cromatográfica dos ésteres metílicos de ácidos graxos os quais, foram identificados pelo tempo de retenção e quantificados 22 ácidos graxos presentes na gordura das amostras analisadas. Não foram apresentados os dados aos 60 dias de armazenamento.

A composição de ácidos graxos da carne caprina armazenada a -18 °C está apresentada na Tabela 9. Foram identificados 22 (vinte e dois) ácidos graxos, sendo 8 (oito) ácidos graxos saturados, 6 (seis) ácidos graxos monoinsaturados e 8 (oito) ácidos graxos poliinsaturados.

Constatou-se que não houve diferença significativa entre os ácidos graxos saturados mirístico (14:0), pentadecanóico (15:0), palmítico (16:0) e margárico (17:0) presentes nas amostras analisadas, porém para os demais houve diferença significativa, onde aumentou os teores dos ácidos graxos araquídico (20:0), heneicosanóico (21:0) e behênico (22:0) e diminui o teor do ácido esteárico (18:0). Dos ácidos graxos saturados apenas o palmítico e o esteárico apresentaram um teor elevado nas amostras analisadas.

Quanto aos ácidos graxos monoinsaturados não houve diferença significativa nos teores dos ácidos miristoléico (14:1) e pentadecenóico (15:1), para os demais houve diferença significativa, onde aumentou o teor do ácido graxo heptadecenóico (17:1) e diminuiu para os ácidos palmitoléico (16:1) vacênico (18:1n-7t) e oléico (18:1n-9c).

Tabela 9 – Composição de ácidos graxos em mg.g⁻¹ da carne caprina armazenada a -18 °C.

Ácidos Graxos		Tempo de armazenamento (dias)			CV (%)
		0	30	120	
Saturados					
Mirístico	14:0	1,88 ^A	2,62 ^A	2,58 ^A	30,04
Pentadecanóico	15:0	0,49 ^A	0,48 ^A	0,47 ^A	20,33
Palmítico	16:0	25,09 ^A	24,19 ^A	21,97 ^A	11,58
Margárico	17:0	1,46 ^A	1,55 ^A	1,42 ^A	22,40
Esteárico	18:0	31,03 ^A	19,48 ^B	17,86 ^B	19,72
Araquídico	20:0	0,18 ^C	0,48 ^B	1,00 ^A	24,83
Heneicosanóico	21:0	0,38 ^B	0,80 ^B	1,83 ^A	35,21
Behênico	22:0	1,04 ^C	3,56 ^B	9,37 ^A	37,77
Monoinsaturados					
Miristoléico	14:1	0,15 ^A	0,14 ^A	0,15 ^A	25,72
Pentadecenóico	15:1	0,20 ^A	0,20 ^A	0,21 ^A	15,68
Palmitoléico	16:1	1,15 ^A	1,41 ^A	0,43 ^B	22,95
Heptadecenóico	17:1	0,73 ^B	1,11 ^A	1,11 ^A	19,89
Vaccênico	18:1n-7t	1,31 ^A	1,34 ^A	0,75 ^B	25,04
Oléico	18:1n-9c	35,31 ^A	31,66 ^A	23,98 ^B	14,67
Poliinsaturados					
Linolênico	18:2n-6	2,17 ^B	2,87 ^B	9,45 ^A	24,61
CLA	CLAc9, t11	0,15 ^B	0,19 ^B	0,27 ^A	26,71
Alfa linolênico	18:3n-3	0,55 ^A	0,33 ^B	1,14 ^B	41,66
Gama linolênico	18:3n-6	0,22 ^A	0,16 ^A	0,21 ^A	25,58
Docosadienóico	22:2n-6	0,34 ^B	0,59 ^B	2,84 ^A	34,04
Timnodônico	20:5n-3	0,15 ^B	0,14 ^B	0,45 ^A	35,14
Clupanodônico	22:5n-3	0,53 ^B	1,03 ^B	4,12 ^A	31,96
Cervônico	22:6n-3	0,25 ^A	0,10 ^B	0,06 ^B	48,95

^{A,B} letras maiúsculas distintas nas linhas, indicam valores que diferem estatisticamente entre si (p<0,05) pelo teste de Tukey.

Foi observado na classe dos ácidos graxos poliinsaturados que o ácido linolênico (18:2n-6c) apresentou-se em maior quantidade. O ácido gama linolênico (18:3n-6) não apresentou diferença significativa, os demais apresentaram diferença significativa, onde o ácido alfa linolênico (18:3n-3) e cervônico (22:6n-3) diminuíram seu teor e os demais aumentaram.

Para o ácido linoléico conjugado (CLA) houve diferença significativa, onde aumentou o seu teor, sendo o CLA encontrado neste experimento o 18:2 cis-9; trans-11. Este ácido está relacionado com a redução da gordura corporal, anti-carcinogênico e previne diabetes (MULVIHILL, 2001).

De todos os ácidos graxos encontrados os que se apresentaram maior área percentual foram o ácido oléico (18:1n-9c), o ácido esteárico (18:0) e o ácido palmítico (16:0), sendo o primeiro em maior proporção. Mahgoub *et al.* (2002) e Dhanda *et al.* (2003b) também encontraram o ácido oléico, palmítico e esteárico como os mais abundantes no tecido muscular dos caprinos, sendo o ácido oléico encontrado em maiores quantidades. Uma alta contribuição do ácido oléico na composição da gordura de ruminantes tem sido reportada na literatura (BANSKALIEVA *et al.*, 2000; WOOD *et al.*, 2003).

As principais fontes dietéticas de CLA são o leite e carne de ruminantes e seus derivados, sendo que os primeiros isômeros de CLA que têm sido relacionados com benefícios a saúde são o 18:2 cis-9; trans-11 e o 18:2 trans-10; cis-12. (KHANAL *et al.*, 2005). O isômero mais relacionado à atividade anti-carcinogênica é o 18:2 cis-9; trans-11, e o implicado no metabolismo de gordura é o 18:2 trans-10; cis-12.

A relação AGPI/AGS apresentou uma variação de 0,07 a 0,32 (Tabela 10), sendo esta inferior ao limite estabelecido, o que implica em um desequilíbrio na ingestão de ácidos graxos. Essa relação é utilizada para calcular o fator de risco dos alimentos, considerando a elevação do colesterol e é recomendado um valor de 0,4, no mínimo, segundo Wood *et al.* (2003).

A análise dos ácidos graxos apresentados por Banskalieva *et al.* (2000) para a carne caprina, permite verificar uma variação de 0,16 a 0,49 na relação AGPI/AGS, dependendo da raça, do músculo e da idade. Porém Zapata *et al.* (2003), reportaram, na carne caprina, variação entre 0,9 a 1,4 na relação AGPI/AGS.

A relação ω -6/ ω -3 não apresentou diferença significativa variando entre 1,97 a 2,61 (Tabela 6), sendo estes valores inferiores ao estabelecido pela literatura. Essa relação indica a contribuição dos ácidos graxos para o aparecimento da arteriosclerose, oriunda da formação de coágulos sanguíneos e conseqüente problemas no coração. Recomenda-se uma relação ω -6/ ω -3 inferior a 4 para evitar esses problemas (WOOD *et al.* 2003; INSAUSTI *et al.*, 2004).

Não se pode inferir que estes resultados sejam decorrentes do tempo de armazenamento sob congelamento. Isto pode estar diretamente relacionado com a composição química específica de cada animal, embora, os animais utilizados no experimento pertencessem ao mesmo sexo, idade e raça.

Tabela 10 – Σ ácidos graxos saturados, mono e insaturados, AGPI/AGS, ω -6, ω -3 e ω -6/ ω -3 em mg.g⁻¹ para carne caprina armazenada sob congelamento.

Ácidos Graxos	Tempo de armazenamento (Dias)			CV (%)
	0	30	120	
Σ AGS ¹	60,12 ^A	51,64 ^B	55,10 ^{AB}	10,32
Σ AGM ²	38,88 ^A	35,88 ^A	26,63 ^B	13,80
Σ AGPI ³	4,39 ^B	5,44 ^B	17,57 ^A	24,48
AGPI/AGS ⁴	0,07 ^B	0,10 ^B	0,32 ^A	27,09
Σ ω -6 ⁵	2,74 ^B	3,62 ^B	12,50 ^A	24,92
Σ ω -3 ⁶	1,49 ^B	1,62 ^B	4,79 ^A	26,59
ω -6/ ω -3 ⁷	1,97 ^A	2,31 ^A	2,61 ^A	19,74

¹Somatório de Ácidos Graxos Saturados (14:0, 15:0, 16:0, 17:0, 18:0, 20:0, 21:0 e 22:0);

²Somatório de Ácidos Graxos Monoinsaturados (14:1, 15:1, 16:1, 17:1, 18:1n-7t e 18:1n-9c);

³Somatório de Ácidos Graxos Poliinsaturados (18:2n-6, CLAc9t11, CLAt10c12, 18:3n-3, 20:3n-3 e 20:3n-6);

⁴Relação entre os Ácidos Graxos Poliinsaturados e Saturados;

⁵Somatório do ω -6 (18:2n-6, 18:3n-6 e 22:2n-6);

⁶Somatório do ω -3 (18:3n-3, 20:5n-3, 22:5n-3 e 22:6n-3);

⁷Relação entre ω -6/ ω -3;

O perfil do cromatograma ilustrativo de uma das amostras de carne caprina analisada pode ser visualizado na Figura 2.

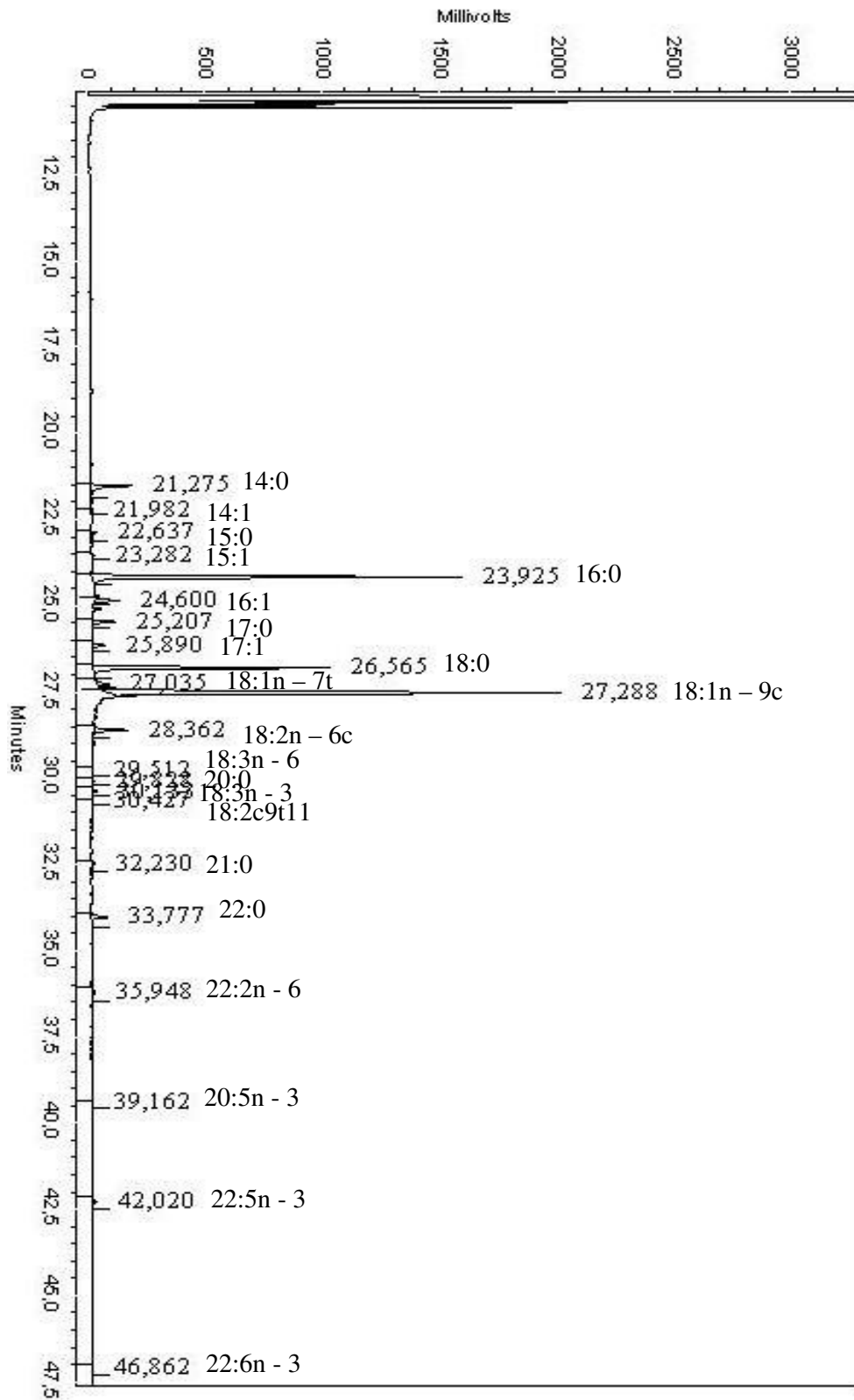


Figura 2 – Cromatograma ilustrativo de uma das amostras de carne caprina analisada.

5.1.7 Capacidade de retenção de água (CRA)

Os resultados para a capacidade de retenção de água não apresentaram diferença significativa entre os tempos de 0; 30 e 120 dias, porém em 60 dias houve um aumento

significativo, como observa-se na Tabela 11, quando comparados entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados variaram entre 52,72% e 61,35% indicando uma carne macia, suculenta e com menor perda no valor nutritivo pelo exsudato liberado. BESERRA *et al.* (2001) verificaram que a CRA da carne de caprinos SRD entre 20 e 22,9 kg foi de 59%.

O pH é um fator que influencia na CRA da carne (NGAPO *et al.*, 1999). Zapata *et al.* (2006), observaram correlação positiva entre pH e CRA para carne de peito de frango, o que sugere que à medida que aumenta o valor de pH a carne retém mais água. Isso foi constatado neste experimento onde no tempo de 60 dias houve um acréscimo na CRA e no pH, apesar de esse aumento não ter sido significativo para este último.

Zapata *et al.* (2006) e Machado (2009) observaram que a CRA não sofreu influência da estocagem sob congelamento para carne bovina. Farouk *et al.* (2003) observou um decréscimo gradual na CRA a partir de 9 meses de estocagem sob congelamento na carne bovina. Hernández (2005), ao estudar o efeito do congelamento na carne de frango, encontrou menores CRA para as carnes frescas.

Tabela 11 – Valores médios da capacidade de retenção de água (%) da carne caprina armazenada a -18 °C.

Amostra	Tempo (dias)			
	0	30	60	120
1	57,22	48,01	59,51	57,23
2	50,25	51,64	58,01	52,43
3	53,38	47,89	55,69	56,66
4	54,95	53,69	61,83	54,59
5	54,34	57,80	59,77	53,89
6	53,57	55,11	67,57	52,84
7	55,91	54,92	67,13	54,79
Média	54,23 ^B	52,72 ^B	61,35 ^A	54,63 ^B
CV(%)	7,08			

^{A,B} letras maiúsculas distintas nas colunas, indicam valores que diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

5.1.8 Perda de peso por cozimento (PPC)

Na Tabela 12 estão apresentados os resultados da PPC da carne caprina para os quatro tempos de estocagem (0; 30; 60 e 120 dias), onde foram comparados entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Com os resultados obtidos para a PPC constatou-se que não houve diferença significativa entre os tempos 60 e 120, entre os tempos 30 e 60 dias e entre os tempos 0 e 30 dias.

O comportamento da perda de peso por cozimento e dos tempos de armazenamento foram diretamente proporcionais, conforme Tabela 12. Os valores variaram entre 1,19 e 2,22 sendo estes não característicos de uma elevada perda de água, podendo ser este fato explicado pela elevada capacidade de retenção de água na amostra. Isso condiz com os achados de Bhattacharya *et al.* (1988) e Zapata *et al.* (2006) para a carne bovina armazenada sob congelamento. Machado (2009) observou que maiores perdas foram encontradas para amostras de carne bovina congeladas em porções do que para a carne moída.

Tabela 12 – Valores médios da perda de peso por cozimento ($\text{g}\cdot 100^{-1}$) da carne caprina armazenada a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Amostra	Tempo (dias)			
	0	30	60	120
1	1,22	1,15	1,47	2,77
2	0,81	1,15	1,79	2,64
3	1,16	0,89	1,57	1,86
4	1,14	1,24	1,66	1,97
5	1,56	1,18	1,80	1,62
6	1,04	2,05	2,02	2,54
7	1,41	1,41	1,66	2,14
Média	1,19 ^C	1,29 ^{B,C}	1,71 ^{A,B}	2,22 ^A
CV(%)	21,91			

^{A,B} letras maiúsculas distintas nas colunas, indicam valores que diferem estatisticamente entre si ($p<0,05$) pelo teste de Tukey.

5.1.9 Determinação da força de cisalhamento ou textura objetiva

Os resultados para a determinação da força de cisalhamento da carne caprina para os quatro tempos de estocagem (0; 30; 60 e 120 dias) foram comparadas entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, conforme Tabela 13.

As médias da força de ruptura da carne variaram de 2,28 N a 5,02 N. Constatou-se que não houve diferença significativa entre os tempos 0 e 30, entre os tempos 30 e 60 dias e entre os tempos 60 e 120 dias.

Quanto maior a força de cisalhamento, maior é a firmeza e menor a maciez. No tempo 0 a força de cisalhamento foi maior, diminuindo ao longo do período de armazenamento, portanto, à medida que aumentou o tempo de estocagem a carne se tornou mais macia devido a amostra possuir uma elevada capacidade de retenção de água. Considerando que, a carne com a força de cisalhamento acima de 11 N é classificada dura, entre 8 e 11 N aceitável e abaixo de 8 N como macia (SOUZA *et al.*, 2004), pode-se considerar que as carne caprinas em estudo são macias.

Comparando carnes bovinas frescas com carnes congeladas, Fernández *et al.* (2007) não encontraram diferenças significativas para maciez. Entretanto Shanks *et al.* (2002), Farouk *et al.* (2003) e Solomon *et al.* (2008), encontraram menores forças de cisalhamento para carne bovina congelada. Estudos realizados por Lagerstedt *et al.* (2008) e Farag *et al.* (2009) registraram maior maciez para carne bovina resfriada em relação à carne congelada.

Tabela 13 – Determinação da força de cisalhamento (N) da carne caprina armazenada a -18 °C.

Amostra	Tempo (dias)			
	0	30	60	120
1	4,04	5,33	2,67	2,29
2	1,70	4,18	2,15	1,97
3	6,27	1,85	2,91	2,25
4	6,45	3,86	2,17	1,86
5	5,15	3,29	2,79	2,49
6	5,00	7,81	2,67	2,71
7	6,58	4,42	2,61	2,42
Média	5,02 ^A	4,39 ^{A,B}	2,56 ^{B,C}	2,28 ^C
CV(%)	36,03			

^{A,B} letras maiúsculas distintas nas colunas, indicam valores que diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

5.2 DETERMINAÇÕES BIOQUÍMICAS

5.2.1 Determinação do índice de peróxido (IP)

Os resultados para o IP da carne caprina para os quatro tempos de estocagem (0; 30; 60 e 120 dias) estão apresentados na Tabela 14, onde foram comparados entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Os índices de peróxidos não apresentaram diferenças significativas para os diferentes tempos de congelamento variando entre 0,38 a 0,53 mEq.1000g⁻¹ e os resultados observados neste estudo encontraram-se em conformidade com Brasil (2000).

De acordo com a legislação supracitada, o valor permitido para o índice de peróxido é estimado em 1 mEq.1000g⁻¹ para as carnes mecanicamente separada de aves, bovinos e suínos.

Tabela 14 – Determinação do índice de peróxido (mEq.1000g⁻¹) da carne caprina armazenada a -18 °C.

Amostra	Tempo (dias)			
	0	30	60	120
1	0,24	0,44	0,15	0,65
2	0,65	0,75	0,26	0,52
3	0,25	0,45	0,45	0,33
4	0,54	0,23	0,65	0,75
5	0,25	0,62	0,24	0,44
6	0,95	0,35	0,53	0,85
7	0,35	0,14	0,38	0,22
Média	0,46 ^A	0,42 ^A	0,38 ^A	0,53 ^A
CV(%)	49,79			

^{A,B} letras maiúsculas distintas nas colunas, indicam valores que diferem estatisticamente entre si (p<0,05) pelo teste de Tukey.

5.2.2 Determinação de substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico – TBARs

Os resultados obtidos para o TBARs estão apresentados na Tabela 15, onde não houve uma influência significativa quanto ao armazenamento sob congelamento relacionado à carne caprina. Os resultados foram comparados entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Valores de TBARs superiores a 1 mg.MAD.kg⁻¹ são perceptíveis, resultando em *off-flavours* (DJENANE *et al.*, 2002). Nenhuma amostra apresentou valores superiores a 1 mg.MAD.kg⁻¹ encontrando-se dentro dos limites admitidos. O percentual de recuperação do MAD obtido neste experimento foi de 82,71% sendo o valor de k 4,6, conforme descrito no item materiais e métodos.

Relacionando o teor de lipídios (1,54%; 3,40%; 1,74% e 2,48%) das amostras com os valores de TBARs correspondentes, pode-se observar uma relativa coerência entre os resultados. Foi encontrado um baixo teor de lipídios e, conseqüentemente, baixos valores de TBARs. Por esses resultados, admite-se não ocorrer uma alta susceptibilidade a oxidação lipídica na carne caprina armazenada a -18 °C.

Testes como TBARs e índice de peróxido são utilizados no controle de qualidade de óleos, gorduras e produtos que os contenham, por fornecerem informações a respeito do estado oxidativo, na predição da rancidez do alimento analisado. A rancidez é uma das deteriorações mais importantes que ocorrem nesses produtos, definindo a vida útil, na medida que gera produtos indesejáveis sensorialmente e oxida vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais reduzindo o valor nutricional dos alimentos gordurosos (CECCHI, 1999).

Tabela 15 – Determinação do TBARs (mg.MAD.kg⁻¹) da carne caprina armazenada a -18°C.

Amostra	Tempo (dias)			
	0	30	60	120
1	0,08	0,16	0,44	0,04
2	0,06	0,08	0,12	0,11
3	0,03	0,13	0,17	0,28
4	0,29	0,29	0,11	0,26
5	0,04	0,09	0,29	0,03
6	0,03	0,12	0,12	0,83
7	0,02	0,13	0,29	0,03
Média	0,07 ^A	0,14 ^A	0,22 ^A	0,22 ^A
CV(%)	35,63			

^{A,B} letras maiúsculas distintas nas colunas, indicam valores que diferem estatisticamente entre si (p<0,05) pelo teste de Tukey.

Stika *et al.* (2007) observaram um aumento nos valores de TBARs da carne bovina com o aumento do tempo de estocagem sob congelamento a -29 °C. Segundo Pikul *et al.* (1989) sob congelamento a -18 °C durante 6 meses, o valor de TBARs de peito de frango fresco aumentou 4,1-4,9 vezes, passando de 0,33-0,58 a 1,58-2,38. Pereira *et al.* (2006) encontraram diferença

significativa para a carne de ema armazenada sob diferentes períodos de congelamento (0; 15; 30 e 60 dias) a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, onde houve um aumento no período de 0 a 60 dias.

6. CONCLUSÕES

- De acordo com os resultados obtidos para o índice de peróxido e de substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico, marcadores bioquímicos da lipoperoxidação, sugere-se ser possível o armazenamento da carne caprina por até 120 dias a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- Quanto ao perfil dos ácidos graxos, constata-se como ácidos graxos majoritários o palmítico, o esteárico e oléico. Destes, os teores do palmítico manteve-se constante, o esteárico e o oléico apresentaram redução nos seus teores. Os baixos teores de lipídios totais observados corroboram para os consumidores que buscam uma alimentação saudável.

- Na perda de peso durante o descongelamento houve diferença significativa ($p>0,05$) sob as condições de armazenamento estudadas, onde observa-se discreta perda de líquido na matéria-prima.

- Para os valores obtidos de pH não houve diferença significativa ($p>0,05$) assim como para os valores de capacidade de retenção de água entre os tempos de 0; 30 e 120 dias, porém em 60 dias houve um aumento significativo, caracterizando um produto usualmente macio e suculento.

- Na perda de peso por cozimento constata-se que não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre os tempos 60 e 120, entre os tempos 30 e 60 dias e entre os tempos 0 e 30 dias, com um aumento sob as condições de armazenamento estudadas, com pequena perda de água na matéria-prima. Para força de cisalhamento não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre os tempos 0 e 30, entre os tempos 30 e 60 dias e entre os tempos 60 e 120 dias, aumentando a maciez da carne ao longo do armazenamento.

- A carne caprina nas condições estudadas caracteriza-se como sendo um produto bastante perecível, considerando sua elevada atividade de água, associada ao alto teor de umidade.

7. PERSPECTIVAS

- Estudar e correlacionar outros marcadores bioquímicos da lipoperoxidação.
- Verificar a correlação das amostras provenientes de animais criados sob confinamento e de forma extensiva.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, C. A. **Nutricines: food components in health and nutrition**. Nottingham: Nottingham University Press, 1999. 128p.
- ALEXANDRE, G.; MANDONNET, N. Goat meat production in harsh environments. **Small Ruminant Research**, v. 60, n. 1-2, p. 53-66, 2005.
- AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY (AOCS). **Official methods and recommended practices**. 4. ed. Champaign, 1990. v. 3.
- ANADÓN, H. L. S. **Biological, nutritional and processing factors affecting breast meat quality of broilers**. 2002. 171f. Thesis (Doctor of Philosophy in Animal and Poultry Sciences) – Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University.
- ANCOC, Associação Norte-rio-grandense de Criadores de Ovinos e Caprinos. **O lugar certo para a criação de caprinos**. Disponível em: <http://www.ancoc.com.br>. Acesso em: 17 de jul. 2010.
- ANDRADE, I. V. **Semi-Árido e Caprinos**. Recife: MINTER/SUDENE, 1984. 18p.
- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, Washington, EUA. Official methods of analysis. 16 ed. Washington, DC., 1990. 1094p.
- ARDITO, E. F. G.; ALVES, R. M. V. Embalagens para alimentos congelados. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**. v. 24, n. 1, p. 11-28, 1994.
- ARRUDA, S. G. B. **Influência da idade de abate e da castração na composição química, físico-química e qualidade sensorial de lingüiça caprina tipo frescal**. João Pessoa, PB: Universidade Federal da Paraíba, 1999. 102p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba, 1999.
- AZIZ, M. A. Present status of the world goat populations and their productivity, **Lohmann Information**, v. 45, n. 2, p. 42-52, 2010.
- BAGCHI, D.; BAGCHI, M.; STOHS, S. J.; DAS, D. K.; RAY, S. D.; KUSZYNSKI, C. A.; JOSHI, S. S.; PRUESS, H. G. Free radicals and grape seed proanthocyanidin extract: importance in human health and disease prevention. **Toxicology**, v. 148, n. 2, p. 187-197. 2000.
- BANSKALIEVA, V.; SAHLU, T.; GOETSCH, A. L. Fatty acid composition of goat muscles and fat depots: a review. **Small Ruminant Research**, v. 37, n. 2, p. 255-268, 2000.
- BARTSCH, H.; NAIR, J. Oxidative stress and lipid peroxidation-derived DNA-lesions in inflammation driven carcinogenesis. **Cancer Detection and Prevention Journal**, v. 28, n. 8, p. 385-91, 2004.
- BEN, A. M. Effect of freezing and microbial growth on myoglobin derivatives of beef. **Food Chemistry**, v. 147, n. 10, p. 4093, 1999.
- BEAL, M. F. Mitochondria, oxidative damage, and inflammation in Parkinson's disease. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 991, n. 1, p. 120-131, 2003.
- BESERRA, F. J.; NASSU, R. T.; MELO, L. R. R.; RODRIGUES, M. C. P.; SILVA, E. M. C. Manufacturing of a restructured ham-like product with goat meat. In: ITF ANNUAL MEETING, 1999. **Book of abstracts**. Chicago: IFT 1999. p. 89.

- BESERRA, F. J.; MONTE, A. L. S.; BEZERRA, L. C. N. M.; NASSU, R. T. Caracterização química da carne de cabrito da raça Moxotó e de cruzas Pardo Alpina x Moxotó. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 243-253, 2000.
- BESERRA, F. J.; MADRUGA, M. S.; MOURA, R. P.; SILVA, E. M. C. Características químicas e físico-químicas da carne de caprinos SRD com diferentes pesos de abate. **Revista Tecnologia Carnes**, v. 3, n. 2, p. 1-7, 2001.
- BESERRA, F. J.; MELO, L. R. R.; RODRIGUES, M. C. P.; SILVA, E. M. C.; NASSU, R. T. Desenvolvimento e caracterização físico-química e sensorial de embutido cozido tipo apresuntado de carne de caprino. **Ciência Rural**, v. 33, n. 6, p. 1141-1147, 2003.
- BHATTACHARYA, M.; HANNA, M. A.; MANDIGO, R. W. Effect of frozen storage conditions on yields, shear strength and color of ground beef patties. **Journal of Food Science**, v. 53, n. 3, p. 696-700, 1988.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.
- BOUTON, P. E.; HARRIS, P. V.; SHORTHOSE, W. R. Effect of ultimate pH upon the water-holding capacity and tenderness of mutton. **Journal of Food Science**, v. 36, p. 435-439, 1971.
- BRASEQ – **BRASILEIRA DE EQUIPAMENTOS LTDA**. Viscosidade e reologia: noção básica. São Paulo. 2005. Disponível em: <http://www.opendi.com.br/jarinu/507601.html>. Acesso em: 17 de dezembro 2011.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 20, de 21 de julho de 1999. Métodos Analíticos Físico-Químicos, para Controle de Produtos Cárneos e seus Ingredientes – Sal e Salmoura. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, publicado em 27 de jul. de 1999.
- BRASIL, Ministério da Agricultura. Secretaria da Defesa Agropecuária. Instrução Normativa Nº 4, de 31 de março de 2000. Regulamento Técnico Para Fixação de Identidade e Qualidade de Carne Mecanicamente Separada (Cms) de Aves, Bovinos e Suínos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 05 de abr. de 2000.
- BRASIL. **Ministério da Agricultura**. Instrução Normativa nº 83 de 21 de novembro de 2003. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Carne Bovina em Conserva (*corned beef*) e Carne Moída de Bovino.
- BRAY, A. R.; GRAAFHUIS, A. E.; CHRYSTALL, B. B. The cumulative effect of nutritional, shearing and pre slaughter washing stresses on the quality of lamb meat. **Meat Science**, v.25, p.59-67, 1989.
- BRESSAN, M. C. **Efeito dos fatores pré e pós-abate sobre a qualidade da carne de peito de frango**. Campinas: FEA [s.n.], 1998, 201p. (Tese-Doutorado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).
- CAMPAÑONE, L. A.; ROCHE, L. A.; SALVADOR, V. O.; MASCHERONI, R. H. Structural studies on unpackaged foods during their freezing and storage. **Journal Food Science**. V. 71, n. 5, p. E218-E226, 2006.
- CANNON, R. O. Mechanisms, management and future directions for reperfusion injury after acute myocardial infarction. **Nature Clinical Practice Cardiovascular Medicine**, Bethesda, v. 2, n. 2, p. 88-94, 2005.

- CASEY, N. H. Goat meat in human nutrition. **Proceedings V International Conference on Goats**. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi, 1992. v. 2, n. 2, p. 581-598.
- CASEY, N. H.; WEBB, C. Managing goat production for meat quality. **Small Ruminant Research**, v. 89, p. 218-224, 2010.
- CECCHI, H. M. **Fundamentos Teóricos e Práticos em Análise de Alimentos**, Campinas: Editora da Unicamp. Coleção Livro Texto, 1999. 119p.
- CHEFTEL, J. C.; CHEFTEL, H.; BESANÇON, P. **Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos**. v. 2, 1983. 404p.
- CHEFTEL, J. C., CUQ, J. L., LORIENT, D. **Proteínas alimentarias**. Zaragoza: Acribia, 1986. 346p.
- CHRISTIE, W. W. **Lipid analysis**. Oxford: Pergamon Press, Chromatographic and spectroscopic analysis of lipids: general principles, cap. 3, p. 25-49, 1982.
- COLOMER-ROCHER, F. F.; KIRTON, A. H.; MERCECER, G. J.; DUGANZICH, D. M. Carcass composition of New Zealand Saanen goats slaughtered at different weights. **Small Ruminant Research**, v. 7, n. 2, p. 161-173, 1992.
- COMBS, G. F. Jr. Vitamin E. **The vitamins: fundamental aspects in nutrition in health**. 2th ed. San Diego: Academic Press, 1998. cap. 7, p.189-222.
- COSTA, E. C.; RESTLE, J.; BRONDANI, I. L. et al. Composição física da carcaça, qualidade da carne e conteúdo de colesterol do músculo *Longissimus dorsi* de novillhos Red Angus superprecoce, terminados em confinamento e abatidos com diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 417-428, 2002 (supl.).
- COSTA, R. G.; CARTAXO, F. Q.; SANTOS, N. M dos.; QUEIROGA, R. de C. R. do E. Carne caprina e ovina: composição lipídica e características sensoriais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v. 9, n. 3, p. 497-506, 2008.
- COUTINHO, J. P. **Produção e caracterização da carne de sol da carne de caprinos da Raça Anglo Nubiana elaborada com diferentes teores de cloreto de sódio**. 2011. 63p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga.
- DANTAS, A. Posição dos abatedouros dentro de um Programa Nacional de Ovinocaprinocultura. In: MIZUTA, K.; SILVEIRA, M. A.; COUTO F. A. A. *et al.* Apoio à cadeia produtiva da ovinocaprinocultura brasileira: Brasília, DF: MCT/CNPq/MAPA. **Relatório Final**. 2001. 69p.
- DE SMET, S.; RAES, K.; DEMEYER, D. Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. **Animal Research**, v. 53, p. 81—98, 2004.
- DJENANE, D.; SANCHEZ-ESCALANTE, A.; BELTRAN, J. A. RONCALES, P. Ability of α -tocopherol, taurine and rosemary, in combination with vitamin C, to increase the oxidative stability of beef steaks packaged in modified atmospheres. **Food Chemistry**, v. 76, n. 4, p. 407-415, 2002.
- DEVINE, C. E.; GRAAFHUIS, A. E.; MUIR, P. D. *et al.* The effect of growth rate and ultimate pH on meat quality in lambs. **Meat Science**, v.35, p.63-77,1993.
- DEVINE, C. E; CHRYSTALL, B. B; DAVEY, C. L. Effects of nutrition in lambs and subsequent postmortem biochemical changes in muscle, **New Zealand of Agricultural Research**, v. 26, p. 53-57, 1983.

- DHANDA, J. S.; TAYLOR, D. G.; MURRAY, P. J. Carcass Composition and fatty acid profiles of adipose tissue of male goats: effects of genotype and liveweight at slaughter. **Small Ruminant Research**, v. 50, p. 67-74, 2003b.
- ENSER, M.; HALLET, K. G.; HEWETT, B.; FURSEY, G. A.J.; WOOD, J. D.; HARRINGTON, G. Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. **Meat Science**, v. 49, n. 3, p. 329-341, 1998.
- ERASMUS, J. A. Adaptation to various environments and resistance to disease of the improved Boer goat. **Small Ruminant Research**, v. 36, n. 2, p. 179-187, 2000.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Statistical Databases**. Live Animals. 2009a. Disponível em: <http://faostat.fao.org/sit/573/DesktopDefault.aspx?PageID=573>>. Acesso em: 14 dez. 2011.
- FARAG, K. W.; LYNG, J. G.; ORGAN, D. J.; CRONIN, D. A. Effect of low temperatures are not necessary to maintain the functional properties of manufacturing beef. **Meat Science**, v. 66, n. 1, p. 171-179, 2003.
- FARMER, E. H; BLOOMFIELD, G. F; SUNDARALINGAM, A.; SUTTON, D. A. The course and mechanism of autoxidation reactions in olefinic and polyolifinic substances, including rubber. **Transactions of the Faraday Society**, v. 38, p. 348-356, 1942.
- FAROUK, M. M.; WIELICZKO, K. J.; MERTS, I. Ultra-fast freezing and low storage temperatures are not necessary to maintain the functional properties of manufacturing beef. **Meat Science**, v. 66, n. 1, p. 171-179, 2003.
- FEIJÓ, G. L. D. **Qualidade da carne bovina**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 1999. 25p. In: Curso conhecendo a carne que você consome 1, Embrapa Gado de Corte.
- FEINCO, Feira Internacional de Caprinos e Ovinos. **Anuário Brasileiro de Caprinos e Ovinos**. Uberaba: Ed. Agropecuária Tropical, 2008. p. 5-81.
- FENNEMA, O.; WINGER, R. J. Tenderness and water holding properties of beef muscle as influenced by freezing and subsequent storage at -3 or 15 °C. **Journal of Food Science**, v. 41, p. 1433-1438, 1976.
- FERNÁNDEZ, P. P.; SANZ, P. D.; MOLINA-GARCÍA, A. D.; OTERO, L.; GUIGNON, B. Conventional freezing plus high pressure-low temperature treatment: physical properties, microbial quality and storage stability of beef meat. **Meat Science**, v. 77, n. 4, p. 616-625, 2007.
- FORREST, J. C.; ARBELE, E. D.; HENDRICK, H. B.; JUDGE, M. D.; MERKEL, R. A. **Fundamentos de ciencia de la carne**. Zaragoza: Acribia, 1979. 363p.
- FORSYTHE, S. J. **Microbiologia da segurança alimentar**. Porto Alegre: Artmed, 2002, p. 109-121.
- FRANCO, G. **Tabela de Composição Química dos Alimentos**. 9 ed., São Paulo: Editora Atheneu, 2003, 307p.
- GIL, J. A. S. I. **Manual de Inspeção Sanitária de Carnes**. 2. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2000. 485p.
- GONZALEZ-SANGUINETTI, S.; AÑON, M. C.; CALVELO, A. Effect of thawing rate on the exudate production of frozen beef. **Journal of Food Science**, v. 50, p. 697-700, 1985.

- GONZALEZ, F. A. N., OWEN, J. E. & CERECERES, M. T. A. Studies on the Criollo Goat of Northern Mexico: Part 2 – Physical and Chemical Characteristics of the Musculature. **Meat Science**, v. 9, p. 305-314, 1983.
- GRAY, J. I., GOMAA, E. A.; BUCKLEY, D. J. Oxidative quality and shelf life of meats. **Meat Science**, v. 43, n. 1, p. S111-S123, 1996.
- HAGLUND, O.; WALLIN, R.; WRETLING, S; HULTBERG, B. and SALDEEN, T. Effects of fish oil alone and combined with long chain (n-6) fatty acids on some coronary risk factors in male subjects. **Journal of Nutrition Biochemistry**, v. 9, n. 11, p. 629-635, 1998.
- HARMAN, D. Free radical involvement in aging. Pathophysiology and therapeutic implications. **Drugs aging**, Bronx, v. 3, n. 1, p. 60-80, 1993.
- HENDRICK, H. B.; ARBELE, E. D.; FORREST, J. C.; JUDGE, M. D.; MERKEL, R. A. **Principles of Meat Science**. 3ª ed., Kendall /Hunt Publishing Company: Iowa, 1989. 354 p.
- HERNÁNDEZ, A. J. R. **Efecto Del método de congelamiento sobre lãs características fisicoquímicas y organolépticas de La carne de pechuga de pollo**. 2005. 54f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Indústria Pecuária) – Universidade de Porto Rico.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Mundial**, Rio de Janeiro, v. 37, p. 1-55, 2009. Disponível em: www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2009/ppm2009.pdf. Acesso em: 19 de outubro de 2011.
- INSAUSTI, K.; BERIAIN, M. J.; ALZUETA, M. J.; CARR, T. R.; PURROY, A. Lipid composition of the intramuscular fat of beef from Spanish cattle breeds stored under modified atmosphere. **Meat Science**, v. 66, n. 3, p. 639-646, 2004.
- ISO, **INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION**. Animal and vegetable fats and oils preparation of methyl esters of fatty acids. Geneve: ISO. Method ISO 5509, p. 1-6, 1978.
- JUDGE, M.; ABERLE, E.; FORREST, J. **Principles of meat science**. Iowa: Kendal Hunt Publication, 1989. 507p.
- KAREL, M. **Physical principles of food preservation**. Madison: CRC Press, 1975, cap. 10, p. 309-358: Dehydration of foods.
- KHANAL, R. C.; DHIMAN, T. R.; URE, A. L.; BRENNAND, C. P.; BOMAN, R. L.; DONALD, J. M. Consumer acceptability of conjugated linoleic acid-enriched milk and cheddar from cows grazing on pasture. **Journal Dairy Science**, v. 88, p. 1837-1847, 2005.
- LAGERSTEDT, A.; ENFALT, L.; JOHANSSON, L.; LUNDSTROM, K. Effect of freezing on sensory quality, shear force and water loss in beef M. *longissimus dorsi*. **Meat Science**, v. 80, n. 2, p. 457-461, 2008.
- LAWRIE, R. A. **Ciência da Carne**. Trad. JANE MARIA RUBENSAM. 6. ed. - Porto Alegre: Artmed, 2005. 384 p.
- LEE, K. T.; CHOY, W. S.; YOON C. S. Effects of micro-perforated film on the quality and shelf life improvements of pork loins during chilled storage. **Meat Science**, v. 66, n. 1, p. 77-82, 2004.
- MACHADO, M. M. **Efeito do congelamento e estocagem sobre a qualidade da carne bovina**. 2009. 51p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) Escola de Veterinária - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

- MADRUGA, M. S. Artigo Técnico – Carne Caprina: verdades e mitos a luz da ciência. **Revista Nacional da Carne**. v. 264, n. 23, p. 34-40, 1999.
- MADRUGA, M. S.; ARRUDA, S. G. B.; ARAÚJO, E. M. ANDRADE, L. T.; NASCIMENTO J. C.; COSTA, R. G. Efeito da idade de abate no valor nutritivo e sensorial da carne caprina de animais mestiços. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 3, 1999.
- MADRUGA, M. S. **Fatores que Afetam a Qualidade da Carne Caprina e Ovina**. In: 2º SINCORTE–SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CAPRINOS E OVINOS DE CORTE, 2, 2003, João Pessoa. **Anais de Palestra...** João Pessoa: EMEPA, p. 417-432, 29 de setembro a 03 de outubro de 2003.
- MADRUGA, M. S.; SOUZA, J. G.; ARRUDA, S. G. B.; NARAIN, N. Carne caprina de animais mestiços: estudos do perfil aromático. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 3, p. 323-329, 2003.
- MADRUGA, M. S. **Processamento e características físicas e organolépticas das carnes caprina e ovina**. In: IV SEMANA DA CAPRINOCULTURA E OVINOCULTURA BRASILEIRA. p. 1-18. Sobral-Ceará, 2004.
- MADRUGA, M. S.; SOUSA, W. H.; ROSALES, M. D.; CUNHA, M. G. G.; RAMOS, J. L. F. Qualidade da carne de cordeiros Santa Inês terminados com diferentes dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 1, p. 309-315, 2005.
- MAHGOUB, O; KHAN, A. J.; AL-MAQBALY, R. S; AL-SABAHI, J. N.; ANNAMALAI, K.; AI-SAKRY, N. M. Fatty acid composition of muscle and fat tissues of Omani Jebel Akhdar goats of different sexes and weights. **Meat Science**, v. 61, p. 381-387, 2002.
- MALAN, S. W. The improved Boer goat. **Small Ruminant Research**, v. 36, p. 165-170, 2000.
- MENDES, A. A.; MOREIRA, J.; GARCIA, R. G. Qualidade da Carne de Peito de Frango de Corte. **Revista Nacional da Carne**, n. 317, p. 138-144, 2003.
- MONTE, A. L. S.; SELAIVE-VILLARROEL, A. B.; GARRUTI, D. S.; ZAPATA, J. F. F.; BORGES, A. S. Parâmetros físicos e sensoriais de qualidade da carne de cabritos mestiços de diferentes grupos genéticos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 2, p. 233-238, 2007.
- MONTEIRO, A. F. F.; BRAGA, M. E. D.; MATA, M. E. R. M. C. Congelamento de carne suína a temperaturas criogênicas: alterações de algumas características físico-químicas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 4, n. 1, p. 51-62, 2002.
- MONTEIRO, E. M. **Lipídeos e parâmetros sensoriais da carne**. Bagé: Embrapa Pecuário Sul, 20p. 2000.
- MOREIRA, J. N.; CORREIA, R. C.; ARAÚJO, J. R. de; SILVA, R. R. da & OLIVEIRA, C. A. V. de, **Estudo do Circuito de Comercialização de Carnes de Caprinos e Ovinos no Eixo Petrolina-PE e Juazeiro-BA**, Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1997. 22p.
- MORRISSEY, P. A.; SHEEHY, P. J. A.; GALVIN, K.; KERRY, J.; BUCKEY, D. J. Lipid stability in meat and meat products. **Meat Science**, v. 49, n. 1, p. 73-86, 1998.
- MULVIHILL, B. Ruminant meat as a source of conjugated linoleic acid (CLA). **Nutrition Bulletin**, v. 26, n. 4, p. 295-299, 2001.

- NAKAMURA, M.; KATOK, K. Influence of thawing on several properties of rabbit meat. **Bulletin of Ishika Prefecture College of Agriculture**, v. 11, n. 1, p. 45-49, 1985.
- NARENDHIRAKANNAN, R. T.; SUBRAMANIAN, S.; KANDASWAMY, M. Free radical scavenging activity of *Cleome gynandra* L. leaves on adjuvant induced arthritis in rats. **Molecular and Cellular Biochemistry**, v. 276, n. 1-2, p. 71- 80. 2005.
- NETO, J. S. **Demanda Potencial de Carne de Caprino e Ovino e Perspectivas de Oferta - 1985/1990**. Sobral: Embrapa, 1987. 16 p.
- NGAPO, T. M.; BARBARE, I. H.; REYNOLDS, J.; MAWSON, R. F. Freezing and thawing rate effects on drip loss from samples of pork. **Meat Science**, v. 53, p. 149-158, 1999.
- OLIVEIRA, A. A. P. & LIMA, V. P. M. Aspectos econômicos da caprino-ovinocultura tropical brasileira. In: I SEMANA DA CAPRINOCULTURA E DA OVINOCULTURA TROPICAL BRASILEIRA, Sobral, 1994. **Anais**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p. 7-45.
- OLIVEIRA, I.; SILVA, T. J. P.; FREITAS, M. Q.; TORTELLY, R.; PAULINO, F. O. Caracterização do processo de *rigor mortis* em músculos de cordeiros e carneiros da raça Santa Inês e maciez da carne. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 32, n. 1, p. 25-31, 2004.
- OLÍVIO, R.; SHIMOKOMAKI, M. **Carnes: No caminho da pesquisa**. Cocal do Sul: Imprint, 2001. 155p.
- OSAWA, C. C.; FELÍCIO, P. E.; GONÇALVES, L. G. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 655-663, 2005.
- PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne**. Goiânia: CEGRAF-UFG / Niterói: EDUFF. v. 1, 1993. 586p.
- PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne**. 2ª ed. Goiânia: UFG, 2001. 623p.
- PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne**. 2ª ed. Goiânia: CEGRAF-UFG/Niterói: EDUFF, 2006. 624p.
- PEREIRA, A. V.; ROMANELLI, P. F.; SCRIBONI, A. B.; BARBOZA, S. R. Estudo de estabilidade sob armazenamento da carne de ema (*Rhea americana*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 283-289, 2006.
- PIETRASIK, Z. & JANZ J. A. M. Influence of freezing and thawing on the hydration characteristics quality, and consumer acceptance of whole muscle beef injected with solutions of salt and phosphate. **Meat Science**, v. 81, n. 3, p. 523-532, 2008.
- PIKUL, J.; LESZCZYNSKI, D. E.; KUMMEROW, F. A. Evaluation of three modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 37, n. 5, p. 1309-1313, 1989.
- PINKERTON, F. & McMILLIN, K. Characteristics of goat meat. **Meat Goat News**, v. 4, n. 6, p. 5-6, 1997.
- PIRES, I. S. C.; ROSADO, G. P.; AZEVEDO, R. M. C.; NEVES, M. B & MIRANDA L. S. Composição centesimal, perdas de peso e maciez de lombo (*longissimus dorsi*) suíno submetido a diferentes tratamentos de congelamento e descongelamento. **Revista Nutrição**, v. 15, n. 2, 2002.

RISPOA – **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal**. Brasília, DF: MA, 1997.

ROBERTSON, G. L. **Food packaging: principles and practice**. New York: Marcel Decker, Inc., 1992. 676p.

ROÇA, R. O. **Congelamento**. Laboratório de Tecnologia dos Produtos de Origem Animal. UNESP – Campus de Botucatu. 2000.

SAINZ, R. D. Qualidade das carcaças e da carne ovina e caprina. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32., 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996. p. 3-14.

SANTOS, C. L. **Estudo do desenvolvimento, das características da carcaça e do crescimento alométrico de cordeiros das raças Santa Inês e Bergamácia**. 1999. 143p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SAÑUDO, C. **La calidad organoléptica de la carne con especial referencia a la especie ovina. Factores que la determinan, métodos de medida y causas de variación**. 1992. 117f. Facultad de Veterinaria - Departamento Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, Zaragoza.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; CANAVESI, E. **Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis**. Campinas: CETEA/ITAL, 213p., 2001.

SEABRA, L. M. J.; GONÇALVES, L. A. G.; ZAPATA, J. F. F. O papel das enzimas musculares no processo de maturação de carnes. **Revista Higiene Alimentar**, v. 15, n. 83, p. 15-20, 2001.

SHANKS, B. C.; WULF, D. M.; MADDOCK, R. J. Technical note: the effect of freezing on warner-bratzler shear force values of beef longissimus steaks across several postmortem aging periods. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 8, p. 2122-2125, 2002.

SILVA, F. L. R. **Efeito do sistema de criação e época de abate sobre algumas características de caprinos SRD**. 1984. 54f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1984.

SILVA, R. L. **Diagnóstico da Cadeia Produtiva da Caprinocultura de corte no Estado da Bahia**. Monografia (Especialista Administração em Agribusiness) – Faculdade São Francisco de Barreiras, Barreiras, 2001.

SILVA, R. R. **O agronegócio brasileiro da carne caprina e ovina**. Salvador: R. R. da Silva, 2002.

SINNHUBER, R. O., YU, T. C. 2-Thiobarbituric acid method for measurement of rancidity in fishery products II. The quantitative determination of malonaldehyde. **Food Technology**, v. 12, p. 9-12, 1958.

SMEDES, F.; THOMASEN, T. K. Evaluation of the Bligh and Dyer lipid determination method. **Marine Pollution Bulletin**, v. 32, n. 8/9, p. 681-688, 1996.

SOBRINHO, A. G. S.; NETO, S. G. **Produção de carne caprina e cortes de carcaça**. Jaboticabal: FCAV, 2001, 17p.

SOLOMON, M. B.; LIU, M. N.; PATEL, J.; PAROCSAY, E. W.; EASTRIDGE, J. S.; COLEMAN, S. Tenderness improvement in fresh or frozen/thawed beef steaks treated with hydrodynamic pressure processing. **Journal of Food Muscle**, v. 19, n. 1, p. 98-109, 2008.

SOUSA, W. H. O Agronegócio da Caprinocultura de Corte no Brasil. In: XIV Congresso Nacional de Zootecnia ZOOTECH 2004, Brasília. **Anais do XIV Congresso Nacional de Zootecnia**, 2004.

SOUZA, X. R.; BRESSAN, M. C.; PEREZ, J. R. O.; FARIA, P. B.; VIEIRA, J. O. Efeitos do grupo genético, sexo e peso ao abate sobre as propriedades físico-químicas da carne de cordeiros em crescimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 4, p. 543-549, 2004.

SOUZA, H. B. A. Parâmetros físicos e sensoriais utilizados para avaliação de qualidade da carne de frango. In: V SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AVES E SUÍNOS – AveSui. Florianópolis-SC, 2006.

SPITELLER G. The relation of lipid peroxidation processes with atherogenesis: a new theory on atherogenesis. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 49, n. 11, p. 999-1013, 2005.

STIKA, J. F.; XIONG, Y. L.; SUMAN, S. P. et al. Frozen storage stability of antioxidant-treated raw restructured beef steaks made from mature cows. **Meat Science**, p. 1-8, 2007.

TARLADGIS, B. G.; WATTS, B. M.; YOUNATHAN, M. T. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. **The Journal of the American Oil Chemist's Society**, v. 37, n. 1, p. 44-48, 1960.

THOMAS, S.; BALASUBRAMANIAN, K. A. Role of intestine in postsurgical complications: involvement of free radicals. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 15, p. 745-756. 2004.

VALKO, M.; RHODES, C. J.; MONCOL, J.; IZAKOVIC M.; MAZUR, M. Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. **Chemico-Biological Interactions**, v. 160, n. 1, p. 1-40, 2006.

VAN LAACK, R. L. J. M. Spoilage and preservation of muscle foods. In: KINSMAN, D. M.; KOTULA, A. W.; BREIDENSTEIN, B. C. **Muscle foods**, 1994. cap. 14, p. 378-405.

YANG, A.; KEETON, J. T.; BEILKEN, S. L.; TROUT, R. G. Evaluation of some binders and fat substitutes in low-fat frankfurters. **Journal of Food Science**, v. 66, n. 7, p.1039-1046, 2001.

ZANELLA, Matheus A. Mercado Mundial de Carne Ovina e Caprina. **Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA**. Brasília, 2007. Disponível em: <http://www.canaldoprodutor.com.br>. Acesso em: 12 nov. 2010.

ZAPATA, J. F. F. Tecnologia e comercialização da carne ovina. In: SEMANA DA CAPRINOCULTURA E DA OVINOCULTURA TROPICAL BRASILEIRA, 1994, Sobral. **Anais...** Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p. 115-128.

ZAPATA, J. F. F.; SEABRA, L. M. J.; NOGUEIRA, C. M.; BEZERRA, L. C.; BESERRA, F. J. Características de carcaça de pequenos ruminantes do Nordeste do Brasil. **Ciência Animal**, v. 11, n. 2, p. 79-86, 2001.

ZAPATA, J. F. F.; NOGUEIRA, C. M.; SEABRA, L. M. J.; BEZERRA, L. C. N. M.; BESERRA, F. J. Características da carne de pequenos ruminantes do Nordeste do Brasil. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 37, n. 2, p. 146-153, 2003.

ZAPATA, J. F. F.; ANDRADE, A. A.; ASSUNÇÃO, G. M.; BARRETO, C. S. C.; ABREU, V. K. G. Avaliação preliminar do armazenamento em congelamento sobre a qualidade da carne de peito de frango de dois tipos genéticos. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 9, n. 3, p. 185-191, 2006.

ZHU, X.; SMITH, M. A.; PERRY, G.; ALIEV, G. Mitochondrial failures in Alzheimer's disease. **American Journal of Alzheimer's Disease and Other Dementias**, v. 19, n. 6, p. 345-352, 2004.

WARRISS, P. D. **Meat Science**: an introductory text (Chapters 1 and 10). Wallingford: CABI Publishing, 2000. 310p.

WEBB, E. C.; CASEY, N. H. and SIMELA, L. Goat meat quality. **Small Ruminant Research**. v. 60, p.153-166, September, 2005.

WOOD, J. D. & ENSER, M. Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. **British Journal of Nutrition**, v. 78, p. S49-S60, 1997.

WOOD, J. D.; RICHARDSON, R. I.; NUTE, G. R.; FISHER, A.V.; CAMPO, M. M.; KASAPIDOU, E.; SHEARD, P. R.; ENSER, M. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, v. 66, n. 1, p. 21-32, 2003.