UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Faculdade de Engenharia de Alimentos

GUSTAVO DE FARIA VILELLA

EFEITOS DOS PROCESSOS DE MATURAÇÃO ÚMIDO E SECO E SUAS COMBINAÇÕES NOS ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E SENSORIAIS EM FILÉ DE COSTELA BOVINO

CAMPINAS – SP

2016

GUSTAVO DE FARIA VILELLA

EFEITOS DOS PROCESSOS DE MATURAÇÃO ÚMIDO E SECO E SUAS COMBINAÇÕES NOS ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E SENSORIAIS EM FILÉ DE COSTELA BOVINO

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia de alimentos.

Orientador: Sérgio Bertelli Pflanzer Jr.

Este exemplar corresponde à versão final da tese defendida pelo aluno Gustavo de Faria Vilella e orientada pelo Prof.(a) Dr(a) Sérgio Bertelli Pflanzer Jr.

CAMPINAS – SP

2016

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): CNPq, 1131253/20140

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Engenharia de Alimentos
Márcia Regina Garbelini Sevillano - CRB 8/3647

V711e

Vilella, Gustavo de Faria, 1987-
Efeito dos processos de maturação úmido e seco e suas combinações nos atributos físicos, químicos e sensoriais em filé de costela bovino / Gustavo de Faria Vilella. – Campinas, SP : [s.n.], 2016.

Orientador: Sergio Bertelli Pflanzer Junior.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Carne. 2. Maturação. 3. Aminoácidos. 4. Maciez. I. Pflanzer Junior, Sergio Bertelli,1983-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Effects of wet and dry aging processes an their combinations on physical, chemical and sensorial attributes of beef rib cuts
Palavras-chave em inglês:
Meat
Maturation
Amino Acids
Tenderness
Área de concentração: Tecnologia de Alimentos
Titulação: Mestre em Tecnologia de Alimentos
Banca examinadora:
Sergio Bertelli Pflanzer Junior [Orientador]
Ana Lúcia da Silva Correa Lemos
Jorge Herman Behrens
Data de defesa: 17-08-2016
Programa de Pós-Graduação: Tecnologia de Alimentos

Folha de aprovação

Prof. Dr. Sérgio Bertelli Pflanzer Júnior
FEA/DTA - UNICAMP
Orientador

Profa. Dra. Ana Lúcia da Silva Correa Lemos
Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL)
Titular

Prof. Dr. Jorge Herman Behrens
FEA/DEPAN - UNICAMP
Titular

Profa. Dra. Angélica Simone Cravo Pereira
FMVZ - USP
Suplente

Prof. Dr. Pedro Eduardo de Felício
FEA/DTA - UNICAMP
Suplente

A ata da Defesa, assinada pelos membros da Comissão Examinadora, consta no processo de vida acadêmica do aluno

Dedicatória

Aos meus pais,

Eliete Vaz de Faria, sem a qual nada do que fiz e sou teria sido possível,

e Ronaldo de Castro Vilella, tenho fé de que ele tem orgulho de meu trabalho.

Agradecimentos

A Deus, que me deu forças para continuar em frente, apesar das dificuldades.

À minha mãe, Eliete Vaz de Faria, que me apoiou durante toda vida, inclusive durante esses anos difíceis.

Ao Professor Doutor Sérgio Bertelli Pflanzer Júnior, pela orientação, paciência, apoio e contribuições para o desenvolvimento desse trabalho.

Aos Professores Doutores Pedro Eduardo de Felício e Jorge Herman Behrens os quais contribuíram tecnicamente para a elaboração e realização dessa pesquisa.

Aos demais membros da banca examinadora, Professoras Doutoras Ana Lucia da Silva Correa Lemos e Angélica Simone Cravo Pereira que contribuíram com conselhos e sugestões para o aprimoramento da dissertação além de terem feito parte de minha formação profissional.

Às pesquisadoras do CCQA – ITAL, Doutoras Maria Tereza Bertoldo Pacheco e Vera Sônia Nunes da Silva pela contribuição técnica fundamental para realização desse trabalho com paciência, qualidade e transparência.

Ao meu amigo Christian Timich Battaglia que prestou seu auxílio durante a maior parte dos experimentos além da amizade que foi muito importante durante toda a pós-graduação.

À minha equipe de avaliadores por serem pacientes e por fornecerem seu tempo e cooperação imprescindíveis para realização dessa pesquisa.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

Objetivou-se comparar os efeitos dos processos de maturação, a seco e úmida, e suas combinações nos atributos sensoriais, físicos e químicos de cortes de filé de costela bovino através dos tratamentos: não maturado (NM), 28 dias maturação úmida (MU), 28 dias de maturação a seco (MS), 14 dias de maturação úmida + 14 dias de maturação a seco (MUS) e 14 dias de maturação a seco + 14 dias de maturação úmida 28 dias (MSU). Foram usados 16 filés de costela com osso, provindos de 8 meias carcaças direitas e 8 das respectivas meias carcaças esquerdas, a partir de carcaças de animais pelo menos 75% de Angus ou Hereford. Ao quarto dia *post mortem* os filés de costela (direito e esquerdo) foram divididos em 4 partes, para os tratamentos de maturação. Um bife de cada filé de costela foi utilizado para avaliar a qualidade da carne não maturada. Os filés de costela foram desossados para serem embalados a vácuo. Foram realizadas análises sensoriais através de análise descritiva além da avaliação de maciez instrumental (WBSF), perda de peso por cocção, teor de aminoácidos livres por cromatografia líquida de alta eficiência, teor de umidade, cor instrumental e pH. Foi verificada maior perda ($P<0,01$) por gotejamento+evaporação em amostras MS, no entanto, não foram encontradas diferenças ($P>0,05$) entre amostras MSU e MUS, enquanto amostras MU apresentaram menor ($P<0,05$) perda do que amostras MUS. A perda por aparas não foi medida nas amostras MU e não foi verificada diferença ($P>0,05$) entre as amostras MS, MUS e MSU. A perda total (gotejamento+evaporação+aparas) foi maior ($P<0,01$) em amostras MS seguida pelas amostras MUS e MSU e ambas apresentaram maiores perdas do que as amostras MU. Foi encontrado um pH menor ($P<0,01$) em amostras não maturadas, em comparação com amostras maturadas. A perda de peso por cocção não diferiu entre os tratamentos ($P>0,05$). Os bifes apresentaram menor força de cisalhamento ($P<0,01$) após todos os tratamentos de maturação, quando comparados com bifes não maturados. Verificou-se um aumento ($P<0,05$) nos valores a* e b*, após a maturação. A umidade e o perfil de aminoácidos livres foram analisados em amostras não maturadas e dos tratamentos MU e MS. Amostras MU apresentaram menor ($P <0,01$) umidade do que não maturadas e MS. Os teores de quase todos os de aminoácidos livres aumentou ($P<0,05$) após a maturação. A maioria dos aminoácidos livres teve maiores índices ($P<0,05$) em amostras MU. Os aminoácidos livres totais foram maiores ($P<0,01$) em

amostras MU, seguido de amostras MS e não maturadas. A análise sensorial descritiva evidenciou diferença ($P<0,01$) somente para o aroma estranho, com maiores valores nas amostras UM, quando comparadas com amostras MS. Amostras MUS e MSU não diferiram ($P>0,05$) em relação aos atributos sensoriais considerados. Pode-se concluir que iniciar o processo de maturação com um tipo de tratamento (seco ou úmido) e terminar com outro não melhora os atributos químicos e sensoriais, apenas reduz as perdas de maturação quando se compara com o processo seco. Neste estudo, o perfil de aminoácidos livres aumentou durante a maturação, no entanto, não afetou as características sensoriais entre os tratamentos de maturação.

ABSTRACT

This study aimed to compare the effects of wet and dry aging processes combination on physical, chemical and sensory attributes of beef rib cuts (NAMP 107) aged up to 28 days. It was used a total of 16 beef ribs bone-in (NAMP 103), 8 right and 8 left, from carcasses at least 75% Angus or Hereford. At 4 days post mortem each pair was split in 4 equal parts to be assigned to the follow treatments: 28 days of wet aging (Wet), 28 days of dry aging (Dry), 14 days of wet aging + 14 days of dry aging (Wet+Dry) and 14 days of dry aging + 14 days of wet aging (Dry+Wet). One steak was used to evaluate quality of Non aged beef. A higher ($P<0.01$) drip+evaporation loss in Dry samples, however no difference ($P>0.05$) was found between Wet+Dry and Dry+Wet was verified, and Wet had lower ($P<0.05$) loss than Wet+Dry. Trimming loss was not measured in Wet samples, and it was not verified difference between ($P>0.05$) Dry, Wet+Dry and Dry+Wet. The total loss (drip+evaporation+toilet) was greater ($P<0.01$) in Dry samples, followed by Wet+Dry and Dry+Wet, and both had higher losses than Wet. It was found a lower ($P<0.01$) pH value in Non Aged when compared with Aged samples. Cooking Loss did not differ among treatments ($P>0.05$). Steaks had lower ($P<0.01$) shear force after all aging treatments, when compared with Non Aged steaks. It was verified an increase ($P<0.05$) in a* and b* values after aging. Moisture and free amino acids profile were analyzed in Non Aged, Wet and Dry treatments. Wet samples had lower ($P<0.01$) moisture than Non Aged and Dry. Almost all free amino acids increased after aging. Most free amino acids had greater contents ($P<0.05$) in Wet aged samples. The total free amino acids was higher ($P<0.01$) in Wet, followed by Dry and Non Aged samples. Sensory analysis found a difference ($P<0.01$) only in off aroma, with greater values in Wet when compared with Dry samples. Wet+Dry and Dry+Wet did not differ ($P>0.05$). It can be concluded that start the aging process with one aging type (wet or dry) and finish with other do not improve chemical and sensorial attributes, only reduce aging losses when compared with entire dry process. In this study, free amino acids content increased during aging, however did not affect sensory traits between aging treatments.

Lista de Abreviaturas e Siglas

MS – Tratamento de maturação a seco por 28 dias

MU – Tratamento de maturação úmida por 28 dias

MSU – Tratamento de maturação a seco por 14 dias + maturação úmida por 14 dias

MUS – Tratamento de maturação úmida por 14 dias + maturação a seco por 14 dias

NM – Não maturado

PPC – Perda de peso por cocção

EPM – Erro padrão da média

SUMÁRIO

SUMÁRIO **11**
1. INTRODUÇÃO **13**
2. OBJETIVO **15**
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA **16**
3.1. Ciência da Maturação **16**
3.1.1 Desenvolvimento da Maciez 16
3.1.2 Desenvolvimento do Sabor 19
3.1.3 Capacidade de retenção de água 23
3.1.4 Perda de peso por cocção 23
3.2 Tipos de Maturação 25
3.2.1 *Wet aging* (maturação úmida) 25
3.2.2 *Dry aging* (maturação a seco) 25
3.3 Comparação entre os diferentes métodos de maturação **26**
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÂFICAS **28**
5. ARTIGO **32**
5.1. Resumo **33**
5.2. Abstract **33**
5.3. Introdução **34**
5.4. Materiais e métodos **36**
5.4.1. Obtenção das amostras 36
5.4.2. Preparo das amostras para maturação 36
5.4.3. Condições de maturação 38
5.4.4. Calculo das perdas de peso 39
5.4.5. Preparo das amostras para análise 39
5.4.6. Análise da cor instrumental 40
5.4.7. Determinação de pH 40
5.4.8. Preparo das amostras para determinação de teor de umidade e de aminoácidos livres 40
5.4.9. Análise de teor de umidade 41
5.4.10. Teor de aminoácidos livres 41
5.4.11. Cocção para maciez instrumental e análise sensorial 42
5.4.12. Determinação de maciez instrumental 42

5.4.13. Analise sensorial 43
5.4.14. Análise estatística 49
5.5. Resultados e Discussão 50
5.5.1. Perdas 50
5.5.2. pH.....53
5.5.3. Cor instrumental 55
5.5.4. Umidade 56
5.5.5. Aminoácidos lívres 60
5.5.6. Maciez instrumental e PPC 62
5.5.7. Atributos sensoriais 64
5.6. Conclusão 70
5.7. Referências Bibliográficas 71
ANEXOS 74

1. INTRODUÇÃO

O Brasil, com preços relativamente baixos de mão-de-obra e terra, além da ausência de climas extremos, apresenta competitividade em seus produtos animais (Ferraz & Felício, 2010). No contexto atual da pecuária bovina, o país tem grande importância no cenário internacional. Com uma produção de aproximadamente 9,9 milhões de toneladas equivalente carcaça e um rebanho composto por cerca de 207 milhões de cabeças, o país ocupa o segundo lugar em produção de carne bovina. Possui também o segundo maior rebanho do planeta e, além disso, é o maior exportador de carne bovina, oferecendo ao mercado exterior mais de dois milhões de toneladas equivalente carcaça no ano de 2014 (USDA - United States Department of Agriculture, 2014).

O Brasil também se destaca como um dos maiores consumidores de carne bovina com um consumo de, aproximadamente, 7,9 milhões de toneladas de carne bovina equivalente carcaça no ano de 2014, que foi menor, apenas, do que o consumo dos Estados Unidos de aproximadamente 11,6 milhões de toneladas (USDA, 2014). Considerando que a população brasileira é de, aproximadamente, 202 milhões habitantes (IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2014), pode-se estimar um consumo *per capita* de, aproximadamente, 39 kg de carne bovina por habitante.

A grande produção de carne bovina apresentada pelo Brasil não se relaciona necessariamente com a produção de carne de alta qualidade. Segundo a Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ), mais de 80% do rebanho nacional é representada por gado zebu. De acordo com Ferraz & Felício (2010) o alto nível de genética zebuína pode levar à diminuição da maciez da carne. Além disso, esses autores também apontam que o sistema de produção de bovinos, normalmente utilizado no Brasil é com animais alimentados a base de pastagens, e estes tendem a apresentar carcaças com menor porcentagem de gordura intramuscular ou mármore. Os mesmos autores ressaltam que o mármore depositado no músculo *Longissimus dorsi* é tido como um dos determinantes de valor da carcaça quando se trata de padrões internacionais de qualidade de carne.

Um dos métodos que pode ser empregado para a melhoria de aspectos sensoriais da carne é a maturação. De acordo com Devine (2004), maturação é o processo de amaciamento da carne que ocorre devido à ação de enzimas

musculares endógenas, presentes no músculo vivo, que assumem outra função na carne *post mortem*. Tradicionalmente, a maturação é realizada estocando-se a carne sob refrigeração durante o período desejado para o amaciamento e desenvolvimento do sabor característico (Warren & Kastner, 1992).

De forma geral, a maturação da carne pode ser realizada por dois métodos diferentes: a maturação a seco ou *dry aging* e a maturação úmida ou *wet aging*. Na maturação a seco tradicional, a carne é estocada sem nenhuma embalagem, em exposição às condições ambientais impostas pelo equipamento de refrigeração como umidade relativa e fluxo de ar, enquanto na maturação úmida, a carne é embalada à vácuo, em embalagem com baixa permeabilidade a vapor da água e gases, antes de maturar (Ahnström et al., 2006; Campbell et al., 2001).

A maturação úmida propicia maior rendimento e conveniência, o que a tornou muito popular (Warren & Kastner, 1992). Em comparação à maturação úmida, a maturação a seco implica em maiores custos de produção devido à maior taxa de encolhimento, ou perda de umidade, que ocorre durante a maturação e a necessidade de se remover as superfícies ressecadas (aparas) após a maturação, ambos fatores decorrentes da ausência de embalagem durante o processo (Stenström et al., 2014; Parrish et al., 1991). Dessa forma, a maior parte da carne maturada do mercado provém de maturação úmida (Ahnström et al., 2006). A carne maturada a seco, por sua vez, é um produto associado a mercados especiais e é conhecida por possuir um sabor diferenciado da carne maturada úmida (Warren & Kastner, 1992; LI et al., 2014; DeGeer et al., 2009). O sabor particular da carne maturada a seco seria o principal motivo para sua produção segundo os fornecedores (Ahnström et al., 2006). À carne maturada a seco, geralmente é atribuído um sabor de “assada”, considerado mais desejável do que o sabor de “sangue” ou “metálico” geralmente atribuído à carne maturada úmida (Campbell et al., 2001; Warren & Kastner, 1992).

Apesar dessas constatações em relação à carne maturada a seco, o desenvolvimento de sabor único não parece estar completamente consolidado na literatura científica. Carnes maturadas úmidas e a seco foram comparadas sensorialmente e os resultados foram contraditórios. Da mesma forma que autores relatam diferenças entre o sabor desses produtos (Stenström et al., 2014; Warren & Kastner, 1992), há relatos indicando que carnes maturadas a seco e úmidas não apresentam diferenças sensoriais (Laster et al., 2008; Parrish et al., 1991).

Poucos trabalhos parecem esclarecer quais seriam os mecanismos para a possível diferenciação de sabor entre carnes maturadas úmidas e a seco. Kim et al. (2016) avaliou as concentrações de diversos metabólitos em carnes maturadas através de espectroscopia por ressonância magnética nuclear e relatou que diversos aminoácidos, incluindo o glutamato relacionado ao gosto umami (Yamaguchi & Ninomiya,1999), foram encontrados em maior concentração em carnes maturadas a seco do que nas maturadas úmidas. Esses resultados indicam que a concentração de compostos relacionados ao sabor, como os aminoácidos, pode ser um dos fatores responsáveis pela diferença de sabor entre carnes maturadas úmidas e a seco. No entanto, não foram encontrados outros estudos que confirmem essa hipótese.

De modo geral, os trabalhos científicos avaliam os métodos de maturação de carne, úmido e seco, individualmente. Não foram encontrados registros em literatura científica de estudos que envolvam a maturação da carne utilizando os dois sistemas de maneira sequencial. Portanto, não é possível afirmar quais seriam os efeitos observados ao se maturar uma carne, em um período inicial, usando um sistema de maturação e, depois, finalizar o processo, maturando a carne por mais um período, agora usando o outro método, quando comparado aos sistemas únicos de maturação.

2. OBJETIVO

Objetivou-se verificar se há e quais são as diferenças no rendimento de processo e nas características físico-químicas e sensoriais de carne bovina maturada pelos processos a seco e úmido durante 28 dias, assim como em carnes maturadas pela combinação desses processos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Maturação

Diversas alterações bioquímicas ocorrem no músculo esquelético após a morte do animal e várias enzimas, presentes naturalmente no músculo, compõe um sistema envolvido na proteólise muscular gerando tais alterações (Toldrá, Flores & Aristoy, 1995).

3.1.1 Desenvolvimento da Maciez

Trabalhos anteriores ao presente estudo documentam claramente o aumento gradual da maciez da carne após o estabelecimento do *rigor mortis* e aceita-se, de modo geral, que a proteólise por enzimas endógenas é a causa desse efeito (Koohmaraie, 1988 e Dransfield, 1994). Os sistemas proteolíticos com potencial para estar envolvidos com a proteólise que ocorre na carne são: as calpaínas (I e II), catepsínas lisossomais e o complexo proteinase multicatalítico (MCP) (Koohmaraie, 1994). Contudo, nem todas as enzimas citadas desempenham comprovadamente um papel significante quanto à maciez da carne. Há evidências científicas comprovando que as proteinases dependentes de $Ca^{2}+$, denominadas calpaínas, são responsáveis pela maioria do, se não praticamente todo, aumento de maciez que ocorre no músculo *post mortem* submetido a temperaturas entre 2 e 4°C (Goll et al., 1991). O papel das catepsínas lisossomais é inconsistente: apesar de haver estudos suportando o possível efeito dessas enzimas no aumento da maciez do músculo (Ouali, 1990) outros autores apresentam evidências de que ela não apresenta atividade proteolítica relevante (Goll et al., 1991; Koohmaraie, 1988). A função do complexo proteinase multicatalítico (MPC) ainda não é completamente compreendida (Toldrá, Flores & Aristoy, 1995) e acredita-se que ele desempenha papéis significativos em diversos processos incluindo o ciclo celular, apresentação de antígenos e proteólise intracelular (Rechster, Hoffman & Dubiel, 1993). Existem experimentos, no entanto, que indicam que o MPC não tem papel significativo no processo proteolítico que culmina no aumento da maciez da carne (Koohmaraie, 1994).

Como resultado, de acordo com as evidencias experimentais, sugere-se que o principal sistema enzimático responsável pelas alterações das proteínas miofibrilares na carne durante a maturação envolve as enzimas calpaína I e II,

ambas enzimas cálcio dependentes (Koohmaraie, 1994). As calpaínas já foram estudadas e sua participação no processo de proteólise e consequente no aumento da maciez da carne durante a maturação já foi determinada (Koohmaraie, 1992). Durante o processo de proteólise as enzimas causam um desarranjo das subunidades miofibrilares, proveniente da fragmentação da linha-Z e da degradação de proteínas como titina, nebulina, desmina e troponina-T o que leva a um aumento da maciez da carne (Koohmaraie, Schollmeyer & Duston 1986; Koohmaraie, 1988, 1992; Goll et al., 1983).

A proteólise que ocorre durante o período *post mortem* envolve quatro componentes chaves: íons cálcio, calpaína I, calpaína II e caplastatína e sofre grande influência de duas características: pH e temperatura (Koohmaraie, 1992). A proteólise é mais intensa em temperaturas mais altas com maior atividade da enzima calpaína I e, conforme o pH *post mortem* da carne se reduz, a enzima calpaína I tem sua atividade diminuída enquanto a calpaína II realiza a proteólise (Dransfield, 1993). O aumento inicial da maciez *post mortem* durante as primeiras 24 horas é causado pela enzima calpaína I, ativada pelo aumento da concentração cálcio nas células musculares e, conforme o pH da carne diminui, ocorre uma queda da atividade de calpaina I, chegando a perder aproximadamente 60% de sua atividade quando o pH chega a 5,7, enquanto a atividade da calpaína II se mantém com o pH baixo durante um período mais prolongado apresentando, assim, um papel importante no aumento da maciez durante a maturação (Dransfield, 1993). Há autores, no entanto, que questionam a participação da enzima calpaína II no processo de proteólise das proteínas miofibrilares, uma vez que a quantidade de íons cálcio necessária para a ativação da enzima não é atingida na célula muscular (Koohmaraie, 1988 e Lamare et al., 2002)

No músculo do animal vivo, a atividade proteolítica das calpaínas é inibida por uma enzima denominada calpastatina (Devine, 2004). O complexo calpaína-calpastatina parece ter um papel importante no crescimento normal do músculo esquelético e em distrofias e outras condições que causam perda de massa muscular (Goll et al., 1998). A queda do pH, durante o *post mortem*, induz a dissociação do sistema calpaína-calpastatina possibilitando, assim, a atividade da calpaína (Cottin et al., 1981, Devine, 2004). Na Figura 1 está representado o sistema de calpaína/calpastatia, pH e íons cálcio.

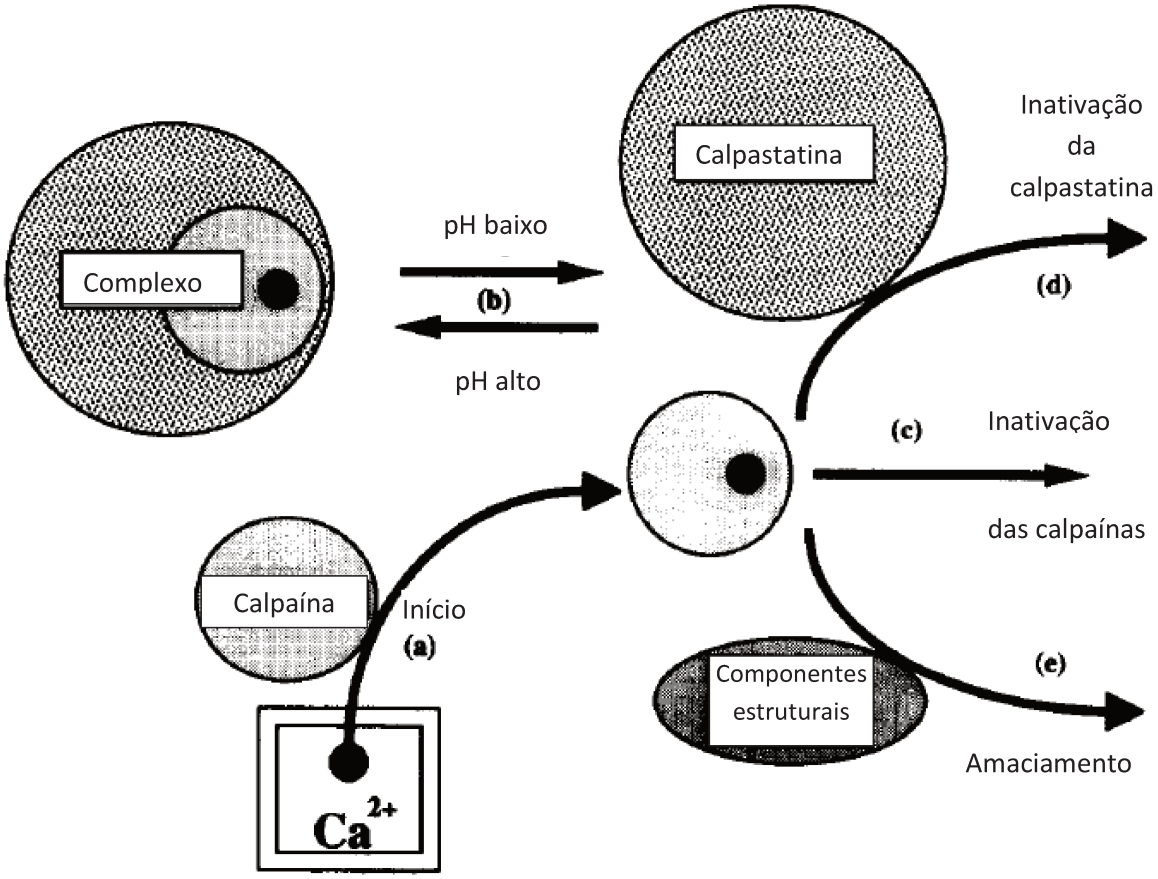

Figura 1. Modelo com etapas da ativação das calpaínas e amaciamento da carne. Iniciação (a): as calpaínas inertes são ativadas pelo aumento da concentração de íons de cálcio e entram no sistema de amaciamento. Ligação (b): o equilíbrio da ligação das calpaínas à calpastatinas determina o nível de calpaínas livres ativas que aumenta à medida que o pH declina. Inativação das calpaínas ativas livres (c): degradação das calpaínas livres ativas por autólise. Inativação da calpastatina (d): deve-se notar que o modelo não faz distinção entre proteólise por calpaínas do complexo e da calpastatina livre, mas, para maior clareza, somente a inativação da calpastatina livre é exibida. Amaciamento (e): a proteólise dos componentes estruturais por calpaínas provoca o amaciamento da carne. Adaptado de Dransfield (1993).

Animais com genética de gado zebuíno (*bos indicus*) apresentam uma maior atividade da calpastatína com a consequente diminuição da atividade das calpaínas *post mortem* gerando, assim, desenvolvimento de maciez mais lento durante a maturação (Rubensam, Felício & Termignoni 1998; Whipple et al., 1990). Esse dado explicaria a afirmação de Ferraz & Felício (2010), citada anteriormente, de que o alto nível de genética zebuína no rebanho brasileiro pode implicar em uma carne menos macia.

3.1.2 Desenvolvimento do Sabor

Durante a maturação, enzimas endógenas afetam as proteínas musculares continuamente. Após a degradação das proteínas miofibrilares e sarcoplasmáticas, os polipeptídios resultantes são degradados em pequenos peptídios por peptidases (Toldrá, Flores & Aristoy, 1995). As Dipeptildil peptidases removem dipeptídeos dos polipeptídeos enquanto tripeptidil peptidases removem tripeptídios dessas estruturas (Toldrá, Flores & Aristoy,1995).

Após a ação das peptidases, ocorre a última etapa da proteólise, a geração de aminoácidos livres causada por aminopeptidases, enzimas que hidrolisam ligações peptídicas próximas das regiões amino terminais (Toldrá, Flores & Aristoy, 1995). Elas atuam, provavelmente, nos últimos estágios do desarranjo proteico ao degradar peptídios removendo um único resíduo de aminoácido, sequencialmente, da região amino terminal dos peptídios (Toldrá, Flores & Aristoy, 1995). É fato que a maturação resulta em alimentos mais saborosos (Yamaguchi & Ninomiya, 1999). O estudo de Nishimura et al. (1988) relacionou o aumento de amino ácidos livres em carne estocada *post mortem* com a melhora no sabor. A pesquisa desenvolvida por Polak, Gasperlin & Zlender (2007) encontrou um aumento na concentração de aminoácidos livres em carne bovina com períodos maiores de maturação, incluindo um aumento no teor de ácido glutâmico (glu). A Tabela 1 ilustra os resultados observados por Polak, Gasperlin & Zlender (2007).

Tabela 1. Influência do tempo de maturação no teor de aminoácidos livres em carne bovina crua.

Aminoácido livre (µmol/g)	Tempo de maturação (dias)		
	Não maturado	14	28
Alanina	4,87^{c} (0,51)	6,56^{b} (0,94)	7,95^{a} (1,05)
Arginina	0,45^{c} (0,09)	0,95^{b} (0,22)	1,25^{a} (0,18)
Asparagina	0,73^{c} (0,14)	1,33^{b} (0,22)	1,92^{a} (0,27)
Ácido aspártico	0,25^{c} (0,11)	0,33^{b} (0,07)	0,39^{a} (0,09)
Cisteina	0,01^{b} (0,01)	0,02^{a} (0,01)	0,02^{a} (0,01)
Glutamina	5,39^{a} (2,60)	5,42^{a} (3,56)	5,35^{a} (2,36)
Ácido glutâmico	1,09^{c} (0,22)	2,40^{b} (0,42)	3,27^{a} (0,30)
Glicina	1,18^{c} (0,29)	1,67^{b} (0,43)	2,21^{a} (0,31)
Histidina	0,18^{c} (0,03)	0,36^{b} (0,06)	0,50^{a} (0,06)
Hidroxiprolina	0,17^{b} (0,14)	0,22^{ab} (0,18)	0,31^{a} (0,27)
Isoleucina	0,42^{c} (0,07)	0,87^{b} (0,18)	1,28^{a} (0,17)
Leucina	0,84^{c} (0,16)	1,66^{b} (0,36)	2,34^{a} (0,30)
Lisina	0,52^{c} (0,12)	1,13^{b} (0,29)	1,67^{a} (0,28)
Metionina	0,31^{c} (0,05)	0,64^{b} (0,13)	0,90^{a} (0,10)
Fenilalanina	0,69^{c} (0,77)	1,22^{b} (1,13)	1,82^{a} (1,92)
Prolina	0,36^{c} (0,12)	0,59^{b} (0,19)	0,81^{a} (0,20)
Serina	0,69^{c} (0,16)	1,47^{b} (0,30)	2,02^{a} (0,30)
Treonina	0,52^{c} (0,11)	1,06^{b} (0,23)	1,52^{a} (0,23)
Tirosina	0,40^{c} (0,07)	0,60^{b} (0,11)	0,89^{a} (0,24)
Valina	0,68^{c} (0,13)	1,44^{b} (0,31)	2.03^{a} (0,27)
Aminoácidos livres totais	19,75^{c} (3,01)	29,94^{b} (5,23)	38,49^{a} (4,21)

Média (DP). ^{a,b,c}Médias seguidas de letras sobrescritas diferentes na mesma linha diferem entre si ($p<0,05$).

Adaptado de Polak, Gasperlin & Zlender et al., 2007).

O gosto Umami, ou a característica apetitosa da carne, é derivado, principalmente, do ácido glutâmico, mas a presença de glutamato monosódico, 5'-inosina monofosfato, 5'-guanosina monofosfato e outros peptidios específicos também podem contribuir para o umami em alimentos cárneos (Miller, 2004).

Segundo Yamaguchi & Ninomiya (1999), o gosto umami, relacionado com uma descrição de saboroso, cárneo e "similar ao caldo de carne", é transmitido, entre outros compostos, pelo glutamato. O glutamato está presente em diversos alimentos como pescados, queijos e carnes nos quais ele melhora o gosto e a palatabilidade (Bagnasco et al., 2014). Dessa forma, a melhora do sabor na carne maturada, que se associa ao aumento do teor de aminoácidos livres, pode estar relacionada ao aumento do teor de certos compostos que afetam o sabor da carne como, por exemplo, o glutamato, um dos geradores do gosto umami. A enzima Glutamil Aminopeptidase pode ter influência na geração de ácido glutâmico uma vez que ela hidrolisa, especificamente, resíduos de aspartato e glutamato dos peptídios embora sua atividade no músculo seja considerada baixa (Toldrá, Flores & Aristoy, 1995).

O estudo realizado por Schiffman et al. (1991) determinou, por meio de de analise sensorial, o limiar de percepção de ácido l-glutâmico, em pH 7,0, como 1,72 x 10^{-3} em molaridade (mol/L), ou seja, 1,72 x 10^{-6} mol/ml. Ao converter a unidade para µmol/ml, tem-se 1,72 µmol/ml. Ao assumir que 1 ml da solução de ácido l-glutâmico teria, aproximadamente, 1 g de massa, poder-se-ia converter a concentração para 1,72 µmol/g. Dessa forma, seria possível comparar os dados obtidos por Schiffman et al. (1991) com os dados relatados Polak, Gasperlin & Zlender et al. (2007).

Os dados relatados por Polak, Gasperlin & Zlender (2007), apresentados na Tabela 1, indicam que o teor de glutamato na carne não maturada (1,09 µmol/g) estaria abaixo do limite de detecção do ácido l-glutâmico determinado por Schiffman et al. (1991) de acordo com a conversão das unidades hipotetizada anteriormente (1,72 µmol/g). No entanto, após a maturação, o teor de glutamato na carne aumentou para 2,40 µmol/g e 3,27 µmol/g após 24 e 28 dias, respectivamente. Logo, após esses períodos de maturação, a concentração de ácido glutâmico na carne seria, teoricamente, suficiente para a sua detecção sensorial.

É claro que essa analogia é apenas hipotética, uma vez que diversas variáveis não foram consideradas como, por exemplo, prováveis diferenças

sensoriais entre o ácido l-glutâmico e o glutamato, possíveis alterações necessárias dos valores convertidos de mol/L para µmol/g e diferenças no limiar de detecção que poderiam ocorrer devido à distinção entre os dois tipos de amostra em questão (solução de ácido glutâmico e carne maturada). Apesar desses fatores, a relação entre esses dados pode atuar como um indicador da importância desse aumento do teor de glutamato para as características sensoriais da carne maturada.

3.1.3 Capacidade de retenção de água

Kristensen & Purslow (2001) hipotetizaram que, durante a maturação, a degradação do citoesqueleto da célula muscular aumentaria a capacidade de retenção de água da carne devido à remoção de conexões intermiofibrilares e dos costâmeros, reduzindo ou eliminando, dessa forma, a ligação entre o encolhimento lateral das miofibrilas induzido pelo rigor e o encolhimento da fibra muscular inteira. Esse fato pode estar relacionado com a degradação da desmina, uma das proteínas estruturais da célula muscular, uma vez que, quando intacta, essa proteína ajudaria a transferir o encolhimento das fibras miofibrilares para toda a célula forçando a água para fora das miofibrilas (Zhang et al., 2006).

De fato, ocorre o aumento da capacidade de retenção de água em carne maturada até 14 dias *post mortem* após uma queda no período entre 24 e 48 horas e a estabilização até o quarto dia *post mortem* (Straadt et al., 2007). Foi observado um “inchaço” das miofibrilas após 4 dias *post mortem* (concomitante com o período da maturação em que ocorre o aumento da capacidade de retenção de água) além da distribuição mais homogênea da água após esse período (Straadt et al., 2007). A maturação influencia as estruturas secundárias das proteínas aumentando as α-hélices e diminuindo as estruturas β antiparalelas, estruturas em alça e exposição de tirosina (Wu et al., 2006). Tais mudanças parecem diminuir a exposição de resíduos hidrofóbicos das proteínas ao meio aquoso o que, juntamente com o enfraquecimento das restrições impostas pelo citoesqueleto, permite uma troca água-proteína mais homogênea evidenciada pela distribuição de água mais bem definida no decorrer da maturação (Wu et al., 2006).

3.1.4 Perda de peso por cocção

Apesar do aumento da capacidade de retenção de água observado durante a maturação, descrito anteriormente, as mudanças estruturais e as características da água da carne maturada não favorecem a retenção de água na carne durante a cocção (Wu et al., 2006).

Straadt et al. (2007) registraram um aumento na perda de peso por cocção em carne maturada até 4 dias *post mortem*. Após esse período, ocorre a estabilização da perda durante o restante da maturação (14 dias). Os autores relataram que o aumento da perda de peso por cocção seria, provavelmente, devido

à desintegração das fibras durante a maturação. Segundo Hughes et al. (2014), a perda de peso é maior em carnes maturadas por pelo menos 3 a 6 dias em relação a carne não maturada, mas isto é dependente do período de maturação conforme a Figura 2.

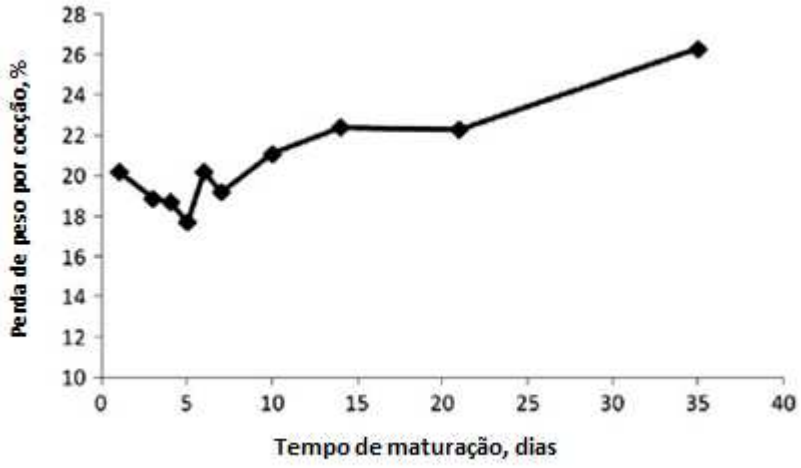

Figura 2. Médias de perda por cocção em porcentagem de músculos *longuissimus dorsi* bovinos (n = 20 a cada ponto no tempo). Hughes et al. (2014) adaptado de Shanks, Wulf & Maddock (2002).

A estrutura proteica enfraquecida da carne maturada é incapaz de reter fortemente a água durante a cocção, além disso, essa maior perda de peso também pode ser devido a uma agregação de proteínas na carne após a maturação (Wu et al., 2006). A degradação de desmina também pode ser uma fonte de diferenças na perda de peso por cocção entre carne maturada e carne não maturada (Hughes et al., 2014).

3.2 Tipos de Maturação

Há, conforme mencionado anteriormente, dois métodos diferentes para maturação de carne: maturação úmida ou *wet aging* e maturação a seco ou *dry aging* (Ahnström et al., 2006, Campbell et al,. 2001).

3.2.1 *Wet aging* (maturação úmida)

O método de maturação mais comumente usado é o *Wet aging* que consiste em acondicionar cortes cárneos desossados em embalagens a vácuo apropriadas (com elevada barreira contra vapor d'água e oxigênio) e mantê-las sobre refrigeração (Smith et al., 2008). Este método de maturação se tornou popular uma vez que apresenta grandes vantagens em relação à maturação a seco como, por exemplo, menor quebra de peso e maior praticidade (Warren & Kastner, 1992).

3.2.2 *Dry aging* (maturação a seco)

Dry aging ou maturação a seco é um procedimento que envolve estocar carcaças inteiras e/ou cortes cárneos em câmaras refrigeradas com umidade controlada sem uso de nenhuma embalagem (Sitz et al., 2006). Embora a maior parte da carne maturada consista de produtos obtidos pela maturação úmida, os fornecedores de carne maturada a seco relatam que o desenvolvimento de sabor particular é o principal motivo para a produção desse produto (Ahnström et al. 2006; DeGeer et al., 2009).

No entanto, o processo de maturação a seco também possui desvantagens em relação à maturação úmida: a carne sofre maior taxa de perda de peso devido à perda de umidade durante a maturação e a remoção das aparas (consistindo da retirada das superfícies ressecadas da peça) causando o aumento dos custos de produção e, consequentemente, do preço final da carne (Stenström et al., 2014; Parrish et al., 1991). As perdas de peso decorrentes da perda de umidade durante a maturação a seco variam normalmente entre 9 e 15%, enquanto as perdas devido a maturação úmida variam entre 0,7 e 3%. As perdas decorrentes das superfícies ressecadas (aparas), nas carnes maturadas a seco, podem chegar a 24% (Dikeman et al., 2013; Kim et al., 2016; Li et al., 2014; Smith et al., 2008 e Warrem & Kastener, 1992; Laster et al., 2008).

3.3 Comparação entre os métodos de maturação

O método de maturação a seco é conhecido por melhorar o sabor da carne, gerando um produto de sabor único e distinto em relação à carne maturada por *Wet-aging* (Li et al., 2014; DeGeer et al., 2009). Um sabor de característico de carne assada tende a ser atribuído à carne maturada a seco enquanto a carne de maturação úmida é conhecida por apresentar sabores de sangue e metálico, considerados menos desejáveis (Campbell et al. 2001; Warren & Kastner, 1992). Li et al. (2014) observaram que carnes maturadas úmidas apresentaram um sabor metálico mais elevado quando comparado com produtos submetidos a maturação a seco.

Pesquisadores têm mostrado resultados variados quanto ao desenvolvimento de sabor diferenciado da carne maturada a seco em relação a maturação úmida, sendo que alguns deles confirmam essa diferença (Stenström et al., 2014; Li et al., 2014; Warren & Kastner, 1992) e outros não (Laster et al., 2008; Parrish et al., 1991). Esses experimentos procuraram discernir as diferenças entre carnes de maturação a seco e úmida por meio de análises sensoriais.

Os trabalhos de Stenström et al. (2014) e Laster et al. (2008) apresentam resultados de testes sensoriais de preferência com consumidores. Segundo Stenström et al. (2014), os consumidores foram capazes de distinguir os produtos dos dois processos preferindo ($P<0,05$) a carne maturada a seco enquanto no trabalho realizado por Laster et al. (2008), os consumidores não especificaram preferência ($P>0,05$) entre amostras dos dois tipos de maturação. Os estudos de Li et al. (2014), Warren & Kastner (1992) e Parrish et al. (1991), por outro lado, utilizaram equipes treinadas para avaliar as características sensoriais das amostras. Parrish et al. (1991) analisaram características sensoriais menos específicas para o produto avaliado: maciez, suculência, intensidade de sabor, preferência de sabor e palatabilidade geral. A avaliação foi feita com uma escala descritiva de 8 pontos. Os resultados de análise sensorial revelaram que a carne de maturação úmida teve melhores escores de maciez e palatabilidade geral. Além disso, nesse mesmo estudo, foi realizado o teste de preferência com consumidores e não houve preferência ($P>0,05$) entre as amostras de maturação úmida e a seco.

Os trabalhos realizados por Warren & Kastner (1992) e Li et al. (2014) utilizaram equipes de avaliadores treinados para avaliação de amostras de carne

maturadas pelo método úmido e a seco. Os atributos de sabor utilizados para essas avaliações são relacionados às diferenças entre carnes maturadas pelos métodos úmido e a seco como, por exemplo, sabor metálico (relacionado à maturação úmida) e sabor assado (relacionado a maturação a seco). Os pesquisadores relataram que os avaliadores foram capazes de diferenciar sensorialmente amostras de maturação úmida e a seco. Segundo Warren & Kastner (1992), os avaliadores determinaram que as amostras maturadas a seco possuíam mais sabor de carne e “assada” do que as amostras de maturação úmida que, por sua vez, apresentaram os sabores azedo, metálico e de sangue mais intensos do que as amostra maturadas a seco.

No relato de Li et al. (2014), os avaliadores determinaram que a carne de maturação a seco apresentou gosto umami e sabor característico de carne frita na manteiga mais intensos do que a carne de maturação úmida. Além disso, os avaliadores também consideraram que a carne maturada úmida apresentou sabor metálico mais intenso do que as amostras de maturação a seco de forma similar ao relatado por Warren & Kastner (1992).

As análises sensoriais com equipes treinadas foram, aparentemente, mais eficazes em diferenciar características específicas de carnes maturadas pelos métodos úmido e a seco de acordo com o que foi observado nos trabalhos de Warren & Kastner (1992) e Li et al. (2014). Os testes de preferência com consumidores, por sua vez, apresentaram resultados variados com os consumidores preferindo ($P<0,05$) carne maturada a seco à carne maturada úmida (Stenström et al., 2014), ou não havendo preferência significativa ($P>0,05$) entre os produtos (Parrish et al., 1991 e Laster et al., 2008).

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÂFICAS

Ahnström, L. M., Seyfert, M., Hunt, M., Johnson, E. D. (2006). Dry aging of beef in a bag highly permeable to water vapour. *Meat Science*, 73, 674-679.

Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ). (2014). Disponível em: <www.abcz.com.br>. Acesso em 06 nov. 2014.

Bagnasco, L., Cosulich, M. E., Speranza, G., Medini, L., Oliveri, P., Lanteri, S. (2014). Application of a voltammetric electronic tongue and near infrared spectroscopy for a rapid umami taste assessment. *Food Chemistry*, 157, 421-428.

Campbell, R. E., Hunt, M. C., Levis, P. & Chambers IV, E. (2001). Dry-Aging Effects on Palatability of Beef *Longissimus* Muscle. *Journal of Food Science*, 66 (2), 196-199.

Cottin P.; Azanza, J. L.; Vidalenc, P.; Ducastaing, A.; Valin, C.; Ouali, A. (1981) Characterization and purification of a Ca^{2+} ion-activated neutral proteinase inhibitor in rabbit skeletal muscle. *Reprod. Nutr. Dévelop.* 21 (2), 309-317.

DeGeer, S. L., Hunt, M. C., Bratcher, C. L., Crozier-Dodson, B. A., Johnson, D. E., Stika, J. F. (2009). Effects of dry aging of bone-in and boneless strip loins using two aging processes for two aging times. *Meat Science*, 83, 768-774.

Devine, C. E. (2004). Conversion of muscle to meat: Ageing. *In* W. Jensen, C. Devine, and M. Dikeman, eds. *Encyclopedia of meat sciences*. Elsevier Academic Press, Oxford, UK. 330–338.

Dikeman, E, M., Obuz, E., Gök, V., Akkaya, L., Stroda, S. (2013). Effects of dry, vacuum, and special bag aging; USDA quality grade; end-point temperatura on yields and eating quality of beef *Longissimus lumborum* steaks. *Meat Science*, 94, 228-233.

Dransfield, E. (1993) Modelling Post-mortem Tenderisation IV: Role of Calpains and Calpastatin in Conditioning. *Meat Science*, 34, 217-234.

Dransfield., E. (1994). Optimisation of tenderisation, ageing and tenderness. *Meat Science*, 36, 105-121.

Ferraz, J. B. S., de Felício, P. E. (2010). Production systems – An example from Brazil. Meat Science, 84, 238–243.

Goll, D. E., Otsuka, Y., Nagainis, P.A., Shannon, J.D., Sathe, S.K., Muguruma, M. (1983). Role of muscle proteinases in maintenance of muscle integrity and mass. *Journal of Food Biochemistry*, 7, 137-177.

Goll, D. E., Taylor, R. G., Christiansen, J. A., Thompson, V. F. (1991). Role of proteinases and protein turnover in muscle growth and meat quality. *Proceedings Recipe Meat Conference*, v.44, 25-33.

Goll, D. E., Thompson, V. F., Taylor, R. G., Ouali, A. (1998). The calpain system and skeletal muscle growth. *Canadian Journal of Animal Science*, 78, 503–512.

Hughes, M, J., Oiseth, K, S., Purslow, P, P., Warner, D, R. (2014). A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. *Meat Science*, 98, 520-532.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Canal Paises@. 2014. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/paisesat/>. Acesso em: 04 nov. 2014.

Kim, Y. H. B., Kemp, R., Samuelsson, L. M. (2016). Effects of dry-aging on meat quality attributes and metabolite profiles of beef loins. *Meat Science*, 111, 168-176.

Koohmaraie, M. (1988). The Role of Endogenous Proteases in Meat tenderness. *Proc Recip Meat Conf*, 1, 89-100.

Koohmaraie, M. (1992). The role of Ca^{2+}-dependent proteases (calpains) in *post mortem* proteolysis and meat tenderness. *Biochimie*, 74, 239-245.

Koohmaraie, M. (1994) Muscle Proteinases and Meat Aging. *Meat Science*, 36, 93-104.

Koohmaraie, M., Schollmeyer, J.E., Duston, T. R. (1986). Effect of low-calcium-requiring calcium activated factor on myofibrils under varying pH and temperature conditions. *Journal of Food Science*, v. 51, n. 1, 28-32.

Kristensen, L., Purslow, P, P. (2001). The effect of ageing on the water-holding capacity of pork: role of the cytoskeletal proteins. *Meat Science*, 58, 17-23.

Lamare, M.; Taylor, R. G.; Farout, L.; Briand, Y. (2002) Changes in proteasome activity during postmortem aging of bovine muscle. *Meat Science*, 61, 199–204.

Laster, M. A., Smith, R. D., Nicholson, K. L., Nicholson, J. D. W., Miller, R. K., Griffin, D. B., Harris, K. B., Savell, J. W. (2008). Dry versus wet aging of beef: Retail cutting yields and consumer sensory attribute evaluations of steaks from ribeyes, strip loins, and top sirloins from two quality grade groups. *Meat Science*, 80, 795-804.

Li, X., Babol, J., Bredie, W. L. P., Nielsen, B., Tománková, J., Lundström, K. (2014). A comparative study of beef quality after ageing *longissimus* muscle using a dry ageing bag, traditional dry ageing or vacuum package ageing. *Meat Science*, 97, 433-442.

Miller, K, R. (2004). Chemical and Physical Characteristics of Meat: Palatability. *in* W. Jensen, C. Devine, and M. Dikeman, eds. *Encyclopedia of meat sciences*. Elsevier Academic Press, Oxford, UK. 256–265.

Nishimura, T., Rhue, M. R., Okitani, A., Kato, H. (1988). Components Contributing to the Improvement of Meat Taste during Storage. *Agricultural and Biological Chemistry*, 52, 2323-2330.

Ouali, A. (1990). Meat Tenderization: possible causes and mechanisms. A review. *Journal of Muscle Foods*, 1, 129-165.

Parrish, F. C. JR., Boles, J. A., Rust, R. E., & Olson, D. G. (1991). Dry and wet aging effects on palatability attributes of beef loin and rib steaks from three quality grades. *Journal of Food Science*, 56, 601–603.

Polak, T., Gasperlin, L., Zlender, B. (2007). Various instrumental and biochemical parameters as ageing indicators of beef *Longissimus dorsi* muscle and their relation to creatine and creatinine content. *European Food Research and Technology*, 255, 849-855.

Rechster, M., Hoffman, L., Dubiel, W. (1993). The multicatalytic and 26S proteases. *The Journal of Biological Chemistry*, v. 268, n. 9, 6065-6068.

Rubensam, J. M., de Felício, P. E., Termignoni, C. (1998). Influência do genótipo Bos Indicus na atividade de calpastatina e na textura da carne de novilhos abatidos no sul do Brasil. *Ciência Tecnologia de Alimentos*, 18 (4), 405–409.

Schiffman, S, S., Frey, E, A., Luboski, A, J., Foster, A, M., Erickson, P, R. (1991). Taste of Glutamate Salts in Young and Eldery Subjects: Role of Inosine 5'-Monophosphate and Ions. *Physiology & Behavior*, 49, 843-854.

Shanks, C, B., Wulf, M, D., Maddock, J, R. (2002). 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*, 80, 2122-2125.

Sitz, M, B., Calkins, R, C., Feuz, M, D., Umberger, J, W., Eskridge, M, K. (2006) Consumer sensory acceptance and value of wet-aged and dry-aged beef steaks. *Journal of Animal Science*, 84, 1221-1226.

Smith, D, R., Nicholson, L, K., NIcholson, W, D, J., Harris, B, K., Miller, K, R., Griffin, B, D., Savell, W, J. (2008). Dry versus wet aging of beef: Retail cutting yields and consumer palatability evaluations of steaks from US Choice and US Select short loins. *Meat Science*, 79, 631-639.

Stenström, H., LI, X., Hunt, M. C., Lundström, K. (2014). Consumer preference and effect of correct or misleading information after ageing beef *longissimus* muscle using vacuum, dry ageing, or a dry ageing bag. *Meat Science*, 96, 661-666.

Straadt, K, I,. Rasmussen, M., Andersen, J, H., Bertram, C, H. (2007). Aging-induced changes in microstructure and water distribution in fresh and cooked pork in relation to water-holding capacity and cooking loss - A combined confocal laser scanning microscopy (CLSM) and low-field nuclear magnetic resonance relaxation study. *Meat Science*, 75, 687-695.

Toldrá, F., Flores, M., Aristoy, M. C. (1995). Enzyme generation of free amino acids and its nutritional significance in processed pork meats. *Developments in Food Science*, 37, 1303-1322.

USDA (2014). United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. Livestock and Poultry: World Markets and Trade. October, 2014.

Warren, K. E., & Kastner, C. L. (1992). A comparison of dry-aged and vacuum-aged beef strip loins. *Journal of Muscle Foods*, 3 (1), 151–157.

Whipple, G.; Koohmaraie, M.; Dikeman, M.E.; Crouse, J.D.; Hunt, M.C.; Klemm, R.D. (1990). Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. *Journal of Animal Science*, 68, 2716-2728.

Wu, Z., Bertram, C, H., Kohler, A., Böcker, U., Ofstad, R., Andersen, J, H. (2006). Influence of aging and salting on protein secondary structures and water distribution in uncooked and cooked pork. A combined FT-IR Microspectroscopy and H NMR Relaxometry Study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 8589-8597.

Yamaguchi, S., & Ninomiya, K. (1999). Umami and Food Palatability. In: Teranishi, R., Wick, E. L., Hornstein, I. *Flavor Chemistry: Thirty Years of Progress*. New York: Kluwer Academic, 423-431.

Zhang, G, W., Lonergan, M, S., Gardner, A, M., Huff-Lonergan, E. (2006). Contribution of postmortem changes of integrin, desmin and μ-calpain to variation in water holding capacity of pork. *Meat Science*, 74, 578-585.

5. ARTIGO

Artigo formatado para publicação na Ciência Rural

ISSN Eletrônico: 1678-4596

EFEITOS DOS PROCESSOS DE MATURAÇÃO ÚMIDO E SECO E SUAS COMBINAÇÕES NOS ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E SENSORIAIS EM FILÉ DE COSTELA BOVINO

G.F. Vilella[§], S.B. Pflanzer[§], C.T. Battaglia[§], M.T.B. Pacheco*, V.S.N. da Silva*

Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil. *Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, Brasil.

5.1. Resumo

Este estudo objetivou comparar os efeitos da maturação a seco e úmida e de suas combinações nos atributos sensoriais, físicos e químicos da carne bovina. Filés de costela com osso foram distribuídos entre cinco tratamentos: não maturado, 28 dias maturação úmida, 28 dias de maturação a seco, 14 dias de maturação úmida + 14 dias de maturação a seco e 14 dias de maturação a seco + 14 dias de maturação úmida. A perda de peso total foi maior (P < 0,01) nas amostras maturadas a seco. Amostras maturadas apresentaram maior pH , L* e a* e menores valores de força de cisalhamento (P < 0,05) do que as amostras não maturadas. Amostras de maturação úmida apresentaram menor (P <0,01) umidade do que as não maturadas e maturadas a seco. A maioria dos aminoácidos livres foram mais elevados (P < 0,05) em amostras maturadas úmidas, seguido por maturadas a seco e as amostras não maturadas. A equipe sensorial encontrou uma diferença apenas para o aroma estranho (P < 0,01), com valores maiores em amostras maturadas úmidas do que a seco. Iniciar o processo de maturação com um tratamento (a seco ou úmido) e terminando com outra não melhorou atributos sensoriais e químicos.

5.2. Abstract

This study aimed to compare the effects of wet and dry aging processes combination on physical, chemical and sensory attributes of aged beef. Beef ribs bone-in were assigned to five treatments: non-aged, 28 days wet aging, 28 days dry aging, 14 days wet aging + 14 days dry aging and 14 days dry aging + 14 days wet aging. Total loss was greater (P<0.01) in dry samples. Aged samples had higher pH, L* and a* and lower shear force values (P<0.05) than non-aged samples. Wet samples had lower (P<0.01) moisture than non-aged and dry. Most free amino acids were higher (P<0.05) in wet, followed by dry and non-aged samples. Sensory panel did not find differences except for off aroma (P<0.01), with greater values in wet than dry samples. Starting the aging process with one aging type (wet or dry) and finishing with other did not improve chemical and sensorial attributes.

5.3. Introdução

A maturação da carne se tornou essencial nos serviços de varejo e alimentação para atender a demanda e expectativa de se consumir um alimento excepcional (Laster et al., 2008). A maturação consiste em um método que promove o aumento da maciez e o desenvolvimento de sabor da carne fresca por meio de sua estocagem sob temperatura de refrigeração durante um determinado período (Warren & Kastner, 1992).

Fundamentalmente, podem ser utilizados dois tipos de maturação: a maturação úmida ou *Wet aging*, na qual a carne é acondicionada a vácuo em uma embalagem com baixa permeabilidade a gases e vapor d'água durante o período de maturação; e a maturação a seco ou *Dry-aging*, um método mais tradicional que implica na exposição da carne, sem nenhuma embalagem, às condições impostas pelo equipamento de refrigeração com controle de temperatura, umidade e fluxo de ar (Ahnström et al., 2006; Campbell et al., 2001).

O método de maturação seco é conhecido por melhorar o sabor da carne, gerando um produto de sabor único e distinto em relação à carne maturada a vácuo (Li et al., 2014; DeGeer et al., 2009). Um sabor de carne assada tende a ser atribuído à carne maturada a seco, enquanto a carne de maturação úmida é conhecida por apresentar sabores de sangue e metálico, considerados menos desejáveis (Campbell et al., 2001; Warren & Kastner, 1992).

Embora a maior parte da carne maturada consista de produtos obtidos pela maturação úmida, os fornecedores de carne maturada a seco relatam que o desenvolvimento de um sabor particular é o principal motivo para a produção desse produto (Ahnström et al., 2006). No entanto, o processo de maturação a seco também possui desvantagens, pois a carne sofre maiores perdas de peso devido à perda de umidade durante a maturação e a remoção das aparas (consistindo da retirada das superfícies ressecadas da peça) causando o aumento dos custos de produção e, consequentemente, do preço final da carne (Stenström et al., 2014; Parrish et al., 1991). Dessa forma, a maturação úmida se tornou mais popular devido à sua maior conveniência e melhor rendimento, enquanto o produto maturado seco se tornou um item para mercados especiais ou *gourmet* (Warren & Kastner, 1992).

Os pesquisadores têm mostrado resultados variados quanto ao desenvolvimento de sabor diferenciado da carne maturada a seco em relação à

maturação úmida, sendo que alguns deles confirmam essa diferença (Stenström et al., 2014; Warren & Kastner, 1992) e outros não (Laster et al., 2008; Parrish et al., 1991). Poucas pesquisas foram desenvolvidas para evidenciar o motivo do provável desenvolvimento do sabor diferenciado da carne maturada a seco. Além disso, não foram encontrados, na literatura, trabalhos que avaliaram os efeitos da utilização de processos combinados de maturações a seco e úmida.

Assim, o objetivou-se estudar as diferenças no rendimento de processo e nas características físico-químicas e sensoriais de carne bovina maturada pelos processos a seco e úmido durante 28 dias, assim como em carnes maturadas pela combinação destes processos.

5.4. Material e métodos

5.4.1. Obtenção das amostras

Para o experimento foram utilizados 16 peças de filé de costela (6ª a 10ª vértebra torácica, *M. longuissimus thoracis*), pertencentes a 8 carcaças de bovinos castrados (pelo menos 75% Angus ou Hereford) terminados em confinamento e abatidos em frigorífico comercial, com peso de carcaça quente entre 220 e 270 quilos e espessura de gordura superior a 7 mm, aferida com um paquímetro, na 13ª vértebra torácica. As amostras foram obtidas 4 dias *post mortem*, identificadas, embaladas a vácuo, acondicionadas em recipientes térmicos com gelo e transportadas até o Laboratório de Carnes da Faculdade de Engenharia de Alimentos – UNICAMP em Campinas. No momento da coleta, o pH do contrafilé foi aferido (Mettler Toledo MP125) garantindo que todas as carcaças utilizadas no experimento apresentassem um pH abaixo de 5,7.

5.4.2. Preparo das amostras para maturação

Cada par de filés de costela, direito e esquerdo de uma mesma carcaça, foi utilizado para compor os 4 tratamentos de maturação, uma vez que de cada peça de filé de costela foi retirado 1 bife de 2,5cm de espessura da porção central (amostra não maturada – NM), restando duas metades. Os tratamentos foram balanceados entre as porções cranial e caudal para evitar efeito de posição. Os tratamentos foram: maturação a seco por 28 dias (MS), maturação úmida 28 dias (MU), maturação a seco por 14 dias seguida de maturação úmida por 14 dias (MSU) e maturação úmida por 14 dias seguida de maturação a seco por 14 dias (MUS). A distribuição dos tratamentos é apresentada na Figura 1.

Os bifes retirados da porção central de cada peça de filé de costela foram destinados para análise de pH e cor instrumental, realizada sem congelamento prévio. Os mesmos bifes foram posteriormente congelados e foram submetidos a análises de umidade, teor de aminoácidos livres e maciez instrumental, representando amostras não maturadas (NM).

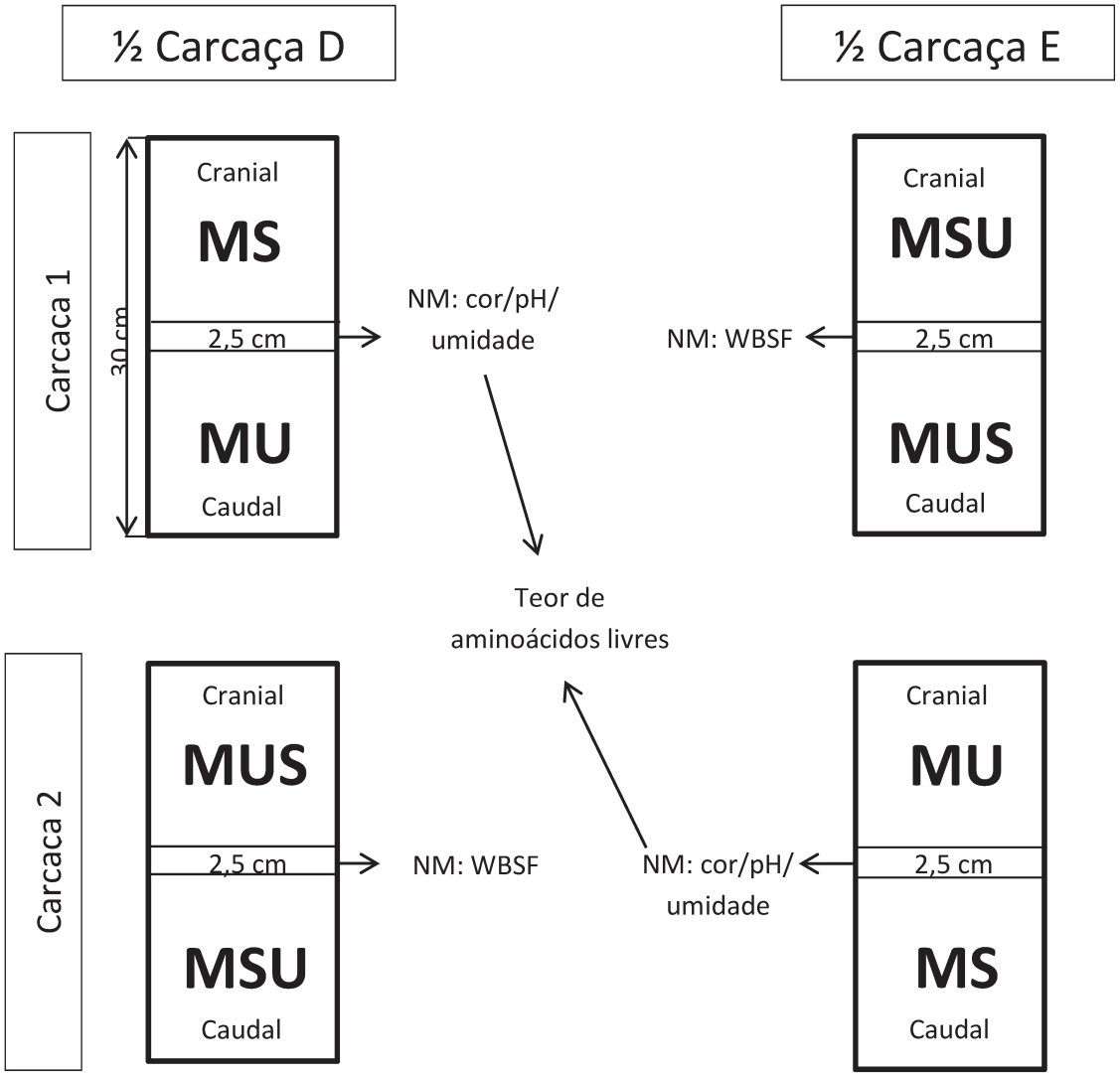

Figura 1. Desenho de um bloco experimental (dois pares de filé de costela sendo, cada par, de um mesmo animal) com distribuição dos tratamentos de maturação de forma balanceada entre as posições craniais e caudais e com a designação das amostras não maturadas (bifes de 2,5 cm) para analises de cor, pH, maciez instrumental (WBSF), umidade e aminoácidos livres. Legenda: D – direita, E – esquerda, MS – maturação a seco ou *dry*, MU – maturação úmida ou *wet*, MSU – maturação a seco/úmida, MUS – maturação úmida/a seco, NM – não maturado, WBSF – força de cisalhamento Warner-Bratzler Shear Force.

5.4.3. Condições de maturação

Todos os processos de maturação foram realizados em uma câmara de refrigeração Gelopar (modelo GTPC-575) modificada (adição de controle de temperatura, registro de umidade e ventilação forçada) com temperatura programada para 2±0,5ºC, enquanto a umidade relativa foi apenas registrada, mantendo-se em torno de 73±5%. A câmara possuía sistema de ventilação forçada, mas a velocidade do ar não foi aferida.

5.4.3.1. Maturação úmida

As porções designadas para o processo de maturação úmida foram previamente pesadas, desossadas, pesadas novamente, e embaladas a vácuo (embalagens Cryovac® BB 2620, Cryovac Brasil Ltda., com 50µm de espessura, permeabilidade a O_2 de 20 cm^3/m^2, 24 h, bar à 23°C e 0% de umidade relativa e permeabilidade máxima a CO_2 de 100 cm^3/m^2, 24 h, bar à 23°C, 0% umidade relativa). As amostras foram maturadas por 28 dias. Ao término da maturação as amostras foram retiradas da embalagem, secas com papel absorvente e pesadas novamente.

5.4.3.2. Maturação a seco

As porções designadas para o processo de maturação a seco foram pesadas e acondicionadas na câmara de maturação em prateleiras com a gordura subcutânea para cima, por 28 dias. As amostras foram pesadas e reposicionadas na câmara a cada 4 dias. Ao final da maturação as porções foram pesadas, desossadas e tiveram as superfícies ressecadas (aparas) removidas.

5.4.3.3. Maturação úmida/a seco

As porções designadas para o processo de maturação úmida/a seco foram pesadas, embaladas a vácuo (mesma embalagem utilizada na maturação úmida), ainda com osso e maturadas por 14 dias. Ao final do 14º dia as amostras foram retiradas da embalagem, secas com papel absorvente, pesadas e recolocadas na câmara por mais 14 dias para finalizar o processo de maturação. Ao término dos 28 dias de maturação as porções foram pesadas, desossadas e tiveram as superfícies ressecadas (aparas) removidas. Durante a maturação a seco, as amostras foram pesadas e reposicionadas na câmara a cada 4 dias.

5.4.3.4. Maturação a seco/úmida

As porções designadas para o processo de maturação a seco/úmida foram pesadas e acondicionadas na câmara de maturação com a gordura subcutânea para cima, por 14 dias. As amostras foram pesadas e reposicionadas na câmara a cada 4 dias. Ao final do 14º dia as amostras foram pesadas, desossadas e tiveram as superfícies ressecadas (aparas) removidas. As amostras foram então embaladas a vácuo (mesma embalagem utilizada na maturação úmida) e recolocadas na câmara por mais 14 dias para finalizar o processo de maturação. Ao término dos 28 dias de maturação as porções foram retiradas da embalagem, secas com papel absorvente e pesadas novamente.

5.4.4. Cálculo das perdas de peso

As pesagens realizadas antes, durante e após o processo de maturação foram utilizadas para calcular as perdas de peso decorrentes dos processos de maturação, desossa e remoção de aparas. Todos os resultados de perda de peso foram calculados, em porcentagem, a partir da razão entre o peso perdido pelo peso inicial da porção.

Foram calculadas as seguintes perdas:

- Desossa – relação entre o peso inicial e peso dos ossos;
- Gotejamento – relação entre o peso inicial e o peso final no processo de maturação úmida;
- Evaporação - relação entre o peso inicial e o peso final no processo de maturação a seco;
- Aparas – relação entre o peso inicial e o peso das aparas (superfícies ressecadas – apenas na maturação a seco);
- Maturação – soma das perdas de gotejamento e evaporação (processos combinados);
- Processo – soma das perdas de maturação e aparas;

5.4.5. Preparo das amostras para análise

As amostras, devidamente maturadas, desossadas e livres de superfícies ressecadas foram cortadas em 4 bifes de 2,5 cm de espessura. Os bifes foram

destinados para análises de pH e cor instrumental, realizadas sem congelamento prévio. Os mesmos foram posteriormente congelados e utilizados para análises de umidade, teor de aminoácidos livres, maciez instrumental e análise sensorial.

5.4.6. Análise da cor instrumental

A avaliação da cor foi realizada logo após a preparação dos bifes. Os bifes foram colocados em bandejas identificadas de poliestireno expandido. As bandejas com os bifes foram cobertas com filme de PVC e acondicionadas em uma câmara frigorífica com temperatura de 2 ± 2ºC. As amostras foram alocadas sem sobreposição e ficaram expostas ao ar refrigerado continuamente por um período de 1 hora, simulando uma situação de venda.

Após esse período, foram realizadas as avaliações de cor instrumental utilizando um colorímetro portátil modelo CM 508-d HunterLab (MiniScanTMXE) com acessório de proteção contra umidade. A leitura dos parâmetros L* (luminosidade), a* (intensidade de vermelho/verde) e b* (intensidade de amarelo/azul) foram realizadas pelo Sistema CIELAB. Foram utilizadas as condições: SCI – especular incluída, iluminante D65, ângulo de visão de 8° e ângulo (ou abertura) padrão do observador de 10°, conforme especificações da Comission Internacionale d'le Ecleraige (1986). Considerou-se como valor final a média de 3 leituras obtidas em posições diferentes.

5.4.7. Determinação de pH

A determinação do pH foi realizada após a avaliação de cor instrumental utilizando um pontenciômetro de penetração Mettler Toledo MP125. O pH foi avaliado em 3 posições diferentes no mesmo bife.

5.4.8. Preparo das amostras para determinação de teor de umidade e de aminoácidos livres

Apenas as amostras NM e maturadas pelos tratamentos MU e MS foram avaliadas para determinação de teor umidade e de aminoácidos livres.

As amostras foram descongeladas em temperatura ambiente por cerca de 40 minutos. Posteriormente foram cortadas em pequenos pedaços, moídas grosseiramente utilizando um processador de alimentos (Mega Master - Walita), embaladas em sacos plásticos identificados e acondicionadas em refrigerador.

Cada duas amostras de um mesmo tratamento (porção caudal e cranial de um mesmo bloco), pertencendo sempre às mesmas carcaças, foram misturadas em proporções iguais, congeladas e armazenadas para as análises de umidade e aminoácidos livres.

5.4.9. Análise de teor de umidade

A determinação do teor de umidade foi realizada em triplicata por meio da secagem em estufa, comparando o peso das amostras antes e após a secagem, de acordo com a metodologia da AOAC - Association of Official Analytical Chemists (1990). Para realização da análise as amostras, desprovidas de gordura subcutânea, foram moídas grosseiramente em processador de alimentos.

5.4.10. Teor de aminoácidos livres

As amostras, previamente moídas grosseiramente, foram moídas finamente em um triturador Retsch Grindomix GM 200 por 20 segundos a 6000 rpm, garantindo um tamanho de partícula de no máximo 500 micrometros, e acondicionadas sob congelamento.

Durante todo o processo de preparo descrito, a temperatura das amostras foi controlada com um termômetro digital de contato para garantir que permanecesse abaixo de 25°C a fim de evitar perda de umidade, proteólise e degradação de aminoácidos.

As amostras foram encaminhadas para o laboratório de química dos alimentos do CCQA – ITAL para a continuação da análise.

Foram utilizadas alíquotas de 5,0 gramas (duplicata) e adicionado 10 mL de padrão interno e volume aferido para 100 mL com metanol:HCl 0,1M na proporção 60:30 (v/v). A solução foi homogeneizada em agitador orbital a 2000 rpm/30 min. e filtrado em membrana de 0,45 µm.

Para derivatização foi transferida uma alíquota 40µL para um tubo de vidro de 6x50 mm e, posteriormente, evaporada com auxílio de uma bomba de vácuo. Foi adicionado 20 µL da solução de re-secagem (tampão acetato 0,2 M:trietilamina:metanol) na proporção de 40:20:40 (v:v:v).

Após secagem, adicionou-se 22 µL da solução derivatizante com fenilisotiocianato (PITC), e o tubo foi homogeneizado em agitador tipo vortex por

30s, e permaneceu em repouso durante 20 min, e foi novamente submetido ao vácuo por 30 min para o processo de secagem.

Após a derivatização foi adicionado 500 µL de solução diluente ao tubo que foi homogeneizado em agitador tipo vortex por 30s, e, posteriormente, centrifugado 3000 rpm/2 min.

Foi transferida uma alíquota para o vial do HPLC, e injetados 50µL em Cromatógrafo Líquido de Alta Eficiência (Shimadzu), para separação e detecção dos aminoácidos em coluna analítica de fase reversa (Luna C18 100 A 5 µM 250 X 4,6 mm - Phenomenex®) e detector DAD (arranjo de diodo), com detecção em 254 nm. Os picos das curvas cromatográficas foram avaliados para determinar o teor de cada aminoácido livre das amostras.

5.4.11. Cocção para maciez instrumental e análise sensorial

Os procedimentos para cocção dos bifes foram realizados utilizando-se adaptações do protocolo experimental descrito pela AMSA (1995).

Os bifes foram previamente descongelados (24 horas a 5°C). A cocção foi realizada em chapa elétrica de 162,75 cm^2 (10,5 x 15,5 cm), aquecimento duplo (inferior e superior) George Foreman (modelo GBZ38220V) regulado em 180ºC. Os bifes foram colocados na chapa aos pares e processados termicamente até atingirem a temperatura interna de 71ºC. O controle da temperatura interna nos bifes foi realizado através de um termopar de penetração cobre/constantan de -16 a 100°C com haste flexível conectado a um sensor de temperatura Omron modelo E5CWL (fabricante: CSW), inserido na região central do bife. Os bifes foram pesados antes e depois da cocção e, a partir desses pesos, foram calculadas as perdas de peso por cocção (PPC).

5.4.12. Determinação de maciez instrumental

Após a cocção os bifes foram mantidos a temperatura ambiente até esfriarem, embalados em sacos plásticos, devidamente identificados e levados ao refrigerador à temperatura de 5ºC por um período de 12 horas.

Seis cilindros de 1,27 cm de diâmetro, por bife, foram retirados paralelamente ao sentido longitudinal das fibras musculares utilizando um amostrador ("coring cutter"). Os cilindros foram imediatamente cisalhados em um texturômetro marca TA-XT 2i (Texture Technologies Corp./ Stable Micro Systems, UK), equipado com

lâmina de Warner-Bratzler, de 1 mm de espessura (AMSA, 1995). A média dos resultados de maciez, em kg, dos 6 cilindros de cada bife foi considerada como o valor de maciez final da amostra correspondente.

5.4.13. Analise sensorial

Para esse experimento, foi realizada uma análise sensorial descritiva quantitativa (ADQ) conforme descrito por Stone & Sidel (2004).

5.4.13.1. Preparo das amostras para análise sensorial

O processo de cocção foi o mesmo realizado para maciez instrumental, no entanto a temperatura final de cocção variou no preparo das referências de treinamento.

Após a cocção, as amostras foram aparadas para remoção da gordura de cobertura e tecido conjuntivo e foram cortadas em cubos de aproximadamente 1 cm de aresta. Os cubos foram, então, acondicionados em recipientes de vidro com tampa plástica devidamente identificados e mantidos em uma iogurteira digital automática Euro-Cuisine (modelo YMX650) com temperatura ajustada em 40°C até serem servidos aos avaliadores.

Nos testes sensoriais as amostras foram disponibilizadas em recipientes plásticos descartáveis codificados com números de 3 dígitos aleatórios e os avaliadores tiveram acesso a agua e biscoitos tipo água e sal para eliminar os resíduos de cada amostra no palato.

5.4.13.2. Recrutamento de avaliadores

Os avaliadores foram recrutados entre alunos e funcionários da FEA – UNICAMP com experiência em análises sensorial de carnes. No total, 12 avaliadores foram recrutados. O recrutamento e treinamento de avaliadores foram aprovados pelo comitê de ética em pesquisa da UNICAMP através do parecer de número 1.242.533 (Anexo 1).

5.4.13.3. Seleção dos termos descritores

Os termos descritores iniciais foram determinados pelos avaliadores pelo método de rede (Moskowitz, 1983). Três tipos de amostras diferentes (carne maturada a seco por 21 dias, carne maturada úmida por 21 dias e carne maturada

úmida por 14 dias) foram oferecidos aos avaliadores em pares nas três combinações possíveis (modelo AB, AC e BC).

Foi requerido aos avaliadores descrevessem, em termos simples e precisos, as diferenças e semelhanças entre as características de aparência, aroma, textura e sabor das amostras de cada par avaliado. Os termos relatados pelos avaliadores para descrever as amostras foram listados.

Posteriormente, em outra sessão, foram decididos, junto aos avaliadores, quais termos seriam utilizados no treinamento dentre os termos com maior frequência de citação durante o teste de rede.

5.4.13.4. Treinamento dos avaliadores

Após a seleção dos termos, os avaliadores participaram de sessões de treinamento que visaram desenvolver definições para os termos descritores e identificar, consensualmente, os limites de variação de intensidade para esses termos utilizando amostras de referência. Os avaliadores foram treinados a avaliar as amostras em uma escala linear não estruturada de 9 cm ancorada à esquerda por “pouco”, “ausente” ou “seco” e à direita por “muito” ou “úmido”. Foi considerado, em consenso com os avaliadores, que a percepção em baixa intensidade dos atributos aroma de sangue, aroma de carne assada, sabor de sangue, sabor de carne assada, gosto umami e acidez seria marcada na extremidade esquerda da escala como “pouco” visto que não era esperada a ausência dessas características na carne maturada assada não sendo necessária, assim, a definição de uma referência para estes casos.

Apesar do consenso adquirido com os provadores na etapa de seleção de termos descritores, os termos selecionados pelo método de rede que não tiveram um consenso entre a equipe ou se provaram redundantes ou irrelevantes, foram descartados durante o treinamento.

Ao total, 12 sessões de treinamento foram realizadas com aproximadamente 1 hora de duração. Os termos selecionados, ao final do treinamento, e suas respectivas referências, podem ser visualizados na Tabela 1.

Tabela 1. Termos descritores e materiais de referência utilizados na análise descritiva.

Descritor	Definição	Materiais de referência
Aparência Seca/Úmida	Umidade superficial da amostra (cubo) em sua superfície sem considerar a superfície com crosta (assada)	Seca: bife de coxão duro (1,5 cm de espessura) assado em grill George Foreman (80°C) Úmida: bife de raquete (2 cm de espessura) assado em grill George Foreman (65°C)
Aroma de Sangue	Intensidade de aroma de sangue da amostra	Muito: bife de raquete (2,5 cm de espessura) assado em grill George Foreman (60 °C)
Aroma de Carne Assada	Intensidade de aroma de carne assada da amostra	Muito: bife de coxão mole (1,5 cm de espessura) assado em grill George Foreman (80 °C)
Sabor de Sangue	Intensidade de sabor de sangue da amostra	Muito: bife de raquete (2 cm de espessura) assado em grill George Foreman (65 °C)
Sabor de Carne Assada	Intensidade de sabor de carne assada da amostra	Muito: bife de coxão mole (1,5 cm de espessura) assado em grill George Foreman (77 °C)
Gosto Umami	Intensidade de gosto umami da amostra	Muito: Solução de Glutamato Monossódico 0,5% (m/v)
Acidez	Intensidade da acidez da amostra	Muito: Bife de contrafilé (2,5 cm) maturado assado em grill George Foreman (71°C)
Maciez Inicial	Força mínima necessária para romper a amostra durante a primeira mordida com os dentes incisivos entre as superfícies com crosta (assadas)	Pouco: bife de coxão duro (2 cm de espessura) assado em grill George Foreman (80 °C) Muito: filé mignon (2 cm de espessura) assado em grill George Foreman (65 °C)
Maciez sustentada	Força necessária para mastigar a amostra após a primeira mordida até a deglutição	Pouco: bife de coxão duro (2 cm de espessura) assado em grill George Foreman (80 °C) Muito: filé mignon (2 cm de espessura) assado em grill George Foreman (65 °C)
Suculência	Quantidade total de liquido liberado durante a mastigação da amostra até a sua deglutição	Pouco: bife de coxão duro (1,5 cm de espessura) assado em grill George Foreman (80°C) Muito: bife de raquete (2,5 cm de espessura) assado em grill George Foreman (60 °C)

5.4.13.5. Validação do treinamento

Após o treinamento os avaliadores avaliaram três amostras em três repetições: bifes de raquete com 2 cm de espessura assados até 65°C, bifes de coxão duro com 1,5 cm de espessura assados até 80°C e bifes de contrafilé com 2,5 cm de espessura assados até 71°C. Todas as amostras foram preparadas em "grill" George Foreman e cortadas em cubos para serem disponibilizadas conforme descrito no item 5.4.13.1.

Para avaliação das amostras de validação, os avaliadores utilizaram a ficha contendo os atributos para avaliação sensorial das amostras medidas com escalas lineares não estruturas de 9 cm ancoradas nos extremos com os termos "pouco", "ausente" ou "seco" à esquerda, e à direita por "muito" ou "úmido" e lhes foi permitido consultar a qualquer momento durante a avaliação, a lista com as definições e referências (Tabela 1). As amostras foram avaliadas segundo um delineamento de blocos completos casualizados.

Os resultados dos avaliadores foram avaliados através de análise de variância (ANOVA dois fatores) para os resultados de cada provador e cada termo descritor, tendo como fontes de variação as amostras e repetições (sessões). Foi utilizado o programa Statistica 7.0 (Statsoft, 2005). Os avaliadores que não apresentaram um satisfatório poder discriminativo (p amostra < 0,30), reprodutibilidade dos julgamentos (p repetição > 0,05) e consenso com os demais membros da equipe (p interação amostra x provador > 0,05), foram eliminados restando 8 avaliadores treinados e validados ao final do processo.

5.4.13.6. Avaliação das amostras

Uma vez selecionados os avaliadores, deu-se inicio à avaliação das amostras. Foi utilizado um delineamento com blocos completos casualizados de 4 amostras, uma de cada tratamento de maturação, com todas as amostras provenientes de um mesmo animal (par de contrafilés, Figura 1). As amostras foram apresentadas de forma monádica, ou seja, uma amostra por vez foi oferecida ao provador e a ordem de apresentação das amostras foi balanceada evitando vício nos resultados. O preparo e apresentação das amostras seguiram conforme descrito no item 5.4.13.1.

Um total de 8 sessões foram realizadas, cada uma com 4 amostras, uma de cada tratamento (4 amostras para 8 avaliadores com 8 repetições). Para a avaliação de cada amostra, cada provador utilizou uma ficha de análise sensorial para o registro dos resultados conforme descrito no item 5.4.13.5 (Figura 2). Além dos termos descritores levantados pelos avaliadores e selecionados durante o treinamento (Tabela 1), foi requerido aos avaliadores que avaliassem a presença de aroma ou sabor estranho nas amostras e que esses atributos fossem descritos, caso fossem detectados. Assim, a ficha incluiu os termos aroma e sabor estranho com espaços para descrever o atributo (Figura 2).

FICHA DE REGISTRO DE AVALIAÇÃO SENSORIAL DE CARNES

Nome: _____ Data:_____

Você está recebendo uma amostra de Carne. Por favor, prove a amostra codificada e avalie a intensidade dos atributos listados abaixo marcando o seu valor correspondente nas respectivas escalas lineares.

Amostra: _____

AROMA

AROMA DE SANGUE

POUCO MUITO

AROMA DE CARNE ASSADA

POUCO MUITO

AROMA ESTRANHO

AUSENTE MUITO

DESCRIÇÃO:_____

APARÊNCIA

APARÊNCIA SECA/ÚMIDA

SECA ÚMIDA

TEXTURA

MACIEZ INICIAL

POUCO MUITO

MACIEZ SUSTENTADA

POUCO MUITO

SUCULÊNCIA

POUCO MUITO

SABOR

SABOR DE SANGUE

POUCO MUITO

SABOR DE CARNE ASSADA

POUCO MUITO

GOSTO UMAMI

POUCO MUITO

ACIDEZ

POUCO MUITO

SABOR ESTRANHO

AUSENTE MUITO

DESCRIÇÃO:_____

Figura 2. Ficha utilizada no treinamento e avaliação das amostras de carne maturada.

5.4.14. Análise estatística

Para comparar os tratamentos, utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 8 repetições. Os dados coletados foram avaliados estatisticamente com o programa Statistica 7.0 (STATSOFT, 2005). Os dados de análise sensorial descritiva, foram analisados por ANOVA de 2 fatores com duas fontes de variação (amostra e provador). Os dados resultantes das demais análises foram analisador por ANOVA de 1 fator. As médias foram comparadas por teste Tukey e foram realizadas análises de correlação de Pearson.

5.5. Resultados e Discussão

5.5.1. Perdas

Os resultados das perdas por gotejamento, evaporação, aparas, maturação e processo são apresentadas na Tabela 2.

As amostras maturadas a seco não apresentaram perda por gotejamento (0%). Não foi verificada diferença (P>0,05) para perdas por gotejamento entre as amostras MUS (0,52 ± 0,04%) e MSU (0,43 ± 0,05%). No entanto, as amostras MU apresentaram maiores valores de perda por gotejamento (2,62 ± 0,55%; P<0,05) do que as amostras dos demais tratamentos.

As amostras maturadas a vácuo não apresentaram perda por evaporação (0%). As perdas por evaporação foram maiores nas amostras MS (7,57 ± 0,22%) do quer nas amostras MUS (4,65 ± 0,30%) que foram, por sua vez, maiores do que as perdas das amostras MSU (3,49 ± 0,27%).

As amostras maturadas úmidas não passaram pelo processo de toalete e, portanto, não apresentam perdas por aparas (0%). Não foi verificada diferença (P>0,05) entre as perdas por aparas das amostras MS, MSU e MUS (9,14 ± 0,49%; 7,52 ± 0,49%; 7,72 ± 0,48%, respectivamente).

A perda de peso por maturação, que representa a soma das perdas por gotejamento e evaporação, foi maior (P<0,05) nas amostras MS (7,57 ± 0,22%), seguida pelas amostras MUS (5,17 ± 0,29%), as quais não diferiram (P>0,05) das amostras MSU (3,92 ± 0,27%), mas foram superiores as amostras MU (2,65 ± 0,55%). As amostras MUS e MU não diferiram quanto à esta característica.

A perda por processo, que adiciona a perda por aparas à perda por maturação, foi maior (P<0,05) nas amostras MS (16,72 ± 0,69%), seguida pelos MUS (12,69 ± 0,45%) e MSU (11,64 ± 0,64%), os quais não diferiram entre si (P>0,05), mas foram superiores (P<0,05) às amostras MU (2,62 ± 0,55%).

As perdas de maturação e processo, que contabilizam as perdas de modo geral, foram maiores nas amostras MS do que nas amostras MU, estando de acordo com os resultados encontrados por Kim et al. (2016) 0,7 e 9 a 13,5%, Li et al. (2014), 1,7 e 15,3%, Dikeman et al. (2013), 2,9 e 15,59%, Laster et al. (2008), 0,5 e 9,7%, Smith et al. (2008), 1,0 e 6,1% e Warrem & Kastener, (1992), 0,76 e 13,65%.

Kim et al. (2016) apontaram a perda por aparas como a maior responsável da queda de rendimento das peças maturadas a seco, em relação às peças relatadas

úmidas. Esse fenômeno parece ter ocorrido também no presente experimento visto que a perda por aparas foi o valor mais representativo da perda de peso por processo (Tabela 2).

Tabela 2. Médias ± EPM (N=32) das perdas de peso por desossa, aparas, gotejamento, evaporação, maturação e processo das amostras maturadas.

Perdas (%)	Tratamentos				P>F
	MU (n=8)	MS (n=8)	MSU (n=8)	MUS (n=8)	
Desossa	21,95 ± 0,98	21,17 ± 1,18	23,56 ± 1,00	24,34 ± 1,13	0,1661
Aparas	$0,00^{b}$ ± 0,00	$9,14^{a}$ ± 0,49	$7,72^{a}$ ± 0,48	$7,52^{a}$ ± 0,49	<0,0001
Gotejamento	$2,62^{a}$ ± 0,55	$0,00^{b}$ ± 0,00	$0,43^{b}$ ± 0,05	$0,52^{b}$ ± 0,04	<0,0001
Evaporação	$0,00^{d}$ ± 0,00	$7,57^{a}$ ± 0,22	$3,49^{c}$ ± 0,27	$4,65^{b}$ ± 0,30	<0,0001
Maturação (gotejamento + evaporação)	$2,62^{c}$ ± 0,55	$7,57^{a}$ ± 0,22	$3,92^{bc}$ ± 0,27	$5,17^{b}$ ± 0,29	<0,0001
Processo (maturação + aparas)	$2,62^{c}$ ± 0,55	$16,72^{a}$ ± 0,69	$11,64^{b}$ ± 0,64	$12,69^{b}$ ± 0,45	<0,0001

[a,b,c,d] Médias seguidas de letras sobrescritas diferentes na mesma linha diferem (p<0,05)
MU = Maturação úmida por 28 dias; MS = Maturação a seco por 28 dias; MSU = Maturação a seco por 14 dias + úmida por 14 dias; MUS = Maturação úmida por 14 dias + a seco por 14 dias

5.5.2. pH

Foi observada uma elevação significativa (P<0,05) nos valores de pH devido à maturação (5,46 ± 0,01 para 5,66 ± 0,02; n = 40; Tabela 3) e essa observação também foi relatada por outros autores (Boakye & Mittal, 1993, Kim et al., 2016, Li et al., 2014 e Stenström et al., 2014). Esse efeito é, provavelmente, devido a mudanças nas cargas elétricas das proteínas miofibrilares decorrentes da atividade de enzimas proteolíticas (Boakye & Mittal, 1993).

Não houve diferença (P>0,05) entre os processos de maturação (MS, MU, MUS e MSU) para os valores de pH (5,66 ± 0,01; n = 32; Tabela 4). Esse resultados estão de acordo com estudos anteriores que não relataram diferenças entre os valores de pH de amostras maturadas a seco e úmidas (Parrish et al., 1991, Boakye & Mittal, 1993, Stenström et al., 2014 e Kim et al., 2016), no entanto, outros trabalhos relataram que amostras maturadas úmidas apresentaram menores valores de pH (Dikeman et al., 2013 e Li et al., 2014). No trabalho de Li et al. (2014), foi encontrada uma maior quantidade de bactérias ácido láticas em amostras maturadas úmidas o que poderia estar relacionado com o menor pH dessas amostras em relação a amostras maturadas a seco uma vez que a acidificação da carne durante a estocagem pode estar relacionada a produção de ácido lático por bactérias (Bañón, Méndez e Almela, 2012).

Assim, os valores de pH de carnes maturadas por diferentes métodos parecem ser influenciados pelo desenvolvimento dos microrganismos presentes na carne o que, por sua vez, pode variar com as condições de maturação utilizadas. Talvez por isso essa diferença nos valores de pH foi observada por certos autores (Dikeman et al., 2013 e Li et al., 2014), mas, não foi encontrada no presente experimento e também em outros trabalhos avaliados (Parrish et al., 1991, Boakye & Mittal, 1993, Stenström et al., 2014 e Kim et al., 2016).

Tabela 3. Médias ± EPM(N=40) dos valores de perda de peso por cocção (PPC), Warner-Bratzler Shear Force (WBSF), pH e cor instrumental das amostras maturadas e não maturadas.

Análise	Tratamento		P>F
	Não maturadas (n=8)	Maturadas (n=32)	
PPC[1] (%)	13,97 ± 1,59	16,22 ± 0,47	0,0739
WBSF[2] (kg)	4,73[a] ± 0,50	3,29[b] ± 0,08	<0,0001
pH	5,46[b] ± 0,02	5,66[a] ± 0,01	<0,0001
L*	37,07[b] ± 0,85	39,09[a] ± 0,45	0,0483
a*	22,77[b] ± 0,79	24,75[a] ± 0,31	0,0097
b*	19,7[b] ± 0,65	21,74[a] ± 0,26	0,0019
Croma	30,11[b] ± 1,01	32,95[a] ± 0,38	0,0037
Hue	40,89 ± 0,18	41,31 ± 0,21	0,3457

[a,b] Médias seguidas de letras sobrescritas diferentes na mesma linha diferem (p<0,05)
[1] Perda de peso por cocção
[2] Força de cisalhamento por Warner-Bratzler Shear Force

Tabela 4. Médias e EPM (N=32) dos valores de perda de peso por cocção (PPC), Warner-Bratzler Shear Force (WBSF), pH e cor instrumental das amostras maturadas por quatro tratamentos diferentes.

Análise	Tratamento				P>F
	MU (n=8)	MS (n=8)	MSU (n=8)	MUS (n=8)	
PPC[1](%)	15,32 ± 0,74	16,18 ± 1,18	15,84 ± 0,87	17,53 ± 0,94	0,4083
WBSF[2](kg)	3,23 ± 0,21	3,37 ± 0,12	3,29 ± 0,13	3,26 ± 0,17	0,9410
pH	5,65 ± 0,01	5,67 ± 0,01	5,66 ± 0,01	5,67 ± 0,01	0,5523
L*	40,06 ± 1,03	38,46 ± 0,82	39,06 ± 1,02	38,79 ± 0,76	0,6393
a*	24,42 ± 0,62	24,26 ± 0,44	25,67 ± 0,84	24,65 ± 0,48	0,3774
b*	21,65 ± 0,31	21,26 ± 0,50	22,88 ± 0,63	21,15 ± 0,42	0,0628
Croma	32,64 ± 0,64	32,27 ± 0,62	34,40 ± 1,02	32,48 ± 0,60	0,1808
Hue	41,63 ± 0,44	41,22 ± 0,43	41,74 ± 0,42	40,63 ± 0,36	0,2481

MU = Maturação úmida por 28 dias; MS = Maturação a seco por 28 dias; MSU = Maturação a seco por 14 dias + úmida por 14 dias; MUS = Maturação úmida por 14 dias + a seco por 14 dias
[1] Perda de peso por cocção
[2] Força de cisalhamento por Warner-Bratzler Shear Force

5.5.3. Cor instrumental

Houve alteração nos valores das coordenadas de cor instrumental durante o processo de maturação (Tabela 3). As amostras maturadas apresentaram maiores (P<0,05) valores de L* (39,09±0,45), a* (24,75±0,31), b* (21,74±0,26) e croma (32,95±0,38) do que as amostras sem maturação (L* 37,07±0,85, a* 22,77±0,79, b* 19,70±0,65 e croma 30,11±1,01). Isso significa que a cor da carne maturada ficou mais clara e com maior tonalidade de vermelho e amarelo do que a cor da carne não maturada. Não foram verificadas diferenças (P>0,05) entre os tratamentos de maturação para as coordenadas de cor instrumental (Tabela 4).

Outros autores relataram o aumento dos valores L* e a* (Marino et al., 2014) e também b* (Boakye & Mittal, 1996) com a maturação de carne. O efeito da maturação na cor parece estar relacionado com uma maior retenção de oxigênio na superfície recém-cortada da carne devido à inativação progressiva de enzimas utilizadoras de oxigêno no tecido interno conforme a maturação (tempo) progride (Joseph & Connolly, 1997).

Li et al. (2014) não encontraram diferenças entre os valores de cor instrumental de amostras maturadas a seco e úmidas. No entanto, Kim et al. (2016)

relataram que amostras maturadas a seco apresentaram maiores valores de L*, a* e Croma, do que amostras maturadas úmidas atribuindo essa diferença à maior perda de água causada pela maturação a seco que causaria a maior absorção de luz na superfície da carne (Kim & Hunt, 2011 apud Kim et al., 2016).

5.5.4. Umidade

Não foi verificada alteração (P>0,05) nos teores de umidade (P>0,05) entre as amostras não maturadas (73,25 ± 0,28%) e nas maturadas pelo processo seco (73,08 ± 0,33%). Entretanto, as amostras maturadas úmidas (71,54 ± 0,30%) apresentaram menores (P<0,05) valores de umidade que as não maturadas e maturadas a seco (Tabela 5). Trabalhos anteriores relatam que a umidade de amostras maturadas úmidas é maior do que a das amostras maturadas a seco (Dikeman et al., 2013, Li et al., 2014 e Sitz et al., 2006).

A diferença entre os resultados de umidade do presente estudo com os resultados descritos na literatura podem ser decorrentes da metodologia aplicada para preparação das amostras para análise. As amostras usadas para a avaliação da umidade, no presente experimento, foram bifes retirados das peças maturadas após o processo de remoção de aparas, com o objetivo de avaliar a carne maturada na forma em que ela é naturalmente consumida. No processo de secagem de um alimento, a perda de umidade ocorre, a princípio, superficialmente para, então, gerar o deslocamento do líquido do interior do alimento para o ambiente, gerando assim uma secagem da porção interna até que, dependendo das condições de secagem, ocorra a formação de uma crosta superficial, que pode impedir ou atenuar a perda de umidade do interior do alimento (Ordonez, 2005). Durante a maturação a seco, é comum o ressecamento da porção superficial da carne que precisa ser descartada após a maturação e é geralmente denominada “crosta”, em inglês denominado *crust* (Laster et al., 2008 e Smith et al., 2008). Esse ressecamento ocorreu naturalmente no presente experimento nas amostras MS, MUS e MSU. É provável que essa superfície ressecada da carne maturada a seco funcione como a crosta influenciando a perda de umidade do interior do alimento.

Possivelmente, devido às condições de secagem usadas no experimento, a desidratação sofrida pelas amostras MS foi mais significante na superfície, onde se formou a “crosta”, do que no interior das amostras. Dessa forma, a perda de umidade no interior das amostras MS foi menor do que a perda das amostras MU,

as quais não tiveram a formação de crosta e, portanto, perderam umidade de uma forma mais uniforme através do gotejamento, gerando, assim, bifes com umidade menor do que os das amostras MS.

De acordo com o modelo de secagem de alimento proposto por Gulati & Datta (2015), o efeito de condições de secagem na distribuição da umidade pelo alimento. A concentração de umidade na porção central do alimento em relação às regiões periféricas é dependente das condições de secagem (Figura 3), ou seja, em condições de secagem mais extremas (com maior temperatura e velocidade do ar), ocorre uma maior concentração de umidade na porção central do alimento enquanto em condições menos extremas (com menor temperatura e velocidade do ar) a umidade fica distribuída de forma mais uniforme.

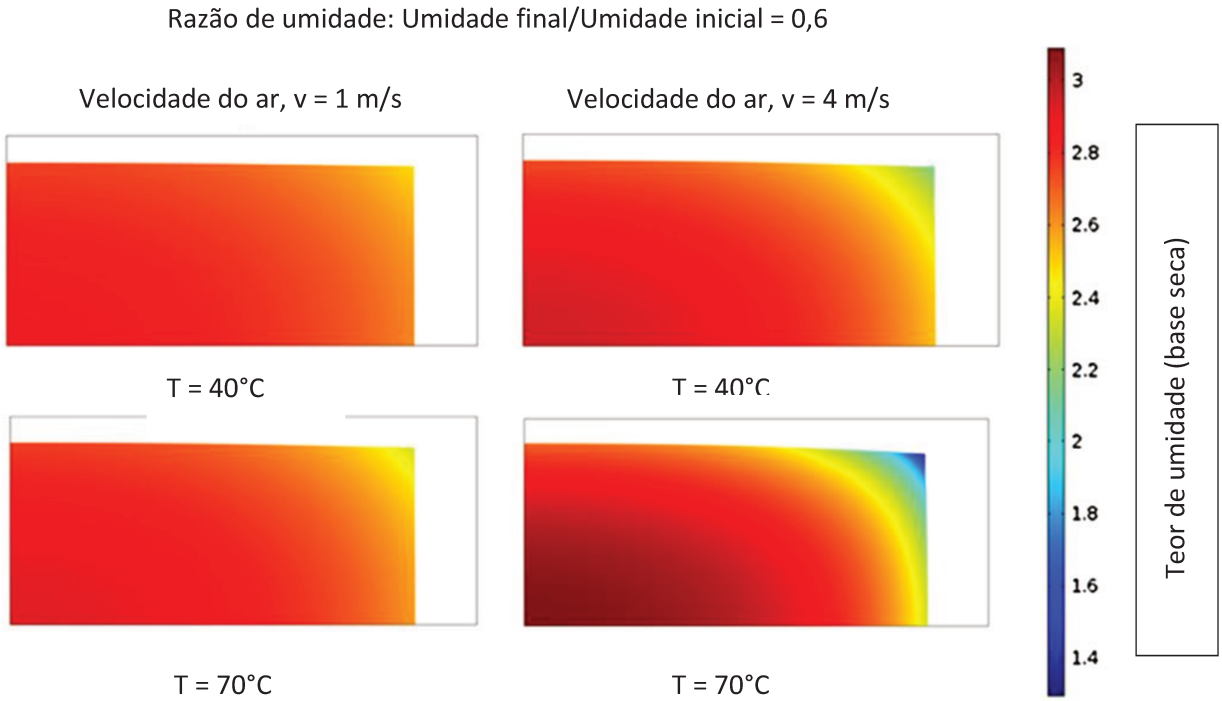

Figura 3. Perfis espaciais de umidade computados à razão de umidade média de 0,6 para temperaturas de secagem, T = 40 e 70°C e velocidades do ar, v = 1 e 4 m/s. Taxas de secagem mais altas (T = 70°C, v = 4 m/s) resultam em rápida perda de umidade da superfície. Adaptado de Gulati & Datta (2015).

A perda de peso por maturação das amostras maturadas a seco, no presente experimento, foi maior do que a perda das amostras maturadas úmidas, no entanto, as porções da amostra MS com menos umidade, as aparas, foram retiradas antes da avaliação do teor de umidade uma vez que as superfícies ressecadas geralmente não são consumidas. Assim, apenas a porção interna, com mais umidade concentrada, das amostras maturadas a seco foi considerada para análise de umidade. As amostras MU, no entanto, não apresentaram esse ressecamento superficial e, portanto, foram avaliadas íntegras.

Como as amostras MU perderam peso por meio de exsudação, a perda de umidade deve ter sido mais uniforme do que nas amostras MS que estavam expostas a temperatura, umidade relativa e velocidade do ar da câmara de maturação. Assim, a porção da amostra MS avaliada continha mais umidade concentrada do que a amostra MU. Isso explicaria a diferença entre os teores de umidade das amostras MU e MS.

Tabela 5. Médias ± EPM(N=12) dos teores de aminoácidos livres e umidade de amostras não maturadas (NM) e maturadas a seco (MS) e úmidas (MU).

Análise	Tratamento			P>F
	NM (n=4)	MU (n=4)	MS (n=4)	
Umidade (%)	73,25^{a} ± 0,28	71,54^{b} ± 0,30	73,08^{a} ± 0,33	0,0056
Aminoácidos livres (µmol/g)				
Ácido Aspártico	0,11^{b} ± 0,03	0,27^{a} ± 0,03	0,20^{ab} ± 0,03	0,0088
Ácido Glutâmico	0,52^{c} ± 0,06	2,71^{a} ± 0,12	1,68^{b} ± 0,17	<0,0001
Serina	0,88^{c} ± 0,05	2,62^{a} ± 0,10	2,00^{b} ± 0,12	<0,0001
Glicina	4,09^{b} ± 0,31	5,63^{a} ± 0,23	5,52^{a} ± 0,14	0,0022
Histidina	0,53^{c} ± 0,06	1,24^{a} ± 0,02	1,02^{b} ± 0,04	<0,0001
Treonina	0,33^{c} ± 0,02	1,27^{a} ± 0,11	0,90^{b} ± 0,09	0,0001
Alanina	3,70^{b} ± 0,18	6,86^{a} ± 0,23	6,01^{a} ± 0,30	<0,0001
Prolina	1,01 ± 0,39	1,40 ± 0,17	1,36 ± 0,24	0,5796
Tirosina	0,39^{b} ± 0,01	0,53^{ab} ± 0,14	0,83^{a} ± 0,04	0,0126
Valina	0,68^{c} ± 0,01	2,37^{a} ± 0,09	1,76^{b} ± 0,13	<0,0001
Metionina	0,45^{c} ± 0,01	1,21^{a} ± 0,03	0,96^{b} ± 0,05	<0,0001
Cistina	0,17 ± 0,01	0,15 ± 0,02	0,21 ± 0,06	0,2531
Isoleucina	0,52^{c} ± 0,03	1,68^{a} ± 0,10	1,28^{b} ± 0,09	<0,0001
Leucina	0,89^{c} ± 0,02	2,65^{a} ± 0,11	2,06^{b} ± 0,13	<0,0001
Fenilalanina	0,41^{c} ± 0,02	1,27^{a} ± 0,06	0,92^{b} ± 0,07	<0,0001
Lisina	0,52^{c} ± 0,02	1,86^{a} ± 0,09	1,41^{b} ± 0,09	<0,0001
Triptofano	0,07^{c} ± 0,01	0,21^{a} ± 0,02	0,14^{b} ± 0,01	0,0001
Aminoácidos livres totais	15,20^{c} ± 0,94	33,95^{a} ± 1,01	28,23^{b} ± 1,28	<0,0001

^{a,b,c} Médias seguidas de letras sobrescritas diferentes na mesma linha diferem (p<0,05)

MU = Maturação úmida por 28 dias; MS = Maturação a seco por 28 dias; NM = Não maturado

5.5.5. Aminoácidos lívres

São apresentados na Tabela 5 os resultados das análises de aminoácidos livres e umidade das amostras não maturadas e dos tratamentos MU e MS. A maioria dos aminoácidos (ácido glutâmico, serina, histidina, treonina, valina, metionina, isoleucina, leucina, fenilalanina, lisina e triptofano), assim como o teor de aminoácidos livres totais, apresentaram maiores valores (P<0,05) nas amostras do tratamento MU (2,71 ± 0,12 µmol/g; 2,62 ± 0,10 µmol/g; 1,24 ± 0,02 µmol/g; 1,27 ± 0,11 µmol/g; 2,37 ± 0,09 µmol/g; 1,21 ± 0,03 µmol/g; 1,68 ± 0,10 µmol/g; 2,65 ± 0,11 µmol/g; 1,27 ± 0,06 µmol/g; 1,86 ± 0,09 µmol/g; 0,21 ± 0,02 µmol/g; 33,95 ± 1,01 µmol/g, respectivamente) do que nas amostras do tratamento MS (1,68 ± 0,17 µmol/g; 2,00 ± 0,12 µmol/g; 1,02 ± 0,04 µmol/g; 0,90 ± 0,09 µmol/g; 1,76 ± 0,13 µmol/g; 0,96 ± 0,05 µmol/g; 1,28 ± 0,09 µmol/g; 2,06 ± 0,13 µmol/g; 0,92 ± 0,07 µmol/g; 1,41 ± 0,09 µmol/g; 0,14 ± 0,01 µmol/g; 28,23 ± 1,28 µmol/g, respectivamente) que, por sua vez, apresentaram maiores valores (P<0,05) do que as amostras não maturadas (0,52 ± 0,06 µmol/g; 0,88 ± 0,05 µmol/g; 0,53 ± 0,06 µmol/g; 0,33 ± 0,02 µmol/g; 0,68 ± 0,01 µmol/g; 0,45 ± 0,01 µmol/g; 0,52 ± 0,03 µmol/g; 0,89 ± 0,02 µmol/g; 0,41 ± 0,02 µmol/g; 0,52 ± 0,02 µmol/g; 0,07 ± 0,01 µmol/g; 15,20 ± 0,94 µmol/g, respectivamente).

O teor de ácido aspártico foi maior nas amostras do tratamento MU (0,27 ± 0,03 µmol/g) do que nas amostras não maturadas (0,11 ± 0,03 µmol/g) (P<0,05), no entanto, o teor de ácido aspártico das amostras do tratamento MS (0,20 ± 0,03 µmol/g) não foi diferente (P>0,05) dos valores das amostras dos outros dois tratamentos. O teor de tirosina foi maior (P<0,05) nas amostras do tratamento MS (0,83 ± 0,04 µmol/g) do que nas amostras não maturadas (0,39 ± 0,01 µmol/g), enquanto o teor de tirosina das amostras MU (0,53 ± 0,14 µmol/g) não se diferenciou dos demais tratamentos. Não houve diferença (P>0,05) entre os teores de glicina e alanina das amostras dos tratamentos MU (5,63 ± 0,23 µmol/g e 6,86 ± 0,23 µmol/g respectivamente) e MS (5,63 ± 0,23 µmol/g e 6,01 ± 0,30 µmol/g, respectivamente), mas, ambos foram maiores (P<0,05) dos teores desses aminoácidos nas amostras não maturadas (4,09 ± 0,31 µmol/g e 3,70 ± 0,18 µmol/g, respectivamente). Os teores de cistina e prolina não foram significativamente diferentes (P<0,05) entre as amostras (0,16 ± 0,02 µmol/g e 1,26 ± 0,16 µmol/g, respectivamente).

O experimento conduzido por Polak, Gasperlin & Zlender (2007) mostrou a relação do aumento do teor de aminoácidos livres com o tempo da maturação em carne bovina. Isso também foi observado no presente estudo como o aumento do teor da maioria dos aminoácidos livres de ambos os tratamentos avaliados (MU e MS) em relação às amostras não maturadas ($P<0,05$, Tabela 5). Apesar disso, a maioria dos aminoácidos livres analisados foi encontrada em maior quantidade em amostras do tratamento MU em relação às amostras do tratamento MS ($P<0,05$).

A ação de enzimas que aumentam a concentração de aminoácidos livres (aminopeptidases) ainda parece ser um dos principais fatores envolvidos no aumento de aminoácidos livres durante a maturação conforme levantado e observado em experimentos anteriores (Toldrá, Flores & Aristoy, 1995 e Polak, Gasperlin & Zlender, 2007).

Entretanto, analisando as amostras maturadas úmidas e a seco, foram observadas correlações negativas ($P<0,05$) entre a umidade e vários aminoácidos livres, como ácido aspártico (-0,56), ácido glutâmico (-0,63), serina (-0,58), histidina (-0,54), treonina (-0,55), tirosina (-0,51), valina (-0,57), metionina (-0,58), isoleucina (-0,56), leucina (-0,55), fenilalanina (-0,60), lisina (-0,54) e triptofano (-0,69), assim como para a soma dos aminoácidos livres que foi de -0,57 (Tabela 6). Isso seria explicado pelo aumento de concentração de solutos na carne causado pela perda de água ter sido maior nas amostras maturadas pelo processo úmido. Dessa forma, o teor de umidade final da amostra maturada parece ser um dos fatores que levaram à diferença entre as concentrações de aminoácidos livres das amostras MU e MS.

Tabela 6. Correlações entre os teores de aminoácidos livres e umidade de amostras maturadas a seco (MS)(n=8) e úmidas (MU) (n=8).

	Umidade (%)
Ácido Aspártico	-0,56*
Ácido Glutamico	-0,63**
Serina	-0,58*
Glicina	-0,18
Histidina	-0,54*
Treonina	-0,55*
Alanina	-0,38
Prolina	-0,12
Tirosina	0,51
Valina	-0,57*
Metionina	-0,58*
Cistina total	0,05
Isoleucina	-0,56*
Leucina	-0,55*
Fenilalanina	-0,60*
Lisina	-0,54*
Triptofano	-0,69**
Aminoácidos livres totais	-0,57*

*p<0,05; **p<0,01

5.5.6. Maciez instrumental e perda de peso por cocção

As amostras não maturadas (13,97 ± 1,59%) não diferiram (P>0,05) das amostras maturadas quanto aos valores de PPC (16,22 ± 0,47%; Tabela 3). Também não foi verificado efeito significativo entre os métodos de maturação para as perdas por cocção (Tabela 4). Esses resultados são similares aos apresentados por outros autores, que não observaram diferenças entre a perda de peso por cocção nas amostras maturadas úmidas e a seco (Stenström et al. , 2014, Dikeman et al., 2013). Por outro lado, Warren & Kastner (1992) relataram não haver diferença entre a PPC das amostras não maturadas e maturadas úmidas, mas, as amostras não maturadas apresentaram maior PPC do que amostras maturadas a seco.

As amostras não maturadas (4,73 ± 0,50 kg, n=8) apresentaram maiores (P<0,05) valores de força de cisalhamento em relação às amostras maturadas (3,29 ± 0,47 kg, n=32, tabela 3), por outro lado não foram encontradas diferenças na maciez instrumental entre os quatro processos de maturação (Tabela 4). Essas

relações estão de acordo com os relatados previamente na literatura (Smith et al.; 2008 e Dikeman et al., 2013). Laster et al. (2008) relataram que diferentes cortes cárneos podem ter a maciez afetada de maneira diferente quando submetidos a diferentes processos de maturação. Os autores encontraram que o filé de costela (*ribeye*) é mais macio quando pelo processo úmido, a alcatra (*sirloin*) é mais macio no processo seco e o contrafilé (*top loins*) não apresenta diferença de maciez entre os dois processos.

5.5.7. Análise sensorial descritiva

No presente experimento os avaliadores não foram capazes de identificar diferenças entre as amostras dos quatro tratamentos para a maioria dos atributos avaliados (P>0,05), com exceção do aroma estranho. Amostras maturadas úmidas apresentaram maiores valores (P>0,05) de aroma estranho (0,43 ± 0,13) do que amostras maturadas a seco (0,11 ± 0,03), enquanto os tratamentos MSU e MUS (respectivamente: 0,26 ± 0,08 e 0,22 ± 0,06) não apresentaram diferenças entre si e entre os outros dois tratamentos (P>0,05, Tabela 6).

Os resultados de trabalhos anteriores são variáveis quanto às diferenças sensoriais entre carnes maturadas úmidas e a seco. Parrish et al. (1991), usando um equipe sensorial treinada, relataram que amostras maturadas úmidas apresentaram maior palatabilidade e Sitz et al. (2006) encontraram um resultado similar com consumidores, relatando maiores valores de aceitabilidade, maciez e sabor para bifes de contrafilé ("Quality grade - prime") maturados úmidos em relação a bifes com o mesmo padrão de qualidade maturados a seco e Laster et al. (2008) relataram que filés de costela (*ribeyes*) maturados úmidos foram considerados mais macios, pelos consumidores, do que os maturados secos.

Em contraste, outros pesquisadores realizaram análises sensoriais com equipe treinada e relataram que amostras maturadas a seco apresentaram, em relação a amostras maturadas úmidas, maior intensidade em certos atributos tipicamente atribuídos à maturação a seco como gosto umami e sabor de carne frita na manteiga (Li et al., 2014) e sabor cárneo e assado (Warrem & Kastener, 1992). Além disso, Kim et al. (2016) relataram que consumidores preferiram amostras maturadas a seco em relação a amostras maturadas úmidas.

Outros autores, no entanto, não encontraram diferenças sensoriais entre amostras maturadas a seco e úmidas tanto por meio de equipe treinada (Dikeman et al., 2013) ou de consumidores (Laster et al., 2008 para contrafilé e alcatra e Smith et al., 2008). Tais resultados foram os mais semelhantes aos encontrados no presente experimento. O resultado da análise sensorial está apresentado na Tabela 6 que apresenta os valores médios dos atributos sensoriais de bifes de contrafilé para cada tratamento de maturação.

Tabela 6. Médias ± EPM(N=32) dos atributos sensoriais avaliados pela equipe treinada em análise sensorial das amostras maturadas.

Atributo	Tratamento				P>F
	MU (n=8)	MS (n=8)	MSU (n=8)	MUS (n=8)	
Aroma de Sangue	1,89 ± 0,22	1,99 ± 0,24	2,3 ± 0,25	1,80 ± 0,21	0,1469
Aroma de carne Assada	5,94 ± 0,23	6,05 ± 0,22	5,74 ± 0,25	6,18 ± 0,19	0,3831
Aroma estranho	$0,43^{a}$ ± 0,13	$0,11^{b}$ ± 0,03	$0,26^{ab}$ ± 0,08	$0,22^{ab}$ ± 0,06	0,0073
Aparência Seca/Úmida	4,15 ± 0,27	4,97 ± 0,28	4,93 ± 0,26	4,26 ± 0,26	0,0155
Maciez Inicial	6,72 ± 0,18	6,55 ± 0,19	6,49 ± 0,18	6,71 ± 0,18	0,8057
Maciez Sustentada	6,37 ± 0,19	6,37 ± 0,20	6,45 ± 0,17	6,71 ± 0,17	0,5319
Suculência	4,09 ± 0,24	4,67 ± 0,25	4,25 ± 0,27	4,26 ± 0,25	0,2754
Sabor de Sangue	1,93 ± 0,23	1,98 ± 0,25	2,04 ± 0,27	1,82 ± 0,22	0,7125
Sabor de Carne Assada	5,89 ± 0,23	6,09 ± 0,23	5,91 ± 0,26	6,10 ± 0,19	0,5490
Gosto Umami	1,71 ± 0,20	1,44 ± 0,19	1,54 ± 0,18	1,56 ± 0,16	0,6125
Acidez	0,88 ± 0,13	0,63 ± 0,11	0,61 ± 0,10	0,77 ± 0,11	0,2035
Sabor estranho	0,24 ± 0,05	0,25 ± 0,06	0,18 ± 0,05	0,34 ± 0,09	0,3686

[a,b] Médias seguidas de letras sobrescritas diferentes na mesma linha diferem ($p<0,05$)

MU = Maturação úmida por 28 dias; MS = Maturação a seco por 28 dias; MSU = Maturação a seco por 14 dias + úmida por 14 dias; MUS = Maturação úmida por 14 dias + a seco por 14 dias

Resultados de escala linear não estruturada de 9 cm

Os termos utilizados pelos avaliadores para descrever o aroma estranho foram: carne seca, ferro, gordura e gordura oxidada. Possivelmente, a maturação úmida pode propiciar o desenvolvimento de odor “off-flavor” que seriam menos frequentes em carnes maturadas a seco.

Li et al. (2014) relataram a detecção, pelo equipe treinada, de odor metálico mais acentuado em amostras maturadas úmidas do que a seco e atribuiu esse odor à possíveis mudanças óxido redutoras nas carnes embaladas à vácuo que causariam a formação de compostos voláteis com odor metálico. Os resultados do presente experimento parecem estar de acordo com a hipótese levantada por Li et al. (2014).

É importante ressaltar que as amostras com maturação a seco e úmida alternada, MUS e MSU, permaneceram entre as amostras úmidas e a seco nos valores de aroma estranho (amostras MUS e MSU não se diferenciaram das amostras MU e MS, $P>0,05$) provavelmente devido a uma formação mais acentuada de compostos geradores de “off-flavor” apenas nos períodos de embalagem a vácuo. Assim, ao final da maturação, as amostras MUS e MSU teriam maior concentração desses compostos do que as amostras MS e menor do que as amostras MU.

Apesar de a evidência experimental indicar que o tipo de maturação não afeta os valores de maciez instrumental, há relatos de análises sensoriais nas quais os avaliadores consideraram carnes maturadas úmidas mais macias do que carnes maturadas a seco (Parrish et al., 1991 e Sitz et al., 2006). Li et al. (2014) relataram um resultado inverso com consumidores considerando as amostras maturadas a seco mais macias do que e as úmidas enquanto Warren & Kastener (1992) não relataram diferença na maciez sensorial entre amostras maturadas a seco e úmidas. Nesses experimentos, no entanto, não foram conduzidas análises de maciez instrumental.

Assim como no presente experimento, os resultados de WBSF de Smith et al. (2008) e Dikeman et al. (2013) estão de acordo com os resultados de avaliação sensorial não sendo encontradas diferenças na maciez entre carne maturada a seco e úmida.

No presente experimento, as perdas por maturação, das amostras maturadas úmidas foram, de acordo com os dados encontrados na literatura, relativamente altas (2,62 ± 0,55%) enquanto os valores de perda das amostras

maturadas a seco foram relativamente baixos (7,57 ± 0,22%) quando comparandas os resultados obtidos nos trabalhos avaliados (Kim et al., 2016; Li et al., 2014; Dikeman et al., 2013; Laster et al., 2008; Smith et al. 2008; Warrem & Kastener, 1992). Os valores de perda de peso por maturação de amostras maturadas úmidas do presente experimento estão próximos dos encontrados por Dikeman et al. (2013) enquanto esses valores de perda das amostras maturadas a seco se assemelham aos relatos por Smith et al. (2008), ambos autores que não relataram diferenças sensórias entre amostras maturadas úmidas e a seco.

Ao relacionar esses dados pode-se inferir que os estudos nos quais houve diferença entre as perdas de maturação de amostras maturadas a seco e úmidas, também houve diferenças sensoriais entre elas.

Essa avaliação indica que, aparentemente, a perda de peso durante a maturação teve influência sobre as características sensoriais da carne maturada. Dado que a maior parte dessa perda ocorre devido à desidratação da carne, seja por evaporação ou por gotejamento, é provável que o processo de maturação, ao causar a perda de umidade por evaporação e gotejamento, pode causar o aumento da concentração de solutos incluindo compostos relacionados ao sabor como o ácido glutâmico.

Dessa forma, é provável que a perda de umidade durante a maturação seja um dos mecanismos responsáveis pelo desenvolvimento de sabor da carne (além de quebra de proteínas por enzimas) e também um dos fatores que causem o desenvolvimento de sabor mais acentuado em carnes maturadas a seco.

A hipótese da perda de umidade afetando a concentração de componentes relacionados ao sabor da carne foi levantada por DeGeer et al. (2009), ao relatarem que carnes maturadas sem osso apresentaram maiores perdas durante a maturação e menor teor de umidade final do que as amostras maturadas com osso e, quando comparadas sensorialmente, por equipe treinada, também apresentaram maior intensidade de sabor de carne maturada, em relação as amostras maturadas com osso.

O presente trabalho encontrou poucas diferenças sensoriais relevantes entre as amostras dos tratamentos de maturação utilizados incluindo amostras maturadas úmidas e a seco. Esses resultados podem significar que os

processos de maturação aplicados no presente experimento e os trabalhos mencionados acima (Dikeman et al., 2013; Smith et al., 2008) podem não ter propiciado uma concentração de solutos suficiente nas amostras maturadas a seco para influenciar os resultados de análise sensorial. Nesse contexto, é provável que as condições de maturação sejam importantes para o desenvolvimento acentuado do sabor de uma carne maturada a seco.

Nos estudos em que foi verificada diferença sensorial entre amostras maturadas úmidas e a seco (Li et al., 2014 e Warren & Kastner, 1992), as temperaturas médias mantidas durante a maturação foram relativamente maiores (2,9 e 3,3°C respectivamente) em relação aos estudos cuja análise sensorial não resultou em diferença entre amostras maturadas úmidas e a seco (Dikeman et al., 2013 e Smith et al., 2008) que apresentaram temperaturas de maturação menores (2,2 e 1°C respectivamente).

Nem todos os autores relatam as condições de umidade relativa durante a maturação. Smith et al. (2008) relataram uma umidade relativa média de 83% durante a maturação, enquanto Warren & Kastner (1992) relataram um valor médio de 78%.

No experimento conduzido por Kim et al. (2016), amostras de carne foram maturadas, úmidas e a seco, sob diferentes condições de temperatura, velocidade do ar e umidade. Os autores constataram que amostras maturadas a seco a 3°C, velocidade do ar a 0,2 m/s e umidade relativa 49% apresentaram maior aceitabilidade (*overal liking*) pelos consumidores em relação a outras amostras maturadas a seco sobre menor temperatura e maior umidade relativa e velocidade do ar, assim como de amostras maturadas úmidas. Esses dados indicam que temperaturas mais altas e baixa umidade relativa parecem ser favoráveis para o desenvolvimento de sabor da carne maturada a seco e que essas condições de maturação estão relacionadas com a quantidade de perda decorrente da maturação a seco.

No presente experimento, a carne foi maturada a 2°C (1,9±0,4°C) com umidade relativa de 73,4±5,1%, gerando pouca perda por maturação nas amostras maturadas a seco o que, por consequência, parece não ter propiciado o desenvolvimento de sabor desejado conforme discutido anteriormente.

Portanto, a perda de peso durante a maturação parece ser um fator importante para o teor de umidade final da amostra, e, consequentemente, com o a concentração de compostos relacionados ao sabor da carne. Assim, as condições de maturação influenciam o teor de umidade das amostras maturadas o que pode, por sua vez, afetar outras características como a concentração de certos compostos, incluindo os aminoácidos livres, que podem, por fim, influenciar as características sensoriais da carne.

5.6. Conclusão

Conclui-se que, independente do processo de maturação, a seco ou úmido, ou em processos combinados, para um mesmo tempo total de processo, poucas diferenças químicas e sensoriais foram observadas. O processo seco tem a vantagem de produzir menores escores de aroma estranho, por outro lado, gera grandes perdas de processo, quando comparado com o processo úmido. Desta maneira a combinação entre os sistemas de maturação pode ser uma ferramenta útil para os estabelecimentos que desenvolvem produtos maturados a seco, uma vez que as perdas de processo são intermediárias e não existe prejuízo nas características sensoriais.

O processo seco gerou maiores teores de umidade e, talvez por isso, menores teores de aminoácidos livres (efeito de diluição) justificando a falta de diferenças nos atributos sensoriais, entre os processos a seco e úmido. Provavelmente, um maior tempo de maturação a seco poderia diminuir o teor de umidade, aumentar a concentração de aminoácidos livres e, por consequência, promover uma melhora das características sensoriais.

5.7. Referências Bibliográficas

Ahnström, L. M., Seyfert, M., Hunt, M., Johnson, E. D. (2006). Dry aging of beef in a bag highly permeable to water vapour. *Meat Science*, 73, 674-679.

AMSA (1995). American Meat Science Association. Research guidelines for cookery, sensory evaluation and tenderness measurements of fresh meat. *Natl. Live Stock and Meat Board*, Chicago, IL.

AOAC (1990). Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 15. Ed. Washington DC: v.1, 99-101.

Bañón, S., Méndez, L., Almela, E. (2012). Effects of dietary rosemary extract on lamb spoilage under retail display conditions. *Meat Science*, 90, 579-583.

Boakye, K. & Mittal, G. S. (1993). Changes in pH and water holding properties of *longissimus dorsi* muscle during beef aging. *Meat Science*, 34, 335-349.

Boakye, K. & Mittal, G. S. (1996). Changes in Colour of Beef *M. longissimus dorsi* Muscle During Ageing. *Meat Science*, 42 (3), 347-354.

Campbell, R. E., Hunt, M. C., Levis, P. & Chambers IV, E. (2001). Dry-Aging Effects on Palatability of Beef *Longissimus* Muscle. *Journal of Food Science*, 66 (2), 196-199.

Commission Internationale de L'Eclairage, "Colorimetry (Second Edition)- Publication CIE 15.2", Central Bureau of CIE, ISBN: 3-900-734-00-3, Viena, Austria, 1986.

DeGeer, S. L., Hunt, M. C., Bratcher, C. L., Crozier-Dodson, B. A., Johnson, D. E., Stika, J. F. (2009). Effects of dry aging of bone-in and boneless strip loins using two aging processes for two aging times. *Meat Science*, 83, 768-774.

Dikeman, E, M., Obuz, E., Gök, V., Akkaya, L., Stroda, S. (2013). Effects of dry, vacuum, and special bag aging; USDA quality grade; end-point temperature on yields and eating quality of beef *Longissimus lumborum* steaks. *Meat Science*, 94, 228-233.

Gulati, T., Datta, A. K. (2015). Mechanistic understanding of case-hardening and texture development during drying of food materials. *Journal of Food Engineering*, 166, 119-138.

Joseph, R. L., Connolly, J. (1977). The effects of suspension method, chilling rates and post mortem ageing period on beef quality. *Journal of Food Technology*, 12, 231-247.

Kim, Y. H. B., Kemp, R., Samuelsson, L. M. (2016). Effects of dry-aging on meat quality attributes and metabolite profiles of beef loins. *Meat Science*, 111, 168-176.

Laster, M. A., Smith, R. D., Nicholson, K. L., Nicholson, J. D. W., Miller, R. K., Griffin, D. B., Harris, K. B., Savell, J. W. (2008). Dry versus wet aging of beef: Retail cutting yields and consumer sensory attribute evaluations of steaks from ribeyes, strip loins, and top sirloins from two quality grade groups. *Meat Science*, 80, 795-804.

Li, X., Babol, J., Bredie, W. L. P., Nielsen, B., Tománková, J., Lundström, K. (2014). A comparative study of beef quality after ageing *longissimus* muscle using a dry ageing bag, traditional dry ageing or vacuum package ageing. *Meat Science*, 97, 433-442.

Marino, R., Albenzio, M., Della Malva, A., Caroprese, M., Santillo, A., SEVI, A. (2014). Changes in meat quality traits and sarcoplasmic proteins during aging in three different cattle breeds. *Meat Science*, 98, 178-186.

Moskowitz, H. R. (1983). *Product testing and sensory evaluation of foods*. Food & Nutrition Press. Westport, p. 31, 1983.

Ordonez, J. A. (2005) *Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos*. Vol. 1 Artmed: São Paulo, p. 227.

Parrish, F. C. JR., Boles, J. A., Rust, R. E., & Olson, D. G. (1991). Dry and wet aging effects on palatability attributes of beef loin and rib steaks from three quality grades. *Journal of Food Science*, 56, 601–603.

Polak, T., Gasperlin, L., Zlender, B. (2007). Various instrumental and biochemical parameters as ageing indicators of beef *Longissimus dorsi* muscle and their relation to creatine and creatinine content. *European Food Research and Technology*, 255, 849-855.

Sitz, M, B., Calkins, R, C., Feuz, M, D., Umberger, J, W., Eskridge, M, K. (2006) Consumer sensory acceptance and value of wet-aged and dry-aged beef steaks. *Journal of Animal Science*, 84, 1221-1226.

Smith, D, R., Nicholson, L, K., Nicholson, W, D, J., Harris, B, K., Miller, K, R., Griffin, B, D., Savell, W, J. (2008). Dry versus wet aging of beef: Retail cutting yields and consumer palatability evaluations of steaks from US Choice and US Select short loins. *Meat Science*, 79, 631-639.

Statsoft. Statistica 7.0 for Windows. EUA Software. Tucksa, 2005.

Stenström, H., Li, X., Hunt, M. C., Lundström, K. (2014). Consumer preference and effect of correct or misleading information after ageing beef longissimus muscle using vacuum, dry ageing, or a dry ageing bag. *Meat Science*, 96, 661-666.

Stone, H., Sidel, J. L. (2004). *Sensory Evaluation Practices*. (3rd ed.) Academic Press, Inc, San Diego, p. 408.

Toldrá, F., Flores, M., Aristoy, M. C. (1995). Enzyme generation of free amino acids and its nutritional significance in processed pork meats. *Developments in Food Science*, 37, 1303-1322.

Warren, K. E., & Kastner, C. L. (1992). A comparison of dry-aged and vacuum-aged beef strip loins. *Journal of Muscle Foods*, 3 (1), 151–157.

ANEXOS

Anexo 1. Parecer do Comitê de Ética do projeto de pesquisa

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNICAMP - CAMPUS CAMPINAS

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EFEITO DE DOIS PROCESSOS DE MATURAÇÃO, SECO E ÚMIDA, NA QUALIDADE DE CARNE BOVINA
Pesquisador: Gustavo de Faria Vilella
Área Temática:
Versão: 3
CAAE: 47904415.1.0000.5404
Instituição Proponente: Faculdade de Engenharia de Alimentos
Patrocinador Principal: Faculdade de Engenharia de Alimentos

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.242.533

Apresentação do Projeto:
A maturação da carne se tornou essencial nos serviços de varejo e alimentação para atender a demanda e expectativa de se consumir um alimento excepcional (Laster et al., 2008). A maturação consiste em um método que promove o aumento da maciez e o desenvolvimento de sabor da carne fresca através de sua estocagem sob temperatura de refrigeração durante um determinado período (Warren & Kastner, 1992). Fundamentalmente, existem dois tipos de maturação: a maturação úmida ou "Wet aging", na qual a carne é embalada a vácuo em uma embalagem com baixa permeabilidade a gases e vapor d'água durante o período de maturação em estoque resfriado; e a maturação seca ou "Dry-aging", um método mais tradicional que implica na exposição da carne, sem nenhuma embalagem, às condições impostas pelo equipamento de refrigeração com controle de temperatura, umidade e fluxo de ar (Ahnström et al., 2006; Campbell et al., 2001). O método de maturação seco é conhecido por melhorar o sabor da carne, gerando um produto de sabor único e distinto em relação à carne maturada por "Wet-aging" (Li et al., 2014; DeGeer et al., 2009). Um sabor de "carne assada" tende a ser atribuído à carne maturada seca, enquanto a carne de maturação úmida é conhecida por apresentar sabores "de sangue" e "metálico", considerados menos desejáveis (Campbell et al., 2001; Warren & Kastner, 1992). Embora a maior parte da carne maturada consista de produtos obtidos pela maturação úmida, os

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126
Bairro: Barão Geraldo **CEP:** 13.083-887
UF: SP **Município:** CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 **Fax:** (19)3521-7187 **E-mail:** cep@fcm.unicamp.br

fornecedores de carne maturada seca relatam que o desenvolvimento do sabor particular é o principal motivo para a produção desse produto (Ahnström et al., 2006). No entanto, o processo de maturação seca também possui desvantagens: a carne sofre uma maior taxa de encolhimento e perdas de peso devido à perda de umidade durante a maturação e a remoção das aparas (consistindo da retirada das superfícies ressecadas da peça) causando o aumento dos custos de produção e, consequentemente, do preço final da carne (Stenström et al., 2014; Parrish et al., 1991). Dessa forma, a maturação úmida ganhou popularidade devido à sua maior conveniência, melhor rendimento e vida de prateleira mais extensa enquanto o produto maturado seco se tornou um item para mercados especiais ou gourmet (Warren & Kastner, 1992).Os trabalhos científicos têm mostrado resultados variados quanto o desenvolvimento de sabor diferenciado da carne maturada seca em relação a maturação úmida, sendo que alguns deles confirmam essa diferença (Stenström et al., 2014; Warren & Kastner, 1992) e outros não (Laster et al. 2008; Parrish et al., 1991). Na busca pela comprovação da diferença ou não existente nas diferentes carnes maturadas, torna-se interessante o treinamento de uma equipe de Análise Descritiva Quantitativa, uma técnica sofisticada que fornece descrições sensórias completas de diversos produtos, possibilitando uma base para o mapeamento de diferenças e similaridades entre amostras e auxiliando a determinar os atributos importantes para aceitação de um determinado produto (Stone & Sidel , 2004).

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo do presente projeto é estudar as diferenças sensoriais entre amostras de carne maturadas por "Dry" e "Wet-aging" durante 28 dias e também de métodos alternados ("Dry-aging" por 14 dias e depois "Wet -aging" por mais 14 e também o inverso, "Wet-aging" por 14 dias e "Dry-aging" por mais 14) através de uma análise sensorial descritiva e comparar esses resultados com outros atributos de qualidade (perda de peso durante maturação, determinação de maciez instrumental e determinação de cor instrumental).

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: O risco associado ao presente projeto é muito baixo uma vez que os sujeitos da pesquisa serão submetidos a testes sensoriais envolvendo amostras de carne bovina devidamente assada obtidas de estabelecimentos comerciais ou diretamente de frigoríficos, sendo todos devidamente fiscalizados por órgãos públicos (a Vigilância sanitária gerenciada pelo Ministério da Saúde e o Serviço de Inspeção Federal do Ministério da Agricultura) responsáveis pelo controle higiênico e sanitário que garante um produto final seguro e próprio para o consumo.

Benefícios: O Projeto não propicia benefícios significantes aos sujeitos da pesquisa visto que apenas consumirão carne vermelha devidamente assada em pequenas quantidades

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126
Bairro: Barão Geraldo **CEP:** 13.083-887
UF: SP **Município:** CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 **Fax:** (19)3521-7187 **E-mail:** cep@fcm.unicamp.br

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de um projeto de Mestrado da Faculdade de Engenharia de Alimentos UNICAMP sob orientação do Prof. Dr. Sérgio Bertelli Pflanzer, que pretende estudar as diferenças sensoriais entre amostras de carne maturadas por "Dry" e "Wet-aging" durante 28 dias e também de métodos alternados ("Dry-aging" por 14 dias e depois "Wet-aging" por mais 14 e também o inverso, "Wet-aging" por 14 dias e "Dry-aging" por mais 14) através de uma análise sensorial descritiva e comparar esses resultados com outros atributos de qualidade (perda de peso durante maturação, determinação de maciez instrumental e determinação de cor instrumental). O orçamento estimado é de R$350,00..

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

*A folha de rosto confere com o título do projeto de pesquisa e apresenta a assinatura do pesquisador responsável e do responsável pela instituição conforme a resolução 466/12 do CNS/MS.

*O TCLE foi reescrito introduzindo-se um espaço para inclusão futura do CAAE e está claro que pode haver riscos não previsíveis no estudo

*O cronograma está de acordo com o compromisso do pesquisador com a resolução 466/12 do CNS/MS,com a data de início da pesquisa posterior a aprovação do projeto pelo CEP.

* O TCLE está descrito em linguagem apropriada

Recomendações:

*Não há recomendações

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

*Pendências atendidas

Considerações Finais a critério do CEP:

- O sujeito de pesquisa deve receber uma via do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado.

- O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado.

- O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado. Se o pesquisador considerar a descontinuação do estudo, esta deve ser justificada e somente ser realizada após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou. O pesquisador deve

aguardar o parecer do CEP quanto à descontinuação, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade de uma estratégia diagnóstica ou terapêutica oferecida a um dos grupos da pesquisa, isto é, somente em caso de necessidade de ação imediata com intuito de proteger os participantes.

- O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo. É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.

- Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projetos do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma, junto com o parecer aprovatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial.

- Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, inicialmente seis meses após a data deste parecer de aprovação e ao término do estudo.

-Lembramos que segundo a Resolução 466/2012 , item XI.2 letra e, "cabe ao pesquisador apresentar dados solicitados pelo CEP ou pela CONEP a qualquer momento".

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Folha de Rosto	Folha de rosto Gustavo Vilella.pdf	05/08/2015 15:27:07		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_3.pdf	21/09/2015 13:31:19	Gustavo de Faria Vilella	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_3.pdf	21/09/2015 13:31:36	Gustavo de Faria Vilella	Aceito
Outros	Cartaz.pdf	21/09/2015	Gustavo de Faria	Aceito

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNICAMP - CAMPUS CAMPINAS

Continuação do Parecer: 1.242.539

Outros	Cartaz.pdf	13:31:53	Vilella	Aceito
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_559702.pdf	21/09/2015 13:33:03		Aceito

Situação do Parecer:
Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:
Não

CAMPINAS, 24 de Setembro de 2015

Assinado por:
Renata Maria dos Santos Celeghini
(Coordenador)

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126
Bairro: Barão Geraldo **CEP:** 13.083-887
UF: SP **Município:** CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 **Fax:** (19)3521-7187 **E-mail:** cep@fcm.unicamp.br