



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**Faculdade de Engenharia de Alimentos**

**FELIPE MARINELLI SARAIVA FERREIRA**

**EFEITOS DA TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR NA  
QUALIDADE DA CARNE BOVINA MATURADA PELOS PROCESSOS SECO  
E ÚMIDO**

**CAMPINAS – SP**

**2018**

**FELIPE MARINELLI SARAIVA FERREIRA**

**EFEITOS DA TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR NA  
QUALIDADE DA CARNE BOVINA MATURADA PELOS PROCESSOS SECO  
E ÚMIDO**

Dissertação apresentada à Faculdade da  
Universidade Estadual de Campinas como parte  
dos requisitos exigidos para a obtenção do título  
de Mestre em TECNOLOGIA DE ALIMENTOS.

**Orientador:** Sérgio Bertelli Pflanzler Júnior

**ESTE TRABALHO CORRESPONDE À  
VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO  
DEFENDIDA POR FELIPE MARINELLI  
SARAIVA FERREIRA E ORIENTADA PELO  
PROF. DR. SÉRGIO BERTELLI PFLANZER  
JÚNIOR**

**CAMPINAS – SP**

**2018**

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): CNPq, 132011/2016-6; FAPESP, 2016/02853-9

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

F413e Ferreira, Felipe Marinelli Saraiva, 1989-  
Efeito da temperatura e umidade relativa do ar na qualidade da carne bovina maturada pelos processos seco e úmido / Felipe Marinelli Saraiva Ferreira. – Campinas, SP : [s.n.], 2018.

Orientador: Sérgio Bertelli Pflanze Júnior.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Carne bovina - Controle de qualidade. 2. Maturação seca. 3. Avaliação sensorial. I. Pflanze Júnior, Sérgio Bertelli. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

**Título em outro idioma:** Effects of temperature and relative humidity on quality of beef aged by dry and wet processes

**Palavras-chave em inglês:**

Beef quality

Dry-aging

Sensory analysis

**Área de concentração:** Tecnologia de Alimentos

**Titulação:** Mestre em Tecnologia de Alimentos

**Banca examinadora:**

Sérgio Bertelli Pflanze Júnior [Orientador]

Ana Lucia da Silva Correa Lemos

Roberto de Oliveira Roça

**Data de defesa:** 13-09-2018

**Programa de Pós-Graduação:** Tecnologia de Alimentos

## Folha de Aprovação

---

**Prof. Dr. Sérgio Bertelli Pflanze Júnior**  
FEA/DTA – UNICAMP  
Orientado

---

**Prof. Dr. Roberto de Oliveira Roça**  
FMVZ – UNESP/Botucatu  
Titular

---

**Profa. Dra. Márcia Mayumi Harada Hagiwara**  
Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL)  
Suplente

A ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da Unidade.

## Dedicatória

À minha família,  
Fernando Saraiva Ferreira Sobrinho, cuja dedicação sempre me inspirou,  
Marcia Marinelli Ferreira, que me fez quem eu sou  
e minha esposa Tatiane Pessica Pereira dos Santos, que me apoiou durante  
todo este processo

## **Agradecimentos**

À meus pais, Fernando Saraiva Ferreira Sobrinho e Marcia Marinelli Ferreira, que me aconselharam e guiaram durante toda minha vida.

À minha esposa, Tatiane Pessica Pereira dos Santos, que me apoiou e entendeu o investimento de se fazer um mestrado.

À minha irmã, Flávia Marinelli Saraiva Ferreira, pelo apoio e companheirismo.

À minha afilhada, Eduarda Marinelli Raposo, pela alegria proveniente do seu convívio.

Ao meu orientador, Professor Doutor Sérgio Bertelli Pflanzler Júnior, pela orientação, paciência e dedicação ao seu trabalho.

Aos meus ex-colegas de mestrado, Gisela Benatti, Thaís Jordânia, Rickyn Jacinto, Ana Hamerski e Carla Carrilho, que me acompanharam no início dessa jornada, prestando auxílio e dividindo conhecimentos.

À Carol Lugnani, pela ajuda e orientação em análises sensoriais, que sem ela não ocorreriam como foi observada neste trabalho.

À Ana Paula, que prestou auxílio em partes primordiais dos experimentos.

À banca e todos os demais avaliadores que tive durante o período do mestrado.

À FAPESP que financiou este estudo através do processo FAPESP, 2016/02853-9.

À CNPq que financiou este experimento através do processo CNPq, 132011/2016-6.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

**MUITO OBRIGADO!**

## Resumo

Um método para promover melhorias sensoriais em carnes é a maturação. Entre os processos de maturação, a utilização da maturação seca cresceu nos últimos anos como uma alternativa para desenvolver sabor na carne bovina. Este estudo teve como objetivo comparar a maturação seca e úmida na qualidade da carne, além de estudar os parâmetros que podem afetar os processos. Foram avaliados o efeito da temperatura (2°C e 7°C) nos processos de maturação seca e úmida durante 21 e 42 dias em um primeiro experimento, assim como o efeito da umidade relativa do ar (65% e 85%) na maturação seca tradicional ou utilizando embalagem permeável ao vapor de água por 21 dias em um segundo experimento. Para os experimentos foram utilizados filé de costela e contrafilé (*m. longissimus thoracis et lumborum*), os quais foram porcionados e balanceados entre os tratamentos. Foram analisadas as perdas de processo, características físico-químicas e características de sabor. Foi verificado que o maior tempo e temperatura de armazenamento aumentaram as perdas do processo em carnes maturadas secas ( $P < 0,05$ ), porém não afetaram as perdas em carnes maturadas úmidas ( $P > 0,05$ ). A temperatura de armazenamento não afetou os valores de atividade de água ( $P > 0,05$ ). Entretanto, as carnes maturadas secas apresentaram menores valores de atividade de água quando comparadas as carnes maturadas úmidas ( $P < 0,05$ ). A capacidade de retenção de água foi maior em carnes maturadas secas por 42 dias ( $P < 0,05$ ). Notas mais intensas de sabor de carne maturada e gosto ácido foram percebidas em carnes maturadas úmidas a 2°C por 42 dias ( $P < 0,05$ ). No experimento que avaliou a umidade relativa, devido a deterioração das amostras armazenadas na câmara a 85% de umidade, percebida após 21 dias de maturação, as amostras destinadas a maturação por 42 dias foram eliminadas do experimento. A presença de embalagem permeável reduziu as perdas totais de maturação, independente da umidade ( $P < 0,05$ ). As amostras maturadas a 85% UR apresentaram menores perdas por evaporação e total, independente da presença de embalagem ( $P < 0,05$ ). Houve redução na quantidade de aparas quando se utilizou embalagem permeável em câmara a 85% UR. A atividade de água, tanto interna quanto

externa, foram maiores em carnes maturadas em embalagem permeável ou em carnes maturadas a 85% ( $P < 0,05$ ). O sabor de carne assada foi mais intenso em carnes maturadas sem embalagem por 21 dias ( $P < 0,05$ ). O sabor de gordura foi mais intenso em carnes maturadas sem embalagem após 42 dias ( $P < 0,05$ ). As carnes maturadas em embalagem permeável por 42 dias apresentaram mais gosto ácido do que carnes sem maturação ( $P < 0,05$ ). Conclui-se que as temperaturas avaliadas neste experimento não afetaram as características físico-químicas, mas maiores temperaturas podem aumentar as perdas no processo de maturação seca. Mesmo a maturação seca apresentando perdas intensas de massa (evaporação), os atributos sensoriais não diferiram das amostras maturadas a vácuo. A utilização de embalagens permeáveis reduziu as perdas no processo durante a maturação seca, no entanto propiciou aumento da intensidade do gosto ácido, podendo interferir negativamente na aceitação do produto.

## Abstract

One method to improve sensory evaluations is aging. Among aging processes, the dry aging is an alternative to develop desirable flavors in meat. This study have as an objective, compare the effects of dry and wet aging on meat quality, as also evaluate the parameters that would affect the processes. The effect of temperature (2°C and 7°C) in dry and wet aging for 21 and 42 days were analysed in a first experiment, and the effect of relative air humidity (65% and 85%) on traditional dry aging, without packaging, and using water vapor permeable packaging, known as Special Bag, for 21 days was evaluated in a second experiment. In both experiments were used Beef Rib from eight animals, ported and balanced among all treatments. The weight losses, physical-chemical characteristics and flavor characteristics in descriptive sensory using a trained panel were evaluated. In the first experiment, time and temperature increased the process losses in dry aged meats, but did not increase losses in wet aging ( $P = 0.05$ ). The water activity increased after 42 days in dry aged samples, however, it was reduced in wet aged meats ( $P = 0.05$ ). The WHC (%) was higher after 42 days only in dry aged meats. The panel perceived the overall aged beef as most intense in meat aged at 2°C for 42 days, this sample also showed the most pronounced acidity, together with meat without maturation ( $P = 0.05$ ). In the second experiment, due to an unpleasant odor in certain samples, all samples aged for 42 days in physical-chemical analyzes and all samples at 85% RH of the sensorial were eliminated. The presence of special bag reduced the total losses ( $P = 0.05$ ). Samples aged at 85% RH showed lower evaporation and total losses ( $P = 0.05$ ). There was only a lower trim loss when using special bag and used 85% RH. The water activity, both internal and external, were higher in meat aged in special bag or meat aged at 85% ( $P = 0.05$ ). The flavor of roasted meat was more intense in traditional dry aged meat after 21 days ( $P = 0.05$ ). The fat taste was more intense in meat aged without packaging after 42 days ( $P = 0.05$ ). Meat aged in special bag for 42 days had higher acidity than meat at day 0 ( $P = 0.05$ ). The temperature did not affect the physical-chemical characteristics of the meat, but increased the losses in the process of dry aging. The dry aging had larger

losses than the wet aging process, however the sensorial differences are not perceptible for the panel. The use of special bag can reduce losses in the dry aging process, however, the acid taste increases, which may be a problem for consumers.

## Sumário

1. Introdução .....	14
2. Objetivo.....	16
2.1. Objetivo Geral.....	16
2.2. Objetivos Específicos.....	16
3. Revisão Bibliográfica .....	17
3.1. Produção de carne no Brasil.....	17
3.2. Maturação.....	19
3.2.1. Fatores que afetam a maturação.....	23
3.3. Comparativo entre Carnes Maturadas a Seco e a Vácuo .....	24
3.3.1. Utilização de Embalagens Permeáveis.....	27
4. Referências Bibliográficas.....	29
5. Artigo 1.....	34
5.1. Resumo .....	35
5.2. Abstract.....	36
5.3. Introdução .....	37
5.4. Materiais e Métodos.....	39
5.4.1. Amostras .....	39
5.4.2. Preparo e Maturação .....	39
5.4.3. Cálculos das Perda de Peso.....	42
5.4.4. Análises .....	43
5.4.5. Análise Sensorial.....	46
5.4.6. Análise Estatística.....	50
5.5. Resultados e Discussões.....	51
5.5.1. Análise Sensorial.....	63
5.6. Conclusão .....	66
5.7. Referências Bibliográficas.....	67
6. Artigo 2.....	70
6.1. Resumo .....	71
6.2. Abstract.....	72
6.3. Introdução .....	73
6.4. Materiais e Métodos.....	75
6.4.1. Amostras .....	75
6.4.2. Preparo e Maturação .....	75
6.4.3. Maturação a Seco em Embalagem Permeável ao Vapor de Água ....	78
6.4.4. Cálculos das Perda de Peso.....	78

6.4.5.	Análises .....	79
6.4.6.	Análise Sensorial.....	80
6.4.7.	Análise Estatística.....	84
6.5.	Resultados e Discussão.....	86
6.5.1.	Amostras não-maturadas.....	86
6.5.2.	Eliminação de Amostras .....	87
6.5.3.	Perdas por Evaporação, Perdas por Aparas e Perdas Totais .....	88
6.5.4.	Umidade, Atividade de Água e CRA .....	92
6.5.5.	Força de Cisalhamento por Warner-Bratzler, Perda de Peso por Cocção e pH.....	93
6.5.6.	Cor Instrumental.....	94
6.5.7.	TBArs .....	95
6.5.8.	Análise Sensorial.....	96
6.6.	Conclusão .....	98
7.	Referências Bibliográficas.....	100
8.	Discussão.....	103
9.	Conclusão Geral .....	104
Anexos	.....	111

## 1. Introdução

O Brasil se encontra entre os maiores produtores e exportadores de carnes no mercado mundial, sendo o segundo maior produtor e o maior exportador de carne bovina (USDA, 2018). Foram abatidos no Brasil, em 2017, 30,8 milhões de bovinos (IBGE, 2018), sendo que neste ano o país exportou US\$ 5 milhões em carne bovina in natura, com um total de 1,2 milhões de toneladas (ABIEC, 2018).

O consumo de carne bovina no Brasil é um dos maiores do mundo, aproximadamente 7,8 milhões de toneladas equivalente carcaça em 2017, sendo apenas menor do que os consumos dos Estados Unidos, China e União Europeia (USDA, 2018). Ao considerar que a população brasileira está estimada em 208,8 milhões de habitantes (IBGE, 2018), calcula-se um consumo per capita em torno de 37 kg de carne bovina.

Muito da eficiência produtiva brasileira se deve as grandes áreas de pastagem, nas quais são utilizados animais Zebuínos, com predominância para raça Nelore (Ferraz & Felício, 2010). Segundo a Associação Brasileira dos Criadores de Zebu (ABCZ, 2018), em 2012, 80% do rebanho nacional era constituído de animais zebuínos, principalmente criados a pasto. A carne de animais zebuínos é conhecida como menos macia que carne de taurinos, principalmente devido a diferenças no processo de maturação (Carvalho et. al., 2014). Com a maciez sendo o atributo sensorial considerado mais importante para os consumidores (Miller et. al., 2001), há a necessidade de melhorar o apelo da carne brasileira frente ao consumidor.

Um método conhecido para se aumentar a maciez de carnes é a maturação. Lonergan et. al. (2010) definiram o processo de maturação como o processo de proteólise devido a ação de enzimas endógenas do músculo, que amaciam a carne devido a alterações na sua estrutura. O processo de maturação é utilizado com a finalidade de melhorar, não só a maciez, como também a suculência e o sabor (Sitz et. al., 2006; Campbell et. al., 2001).

A maturação úmida, ou maturação a vácuo, é, na atualidade, a mais utilizada. Neste processo a carne é desossada e acondicionada em embalagens impermeáveis sem a presença de ar. Assim, evita-se contaminação e isola a carne de efeitos externos, facilitando o transporte e armazenamento, além dos menores custos para se manter as condições ambientais adequadas para a maturação (Smith et. al., 2008; DeGeer et. al., 2009; Laster et. al., 2008).

A maturação a seco é um processo mais antigo que a maturação úmida, e que caiu em desuso devido às altas perdas de peso durante o processo (Savell, 2008). Recentemente, no Brasil, começou a crescer a utilização do processo de maturação a seco em açougues e restaurantes especializados em carnes de alta qualidade, sendo que nos Estados Unidos este processo já voltou a ser utilizado a mais tempo (Folha, 2016). Esse crescimento na utilização da maturação seca ocorre como uma tentativa de melhorar a qualidade sensorial, aumentando seu valor de mercado (Li et. al., 2014).

A técnica de maturação a seco consiste em armazenar a carcaça completa ou cortes primários, sem embalagem, durante um determinado período de tempo, sob refrigeração, umidade e velocidade de ar controlados (Stenström et. al., 2014).

Trabalhos recentes têm investigado as características dos processos de maturação a seco e a vácuo (Kim et. al., 2017; Li et. al., 2014; Smith et. al., 2014; Stenström et. al., 2014; Dikeman et. al., 2013). Entretanto, esses trabalhos utilizam principalmente carne de animais taurinos, pois são estudos realizados na Europa ou América do Norte. Não foram encontrados na literatura trabalhos que avaliaram os fatores ambientais, como umidade e temperatura, na qualidade da carne de animais zebuínos maturadas a seco.

Alguns autores encontraram diferenças entre a maturação úmida e seca, tanto em aspectos físico-químicos, quanto em atributos sensoriais (Kim et. al., 2017; Stenström et. al., 2014; Lepper-Billie et. al., 2016). Entretanto, para outros pesquisadores, não foram detectadas diferenças entre os dois processos de maturação (Vilella, 2016; Smith et. al., 2008).

A divergência entre os resultados citados anteriormente pode estar ligada as diferentes condições ambientais utilizadas durante o processo de maturação, tais como tempo, temperatura, umidade e fluxo de ar. Segundo Dashdorj et. al. (2016) faltam experimentos que possam atuar como guias para que estabelecimentos comerciais utilizem durante a implementação dos seus próprios sistemas de maturação a seco.

## **2. Objetivo**

### **2.1. Objetivo Geral**

Objetiva-se avaliar os efeitos de diferentes processos de maturação sobre características de rendimento, físico químicas e sensoriais da carne de animais zebuínos.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Avaliar os efeitos de diferentes temperaturas da câmara de maturação nas perdas no processo de maturação, nas características sensoriais e características físico-químicas de carnes maturadas secas e úmidas;
- Avaliar os efeitos da presença de embalagem permeável nas perdas no processo de maturação, nas características sensoriais e características físico-químicas de carnes maturadas secas;
- Avaliar os efeitos da umidade relativa nas câmaras nas perdas no processo de maturação, nas características sensoriais e características físico-químicas de carnes durante a maturação seca tradicional e em embalagem permeável.

### **3. Revisão Bibliográfica**

#### **3.1. Produção de carne no Brasil**

O custo de produção de carne bovina no Brasil é consideravelmente abaixo do custo em outros importantes países, como Austrália e Estados Unidos. Isso ocorre devido ao baixo preço das terras e mão-de-obra (Ferraz & Felício, 2010).

O sistema brasileiro de produção de carne utiliza animais de raças mais resistentes como o Nelore em pastagens que possuem baixo custo, utilizando basicamente gramíneas africanas como as braquiárias (Ferraz & Felício, 2010).

A raça Nelore é um gado zebuino de origem indiana, e apresenta carne menos macia que a carne de taurinos, devido principalmente às diferenças durante o processo de maturação (Koochmaraie, 1994; Carvalho et. al., 2014). Como a maciez é descrita pelos consumidores como a característica de maior importância sensorial em carnes (Miller et. al., 2001) isso gera uma desvalorização da carne bovina brasileira.

O outro fator que pode desvalorizar a carne bovina brasileira é a utilização em grande parte da produção, de animais alimentados exclusivamente a pasto. Neste tipo de criação, a produtividade é afetada pela sazonalidade. Em certas épocas, como em períodos de seca, o animal não ganha o peso esperado ou até chegam a perder peso. Com isto, o animal não atinge o peso ideal para abate rapidamente, chegando a ser abatido tardiamente (36 a 42 meses; Ferraz & Felício, 2010). A carne de animais mais velhos apresenta alterações, principalmente na maciez, que podem ser desfavoráveis (Tuma et. al., 1962; Shorthose & Harris, 1990).

As dietas de animais alimentados exclusivamente a pasto, e principalmente sem suplementação em época de seca, possui uma quantidade muito inferior de energia metabolizável quando comparada a dietas em confinamento. A quantidade de energia na dieta está intimamente ligada a quantidade de gordura depositada na carcaça, o que pode gerar um pior

acabamento de carcaça nesses animais (Wood et. al., 2008). Carcaças com cobertura de gordura insuficiente estão mais suscetíveis aos efeitos do encurtamento pelo frio, conhecido em inglês como *cold shortening*, que resultam em carnes mais duras, pois atingem o rigor mortis em temperaturas abaixo das ideais para atuação das enzimas da maturação (Devine et. al., 1999).

Segundo a MLA (Meat & Livestock Australia, 2018), o Brasil teve 4,61 milhões de bovinos confinados em 2016. Dividindo esse número pelo número total de bovinos abatidos, constata-se que apenas 15% de bovinos foram confinados no Brasil no respectivo ano. Em 2018, está previsto um total de 5,02 milhões de animais terminados em confinamento e que nos próximos anos atinja-se uma porcentagem de 20% (MLA, 2018).

A Asbia (Associação Brasileira de Inseminação Artificial, 2018) apresentou dados revelando que o aumento de vendas de sêmen de animais de raças taurinas de corte foi de 6% entre 2013 e 2014, enquanto as vendas de sêmen de animais zebuínos de corte diminuíram 24% no mesmo período. Também houve um aumento entre 2014 e 2015, em torno de 15% na venda de sêmen Angus, raça britânica conhecida pela precocidade, maciez e maior marmoreio. Em 2014, foram produzidas 1 milhão de doses de sêmen de animais da raça Angus (Asbia, 2018). Apesar desse número ser baixo comparado com o número de cabeças abatidas, 30,6 milhões em 2015 (IBGE, 2018), demonstram um interesse crescente em melhorar a genética do rebanho em relação a qualidade de carne. Ao dividirmos o número de doses vendidas em 2014 pelo número total de abates em 2015, que segundo o IBGE (2018) foi de 30,6 milhões, temos uma média de aproximadamente 1 animal da raça Angus abatido a cada 30 cabeças abatidas.

A Scot Consultoria (2016) indica que nos últimos anos houve um aumento dos programas de carnes especiais. Nestes programas são selecionados animais que possam, até um certo nível de confiança, garantir uma melhor qualidade sensorial. Em muitos desses programas são descartados animais não castrados, alimentados a pasto e/ou de raças zebuínas, entre outras características.

Neste cenário pode-se observar um movimento do mercado brasileiro para atender, não somente o mercado de *commodities*, como o mercado de carnes especiais ou de carnes que atendam consumidores mais exigentes.

### **3.2. Maturação**

Após a morte de um animal diversas alterações bioquímicas ocorrem, principalmente, devido a ação de diversas enzimas presentes no músculo (Toldrá, Flores & Aristoy, 1995). A maturação, segundo Lonergan et. al. (2010), é o processo que amacia a carne por meio da ação dessas enzimas endógenas, que possuíam uma função no músculo vivo e assumem outra função após a morte do animal. A principal função dessas enzimas na carne é a degradação de proteínas, principalmente as proteínas com função estrutural (Koohmaraie, 1994).

As interações entre as proteínas da carne controlam a maturação (Lana & Zolla, 2016), e diversos fatores externos podem alterar essas interações, conseqüentemente alterando a maciez da carne ao final do processo de maturação (Koohmaraie, 1994). Lonergan et. al. (2010) concluíram que as características da carne são dependentes de um sistema complexo de proteínas, não podendo ser atribuído a degradação ou atividade de uma proteína individual como fator determinante para o processo.

Após o abate ocorre o processo de transformação do músculo em carne, até que este atinja o estado de contração muscular conhecido com *rigor mortis* (Devine et. al., 1999). Conforme ocorre o processo de transformação do músculo em carne, várias alterações ocorrem neste tecido. Há um gradual esgotamento do ATP disponível, o tecido começa então a obter energia por meio de metabolismo anaeróbico ao invés do aeróbico. Essa via metabólica produz ácido láctico, resultando em uma redução do pH do ponto próximo a neutralidade até a faixa entre 5,4 e 5,8 (Lonergan et. al., 2010). Todas essas alterações na bioquímica do tecido muscular criam condições para que ocorra o processo conhecido como maturação (Koohmaraie, 1994).

No final do processo de transformação do músculo em carne e após o estabelecimento do *rigor mortis*, a estrutura muscular se encontra contraída devido à sua organização (Lana & Zolla, 2016), tornando o músculo rígido. As proteínas responsáveis pela estrutura do músculo e que conferem essa rigidez são as proteínas miofibrilares, principalmente a actina e a miosina (Frontera & Ochala, 2015). Outras proteínas miofibrilares importantes são as chamadas estruturais, como desmina, titina, nebulina, troponinas e tropomiosinas (Lana & Zolla, 2016).

Essas proteínas ficam contidas dentro de uma estrutura denominada sarcômero (Frontera & Ochala, 2015). O sarcômero pode ser descrito como o espaço contido entre duas linhas Z, contendo uma banda I menos densa e uma banda A mais densa (Lonergan et. al., 2010). A organização dos componentes do sarcômero ocorre como uma linha Z, metade de uma banda I, a banda A, a outra metade da banda I e terminando em outra linha Z (Lana & Zolla, 2016).

As duas principais proteínas componentes da estrutura do sarcômero e as principais responsáveis pelo processo de contração do músculo são a actina, filamento fino, e a miosina, filamento grosso. Durante o processo de contração do músculo, como ocorre no *rigor mortis*, a miosina desliza sobre a actina, se ligando a sítios específicos, formando o complexo actomiosina (Lana & Zolla, 2016). Esse movimento aproxima as duas linhas Z, comprimindo todas as proteínas contidas no sarcômero, enrijecendo o músculo (Frontera & Ochala, 2015).

Como são estas proteínas miofibrilares que conferem a estrutura ao músculo (Frontera & Ochala, 2015), a sua degradação promoverá um amaciamento da carne durante sua maturação (Koochmaraie, 1994). Como a maturação é um processo enzimático e depende da atividade de proteínas com função proteolítica, a degradação e, conseqüentemente, o amaciamento é mais intenso nos períodos iniciais (Dransfield, 1994).

As calpaínas são cisteínas proteolíticas dependentes de íons  $\text{Ca}^{2+}$  e são divididas em  $\mu$ -calpaínas e  $m$ -calpaínas, diferenciadas entre si pela quantidade de cálcio necessário para sua ativação (Goll et. al., 2003). Segundo Dransfield (1994), a  $\mu$ -calpaína é ativada primeiro, aproximadamente 6 horas após o

abate, quando a concentração de íons  $\text{Ca}^{2+}$  é suficiente para sua ativação, mas ainda não é suficiente para a ativação das m-calpaínas. Conforme o pH reduz, ocorre uma redução na atividade das  $\mu$ -calpaínas, chegando a reduzir 60% quando o pH atinge 5,7. As m-calpaínas são ativadas aproximadamente após 16 horas do abate, e se mantém em menores valores de pH, indicando uma participação importante no processo de maturação.

O sistema calpaína-calpastatina é descrito como o principal mecanismo do processo de maturação (Koochmaraie & Geesink, 2006). Além das calpaínas, já descritas, a calpastatina é uma proteína que inibe a atividade das calpaínas (Goll et. al., 2003). A queda do pH *post mortem* desestabiliza o sistema calpaína-calpastatina, possibilitando a atividade das calpaínas (Devine, 2004).

Existem outras enzimas que atuam na degradação de proteínas durante a maturação, como as catepsinas lisossomais e o complexo de proteinase multicatalítico (MCP) (Koochmaraie & Geesink, 2006).

As catepsinas são exo- e endo-peptidases divididas em peptidases de cisteínas, aspárticas e serinas, onde somente 8 entre as 15 existentes são expressas no músculo (B, D, E, F, H, K, L e S) (Lana & Zolla, 2016). A participação dessas enzimas no processo de maturação da carne é contraditória. Evidências sugerem que as catepsinas não atuam de maneira efetiva na proteólise na carne, pois sua atividade é retardada devido as condições de pH ácido da carne, além dessas enzimas estarem localizadas no interior dos lisossomos, necessitando que sejam liberadas para que possam atuar (Koochmaraie, 1994). Contudo, alguns estudos demonstraram que o baixo pH em músculos de glicólise rápida aumenta a liberação de catepsinas B e L dos lisossomos e altera o padrão da proteólise do músculo durante a maturação (Halloran et. al., 1997).

O complexo de proteinase multicatalítico (MCP) é conhecido por atuar na regulação de inúmeros mecanismos celulares através da degradação de proteínas específicas (Lana & Zolla, 2016). Segundo Koochmaraie (1994), o MCP não pode ser descrito como o maior atuante no processo enzimático que ocorre durante a maturação.

Para que ocorra um amaciamento da carne é necessário que a atividade das enzimas proteolíticas seja alta o suficiente para que a quebra das proteínas miofibrilares reverta os efeitos da contração durante o estabelecimento do *rigor mortis*.

Durante a maturação, há ação contínua de diversas enzimas endógenas nas proteínas existentes na carne. Após a degradação das proteínas miofibrilares e sarcoplasmáticas, os polipeptídeos resultantes serão novamente degradados em peptídeos ainda menores devido a ação de peptidases. Esse processo de proteólise continua até a formação de aminoácidos livres. Aminopeptidases hidrolisam as ligações peptídicas próximas das regiões amino terminais (Toldrá et. al., 1995). Esses aminoácidos gerados a partir dessas reações de proteólise melhoram o perfil de sabor de carnes maturadas (Nishimura et. al., 1988).

O gosto Umami, descrito como cárneo ou saboroso, é derivado do ácido glutâmico, mas também pode ser relacionado a presença de outros peptídeos específicos, como o glutamato (Miller, 2004). A maturação como geradora de aminoácidos livres pode estar associada desta maneira a melhoria de sabor em carnes. A enzima Glutamil Aminopeptidase pode ser uma das principais responsáveis neste processo, já que hidrolisa resíduos de aspartato e glutamato dos aminoácidos. Porém sua atividade é considerada muito baixa na carne durante o processo de maturação (Toldrá et. al., 1995).

O processo de maturação é realizado, principalmente, devido aos seus efeitos nos atributos sensoriais, melhorando aspectos como maciez e sabor (Sitz et. al., 2006). Existem dois métodos que podem ser utilizados para maturação de carnes: a maturação úmida e a maturação a seco (Smith et. al., 2008).

A maturação úmida, ou maturação a vácuo, se tornou a mais popular nos últimos anos, após 1980, devido aos seus baixos custos e praticidade de armazenamento e transporte (Smith et. al., 2008; DeGeer et. al., 2009). Nesse tipo de maturação, as peças de carne, normalmente desossadas, são acondicionadas em embalagens impermeáveis e então seladas a vácuo e armazenadas sob refrigeração (Laster et. al., 2008).

A técnica de maturação a seco consiste em armazenar a carcaça completa ou cortes primários sem embalagem durante um determinado período de tempo sob refrigeração, com umidade e fluxo de ar controlados (Stenström et. al., 2014). Apesar da utilização deste processo estar aumentando nos últimos anos, esta é uma técnica conhecida a muito tempo (Savell, 2008). A sua utilização caiu em desuso devido à praticidade do processo de maturação úmida (Smith et. al., 2008) e às altas perdas geradas durante a maturação a seco (Kim et. al., 2017). O processo de maturação a seco ainda necessita de controle da umidade, ventilação e temperatura do ambiente (Smith et. al., 2014), o que encarece ainda mais o processo.

### **3.2.1. Fatores que afetam a maturação**

Devido à grande quantidade de proteínas envolvidas no processo de maturação (Lonergan et. al., 2010), o processo se torna muito complexo, sofrendo alterações devido a diversos fatores externos (Koochmaraie, 1994).

Segundo Koochmaraie (1992), devido à natureza enzimática do processo, os fatores que mais afetam a maturação são o pH e temperatura da carne. E todos os fatores que alteram essas características na carne irão, conseqüentemente, alterar o processo de maturação de carnes.

Yu e Lee (1986) concluíram que temperaturas mais altas aumentam a degradação de proteínas durante a maturação, aumentando a maciez da carne. O pH também interferiu na maciez, sendo que carnes apresentando pH mais elevado (6,8) foram mais macias, seguidas de carnes com menor pH (5,8) e por último com pH intermediário (6,3). Carnes com pH elevado tiveram maior degradação das proteínas da linha Z, enquanto carnes com pH reduzido degradaram as proteínas da linha M e as miosinas de cadeia pesada. No entanto, a utilização de carnes com pH elevado é inviável devido a possível contaminação microbiana (Patterson e Gibbs, 1977).

O pH ainda pode ser afetado pelo estresse *ante-mortem* que pode gerar carnes DFD (*dark, firm and dry*). No caso da carne bovina, as carnes DFD são

um problema constante, sendo gerada pelo esgotamento das reservas de glicogênio nas células musculares, o que impede uma redução correta do pH *post-mortem*, produzindo carnes menos macias (Adzitey & Nurul, 2011).

Devine et. al. (1999) demonstraram a importância da velocidade do resfriamento das carcaças na maturação de carne bovina. O resfriamento muito rápido pode causar encurtamento pelo frio (Hwang et. al., 2004) e o resfriamento muito lento pode gerar uma desnaturação das proteínas miofibrilares, o que diminui a integridade estrutural da carne e gera perda de líquidos, produzindo uma carne excessivamente flácida e sem retenção de água (Devine et. al., 1999).

A genética influencia no processo de maturação de carne. Carnes de animais taurinos maturam em velocidade diferente das carnes de zebuínos, sendo que a carne de taurinos é reconhecida como mais macia quando comparada a carne de animais zebuínos (Wheeler et. al., 1994; Ferraz & Felício, 2010; Rodrigues et. al., 2017). Este efeito é devido a uma maior atividade da calpastatina presente nos zebuínos, que inibindo a ação das calpaínas, retarda o processo de amaciamento durante a maturação das carnes (Rubensam et. al., 1998).

### **3.3. Comparativo entre Carnes Maturadas a Seco e a Vácuo**

O aumento na utilização da maturação seca nos últimos anos ocorre devido a possíveis diferenças sensoriais, principalmente no sabor. Alguns estudos relatam haver diferenças na maciez de carnes maturadas a seco e a vácuo, tanto em análise sensorial como instrumental. Porém, há divergências entre os resultados encontrados. Sténstrom et. al. (2014) observaram que os consumidores preferiram a maciez de carnes maturadas a seco quando comparadas com carnes maturadas a vácuo. Já, Laster et. al. (2008) observaram que o filé de costela maturado a vácuo apresentou menor valor de força de cisalhamento que quando maturado a seco, o que indicaria que a carne maturada úmida é mais macia. De fato, a maioria dos resultados na literatura indicam que não há diferença quanto a maciez entre carne maturadas

a seco e a vácuo (Dikeman et. al., 2013; Smith et. al., 2008; Lepper-Billie et. al., 2016; Sitz et. al., 2014; Vilella, 2016).

Diversos estudos demonstram que os consumidores preferem o sabor de carnes maturadas secas do que o sabor de carnes maturadas úmidas (Lepper-Billie et. al., 2016; Li et. al., 2013 ; Stënstrom et. al., 2014). Stënstrom et. al. (2014) observaram, em teste com consumidores, uma preferência quanto ao sabor de carnes maturadas secas e Lepper-Billie et. al. (2016) encontraram maiores valores de sabor de carne maturada em amostras maturadas secas. Li et. al. (2013) observaram uma maior aceitação global em carnes maturadas secas, mas sem diferenças entre os processos para maciez e suculência. Já Smith et. al. (2014), em teste com painel treinado, somente encontrou diferenças entre os processos no sabor metálico, sendo este mais pronunciado em carnes maturadas secas. No geral, a carne maturada a seco apresenta um sabor mais intenso de assada, enquanto as carnes maturadas a vácuo são descritas como contendo um sabor metálico mais pronunciado (Stenström et. al., 2014; Li et. al., 2014; Lepper-Billie et. al., 2016).

Alguns experimentos não verificaram diferenças no sabor entre carnes maturadas a seco e a vácuo (Kim et. al., 2017; Smith et. al., 2008; Vilella, 2016). Vilella (2016) concluiu em seu trabalho que a taxa de perda pode ter sido insuficiente para criar diferenças nos atributos sensoriais entre os processos. Já Kim et. al. (2017) pode não ter encontrado diferenças devido ao baixo período utilizado para a maturação, somente 7 dias.

Kim et. al. (2017) avaliaram os efeitos de maturação a seco por 17 dias e do tratamento com maturação a seco por 10 dias e posterior maturação à vácuo por 7 dias. Não foi verificada diferença entre esses dois tratamentos na força de cisalhamento, assim como não foi encontrada diferença nos atributos sensoriais avaliados: aceitação global, sabor, maciez e suculência.

Laster et. al. (2008) compararam os efeitos das maturações seca e úmida em 3 diferentes cortes em carnes (Filé de Costela, Contrafilé e Alcatra) de dois grupos de classificação de qualidade americano (Choice e Select). Nesse experimento foi observado que o filé de costela, quando maturado seco, apresentou maiores valores de força de cisalhamento do que o mesmo corte

maturado úmido. Já na alcatra, o efeito foi inverso, sendo que a peça maturada úmida foi menos macia que a carne maturada seca. Porém essas diferenças não foram percebidas pelo consumidor na maciez sensorial. Os outros atributos sensoriais avaliados (Aceitação Global, Aceitação do Sabor, Sabor de Carne, Aceitação da Maciez, Maciez, Aceitação da Suculência e Suculência) não diferiram quanto ao tipo de maturação utilizado.

Em experimento avaliando o efeito do tempo de maturação, no processo úmido e seco, Lepper-Billie et. al. (2016) encontraram que o sabor de carne maturada e o gosto ácido foi mais pronunciado nas amostras maturadas secas. Porém não observaram diferenças na maciez instrumental, maciez sensorial, suculência, sabor de carne, sabor de carne assada e sabor de sangue.

Smith et. al. (2014) avaliaram os efeitos da maturação úmida e seca por 35 dias em dois cortes distintos (Filé de Costela e Alcatra). As perdas totais do processo (evaporação e aparas) neste experimento foram maiores em carnes maturadas secas. Na avaliação sensorial realizada com consumidores, somente foram encontradas diferenças na aceitação da suculência, sendo esta maior nas amostras maturadas úmidas. Esta diferença não pode ser observada no grau de suculência entre os dois processos. Já na análise sensorial utilizando painel treinado, foi observado um sabor metálico mais pronunciado em carnes maturadas secas, mas com uma diferença muito pequena, que provavelmente não é relevante para uma decisão de compra.

Ao comparar as características físico-químicas e a aceitação do consumidor em carnes maturadas a seco e a vácuo por 30 dias, Stiz et. al. (2014) não encontraram diferenças na aceitação do consumidor quando utilizadas carnes Choice. No entanto, quando foram utilizadas carnes Prime, os consumidores preferiram o sabor e a maciez de carnes maturadas a vácuo do que de carnes maturadas secas. No mesmo experimento, verificou-se maior porcentagem de proteínas e cinzas em carnes maturadas a seco, justificada pela perda de umidade durante o processo. Não foi verificada diferenças na força de cisalhamento e na avaliação visual da gordura intramuscular entre os processos de maturação seca e úmida.

### 3.3.1. Utilização de Embalagens Permeáveis

Nos últimos anos vêm sendo estudada a utilização de embalagens permeáveis ao vapor de água na maturação a seco (DeGeer et. al., 2009; Dikeman et. al., 2013; Stenström et. al., 2014; Li et. al., 2013; Li et. al., 2014). Mesmo com a ventilação forçada que resseca a superfície e assim inibe a proliferação microbiana, a ausência de proteção da embalagem implica em um alto risco de contaminação a esta carne (Stenström et. al., 2014).

DeGeer et. al. (2009) encontraram que a carne maturada a seco em embalagem permeável produz o mesmo sabor que carnes maturadas a seco tradicionalmente após 28 dias de maturação, mas não encontraram diferenças na perda de peso combinada de evaporação e aparas. Também não encontraram diferença no crescimento de bactérias lácticas e de *E. coli*.

Dikeman et. al. (2013) avaliaram o efeito de 3 métodos de maturação (úmida, seca sem embalagem permeável a vapor de água e com embalagem permeável a vapor de água), e dois tipos de carnes (Select e Choice) no rendimento, composição química, maciez instrumental, cor instrumental e propriedades sensoriais no músculo *longissimus lumborum* maturado por 21 dias. Carnes maturadas úmidas apresentaram menores perdas totais do que as carnes submetidas aos dois processos de maturação seca. Uma maior perda por evaporação foi verificada em amostras maturadas secas sem embalagem e maiores perdas por aparas quando maturadas secas com embalagem permeável. Quando as duas perdas foram somadas, as perdas combinadas não diferiram entre carnes maturadas a seco com e sem embalagem permeável. A umidade das amostras maturadas úmidas foram maiores, seguida pelas amostras maturadas secas com embalagem permeável e com as amostras maturadas seca pelo método tradicional apresentando os menores valores. Não houve efeito dos processos na maciez instrumental.

Li et. al. (2014) avaliaram o efeito da maturação úmida e da maturação seca com ou sem embalagem permeável, e do tempo de maturação (8 ou 19

dias) no rendimento, nas características físico-químicas e nos atributos sensoriais de carnes. Carnes maturadas secas, com ou sem embalagem, apresentaram maiores valores de pH, porém ambas apresentaram valores considerados normais para carne. As perdas por evaporação, por aparas e totais foram menores em carnes maturadas a vácuo após 19 dias de maturação. Já as perdas entre carnes maturadas a seco com e sem embalagem permeável não diferiram entre si depois de 19 dias de maturação, com exceção da perda por evaporação, que foi maior em carnes maturadas sem a utilização da embalagem. Nas análises sensoriais utilizando painel treinado, foi observado um aumento na intensidade do gosto umami e do sabor de gordura em carnes maturadas secas, sem diferença entre a presença ou não de embalagem permeável. Já o sabor metálico e o sabor residual metálico foram maiores em carnes maturadas úmidas e secas com presença de embalagem permeável. Não houve diferença entre os três processos em nenhum atributo de textura. Para o odor, foi observado menor intensidade de odor metálico e de fígado em carnes maturadas secas sem embalagem. Carnes maturadas secas com ou sem embalagem permeável apresentaram também um maior odor, sabor e sabor residual de carne frita na manteiga.

#### 4. Referências Bibliográficas

1. Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ). (2018). Disponível em: <[www.abcz.com.br](http://www.abcz.com.br)>. Acesso em 08 abr. 2018.
2. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes (ABIEC). (2018). Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/>>. Acesso em 08 abr. 2018.
3. Adzitey, F & Nuhul, H. (2011) Pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) meats: causes and measures to reduce these incidences - a mini review. **Internacional Food Research Journal**, v. 18, p. 11-20.
4. Associação Brasileira de Inseminação Artificial (ASBIA). (2018). Disponível em: <http://www.asbia.org.br/novo/relatorios/>. Acesso em 11 abr. 2018.
5. 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**, v. 66, p. 196-199.
6. Carvalho, M. E. et. al. (2014). Heat shock and structural proteins associated with meat tenderness in Nellore beef cattle, a *Bos indicus* breed. **Meat Science**, v. 96, p. 1318-1324.
7. Dashdorj, D.; Tripathi, V. K.; Cho, S. et. al. (2016) Dry aging of beef; Review. **Journal of Animal Science and Technology**, v. 58, p. 20-30.
8. DeGeer, S.L.; Hunt, M.C.; Bratcher, C.L. et. al. (2009) Effects of dry aging of bone-in and boneless strip loins using two aging processes for two aging times. **Meat Science**, v. 83, p. 768-774.
9. Devine, C. E.; Wahlgren, N.M.; Tornberg, E. (1999) Effect of rigor temperature on muscle shortening and tenderization of restrained and unrestrained beef m. longissimus thoracicus et lumborum. **Meat Science**, v. 51, p. 61-72.
10. Devine, C. E. (2004) Conversion of muscle to meat. In: Jensen, W.; Devine, C. and Dikeman, M., **Encyclopedia of meat sciences**. Elsevier Academic Press, Oxford, UK. 330-338.
11. Dikeman, M. E.; Obuz, E.; Gök, V. et. al. (2013) Effects of dry, vacuum, and special bag aging; USDA quality grade; and end-point temperature on

- yields and eating quality of beef longissimus lumborum steaks. **Meat Science**, v. 94, p. 228-233.
12. Dransfield, E. (1994). Optimisation of tenderisation, ageing and tenderness. **Meat Science**, v. 36, p. 105-121.
  13. Ferraz, J. B.S. & Felício, P. E. (2010). Production systems – An example from Brazil. **Meat Science**, v. 84, p. 238-243.
  14. Folha de São Paulo (2016). Carnes maturadas a seco chegam ao Brasil. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/colunas/josimarmelo/2016/05/1766212-carnes-maturadas-a-seco-chegam-ao-brasil.shtml?loggedpaywall>. Acesso em: 10 de maio de 2018.
  15. Frontera, W. R. & Ochala, J. (2015). Skeletal Muscle: A Brief Review of Structure and Function. **Journal Calcified Tissue International**, v. 96, p. 183-195.
  16. Goll, D. E.; Thompson, V. F.; Li, H. et. al. (2003). The calpain system. **Physiological Reviews**, v. 83, p. 731-801.
  17. Halloran, G. R. O.; Troy, D. J.; Buckley, D. J.; Reville, W. J. (1997). The role of endogenous proteases in the tenderisation of fast glycolysing muscle. **Meat Science**, v. 47, p. 187-210.
  18. Hwang, I. H.; Park, B. Y.; Cho, S. M. and Lee, J. M. (2004) Effects of muscle shortening and proteolysis on Warner–Bratzler shear force in beef longissimus and semitendinosus. **Meat Science**, v. 68, p. 497-505.
  19. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2018). Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em 08 abr. 2018.
  20. Kim, Y. H. B.; Meyers, B.; Kim, H. W. et. al. (2017) Effects of stepwise dry/wet-aging and freezing on meat quality of beef loins. **Meat Science**, v. 123, p. 57-63.
  21. Koohmaraie, M. (1992). The role of Ca<sup>2+</sup>-dependent proteases (calpains) in post mortem proteolysis and meat tenderness. **Biochimie**, v. 74, p. 239-245.
  22. Koohmaraie, M. (1994). Muscle proteinases and meat aging. **Meat Science**, v. 36, p. 93-104.

23. Koochmaraie, M. & Geesink, G. H. (2006). Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. **Meat Science**, v. 74, p. 34-43.
24. Lana, A. & Zolla, L. (2016). Proteolysis in meat tenderization from the point of view of each single protein: A proteomic perspective. **Journal of Proteomics**, v. 147, p. 85-97.
25. Laster, M.A.; Smith, R.D.; Nicholson, K.L. et. al. (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**, v. 80, p. 795-804.
26. Lepper-Billie, A.N.; Berg, E.P.; Buchanan, D.S.; Berg, P.T. (2016) Effects of post-mortem aging time and type of aging on palatability of low marbled beef loins. **Meat Science**, v. 112, p. 63-68.
27. Li, X.; Babol, J.; Wallby, A; Lundström, K. (2013) Meat quality, microbiological status and consumer preference of beef gluteus medius aged in a dry ageing bag or vacuum. **Meat Science**, v. 95, p. 229-234.
28. Li, X; Babol, J.; Bredie, W.L.P. et. al. (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**, v. 97, p. 433-442.
29. Lonergan, E. H.; Zhang, W.; Lonergan, S. M. (2010). Biochemistry of postmortem muscle — Lessons on mechanisms of meat tenderization. **Meat Science**, v. 86, p. 184-195.
30. Miller, M. F.; Carr, M. F.; Ramsey, C. B. et al. (2001) Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 3062–3068.
31. 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, p. 256–265.
32. Meat & Livestock Australia (MLA) (2018). Disponível em: [https://www.mla.com.au/globalassets/mla-corporate/prices--markets/documents/os-markets/red-meat-market-snapshots/mla-ms\\_brazil\\_-snapshot-2017.pdf](https://www.mla.com.au/globalassets/mla-corporate/prices--markets/documents/os-markets/red-meat-market-snapshots/mla-ms_brazil_-snapshot-2017.pdf) Acesso em: 11 de abril de 2018.

33. Nishimura, T., Rhue, M. R., Okitani, A., Kato, H. (1988). Components Contributing to the Improvement of Meat Taste during Storage. **Agricultural and Biological Chemistry**, v. 52, p. 2323-2330.
34. Patterson, J. T. & Gibbs, P. A. (1977) Incidence and Spoilage Potential of Isolates from Vacuum-packaged Meat of High pH Value. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 43, p. 25-38.
35. Rodrigues, R.T.S.; Chizzotti, M.L.; Vital, C.E.; Baracat-Pereira, M.C. et. al. (2017) Differences in Beef Quality between Angus (*Bos taurus taurus*) and Nelore (*Bos Taurus indicus*) Cattle through a Proteomic and Phosphoproteomic Approach. **PLoS One**, v. 12, e0170294. doi:10.1371/journal.pone.0170294.
36. 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**, v. 18, p. 405–409.
37. Savell, J. W. (2008) Dry-Aging of Beef, executive summary. National Cattlemen’s Beef Association. Disponível em: <[http://www.beefissuesquarterly.com/CMDocs/BeefResearch/PE\\_Executive\\_Summaries/Dry\\_Aging\\_of\\_Beef.pdf](http://www.beefissuesquarterly.com/CMDocs/BeefResearch/PE_Executive_Summaries/Dry_Aging_of_Beef.pdf)> Acesso em: 24 abr. 2018.
38. Scot Consultoria (2016). O consumo e o poder de oferta de carnes especiais no Brasil. Disponível em: <https://www.scotconsultoria.com.br/noticias/artigos/42406/o-consumo-e-o-poder-de-oferta-de-carnes-especiais-no-brasil.htm> Acesso em: 11 abr. 2018
39. Shorthose, W.R. & Harris, P.V. (1990) Effect of Animal Age on the Tenderness of Selected Beef Muscles. **Journal of Food Science**, v. 55, p. 1-8.
40. Sitz, B. M.; Calkins, C. R.; Feuz, D. M. et. al. (2006) Consumer sensory acceptance and value of wet-aged and dry-aged beef steaks. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 1221–1226.
41. Smith, R. D.; Nicholson, K. L.; Nicholson, J. D. W et. al. (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**, v. 79, p. 631–639.

42. Smith, A. M.; Harris, K. B.; Griffin, D.B. et. al. (2014) Retail yields and palatability evaluations of individual muscles from wet-aged and dry-aged beef ribeyes and top sirloin butts that were merchandised innovatively. **Meat Science**, v. 97, p. 21-26.
43. Stenström H, Li X, Hunt MC, Lundström K. (2014). Consumer preference and effect of correct or misleading information after aging beef longissimus muscle using vacuum, dry aging, or a dry aging bag. **Meat Science**, v. 96, p. 661–666.
44. 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**, v. 37, p. 1303-1322.
45. Tuma, H. J.; Henrickson, R. L.; Stephens, D. F.; Moore, R. (1962) Influence of Marbling and Animal Age on Factors Associated with Beef Quality. **Journal of Animal Science**, v. 21, p. 848-851.
46. USDA (2018). United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. Livestock and Poultry: World Markets and Trade. April, 2018.
47. Vilella, G. F. **Efeitos dos Processos de Maturação Úmido e Seco e suas Combinações nos Atributos Físicos, Químicos e Sensoriais em Filé de Costela Bovino**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, p. 78, 2016.
48. Wheeler, T. L., Cundiff, L. V., & Kock, R. M. (1994). Effect of marbling degree on beef palatability in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 3145–3151.
49. Wood, J. D.; Enser, M.; Fisher, A. V. et. al. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. **Meat Science**, v. 78, p. 343-358.
50. Yu, L. P. & Lee, Y. B. (1986) Effects of Postmortem pH and Temperature on Bovine Muscle Structure and Meat Tenderness. **Journal of Food Science**, v. 51, p; 774-780.

**5. Artigo 1**

Artigo formatado para publicação: Ciência Rural

**Efeitos da Temperatura de Armazenamento na  
Qualidade da Carne Bovina Submetida aos Processos  
de Maturação Úmida e Seca**

Ferreira, F.M.S.; Pflanzner, S.B.

Faculdade de Engenharia de Alimentos  
Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil

2018

## 5.1. Resumo

A maturação é um método utilizado para aumentar a maciez em carnes. O processo de maturação seca é uma alternativa a maturação úmida convencional para obter um diferente perfil de sabor na carne. O objetivo deste experimento foi comparar a maturação seca e úmida na qualidade da carne, além de estudar os efeitos da temperatura da câmara (2°C e 7°C) no processo por 21 ou 42 dias de maturação. Foram utilizados filé de costela e contrafilé (*m. longissimus thoracis et lumborum*), os quais foram porcionados e balanceados entre os tratamentos. Análises de perdas de peso no processo, características físico-químicas e características de sabor foram realizadas. O maior tempo e temperatura aumentaram as perdas do processo em carnes maturadas secas ( $P < 0,05$ ), porém não afetou as perdas em carnes maturadas úmidas ( $P > 0,05$ ). A temperatura de armazenamento não afetou os valores de atividade de água ( $P > 0,05$ ). Entretanto, as carnes maturadas secas apresentaram menores valores de atividade de água quando comparadas as carnes maturadas úmidas ( $P < 0,05$ ). A capacidade de retenção de água foi maior após 42 dias em carnes maturadas secas ( $P < 0,05$ ). Os avaliadores perceberam o sabor de carne maturada mais intenso em carnes maturadas úmidas a 2°C por 42 dias, esta amostra também apresentou a acidez mais pronunciada, junto com a carne sem maturação ( $P < 0,05$ ). Conclui-se que as temperaturas avaliadas neste experimento não afetaram as características físico-químicas, mas maiores temperaturas podem aumentar as perdas no processo de maturação seca. Mesmo a maturação seca apresentando perdas intensas de massa, os atributos sensoriais não diferiram das amostras maturadas a vácuo até 21 dias de maturação. Com 42 dias as carnes maturadas úmidas apresentaram uma maior intensidade de gosto ácido, o que pode diminuir sua aceitação.

## 5.2. Abstract

Aging is a method used to increase the tenderness in meats. The dry aging process is an alternative to conventional wet aging to obtain a different flavor profile in the meat. The objective of this experiment was to compare the dry and wet aging in the meat quality, besides studying the parameters that can affect the processes. The effect of temperature (2°C and 7°C) on dry and wet aging processes for 21 or 42 days was evaluated. It was used Beef Rib and Ribeye (*m. longissimus thoracis et lumborum*), which were portioned and balanced between treatments. Weight losses, physical-chemical characteristics and flavor characteristics were analysed. The higher time and temperature increased the total process losses in dry aged meats ( $P < 0.05$ ), but did not affect losses in wet aged meats ( $P > 0.05$ ). The storage temperature did not affect water activity values ( $P > 0.05$ ). However, dry aged meats had lower values of water activity when compared to wet aged meats ( $P < 0.05$ ). The water holding capacity was higher after 42 days in dry aged meats ( $P < 0.05$ ). The evaluators perceived the flavor of overall aged meat as higher in wet aged meats at 2°C for 42 days, this sample also showed the most pronounced sour taste, together with meat without aging ( $P < 0.05$ ). The temperatures evaluated in this experiment did not affect the physical-chemical characteristics, but higher temperatures may increase the losses in the dry aging process. Even the dry aging presenting intense mass losses, the sensorial attributes did not differ from the samples aged under vacuum until 21 days of aging. At 42 days, wet aged meats presented a higher intensity of acid taste, which may decrease their acceptance.

### 5.3. Introdução

O Brasil situa-se entre os principais produtores e exportadores de carne bovina do mundo. Porém, esta produção é baseada em animais da raça Nelore criados a pasto (Ferraz & Felício, 2010). Esse cenário pode propiciar a produção de carnes menos apreciadas pelos consumidores, uma vez que raças Zebuínas são conhecidas por apresentar menores taxas de maturação e o sistema a pasto dificulta a deposição de gordura nas carcaças, o que pode comprometer sua qualidade (Koochmaraie, 1994; Carvalho et. al., 2014; Miller et. al., 2001; Shorthose & Harris, 1990). Um dos principais métodos para melhorar atributos sensoriais, e assim consequentemente aumentar a aceitação pelos consumidores, é a maturação (Sitz et. al., 2006; Campbell et. al., 2001).

A maturação é o processo de amaciamento da carne, devido a ação proteolítica de enzimas endógenas do músculo quando armazenados em condições ideais (Lonergan et. al., 2010). Existem dois métodos de maturação: a maturação úmida, onde a carne é acondicionada em embalagem impermeável e fica isolada de efeitos externos, e a maturação a seco, que consiste em manter a carne em contato com o ar do ambiente (Smith et. al., 2008). Neste último método deve-se controlar as condições de umidade e fluxo de ar de modo a evitar deterioração e contaminação (Smith et. al., 2014).

A utilização da maturação a seco vem aumentando devido a possibilidade de melhorar os atributos sensoriais, como o sabor (Dashdorj et. al., 2016). Há trabalhos que demonstram um aumento da qualidade do ponto de vista sensorial do sabor (Stënstrom et. al., 2014; Lepper-Billie et. al., 2016; Li et. al., 2013) e alguns que demonstram também uma melhoria da maciez (Laster et. al., 2008; Stënstrom et. al., 2014).

Devido a não utilização de embalagem, deve-se haver um controle das condições ambientais com o objetivo de se produzir carnes padronizadas, com qualidade sensorial e microbiológica aceitáveis (DeGeer et. al., 2009). Os principais fatores ambientais que devem ser observados no processo de

maturação seca são: tempo de maturação, temperatura, umidade relativa e corrente de ar. (Dashdorj et. al., 2016).

Nas carnes maturadas secas o controle da temperatura é fundamental, já que este é um fator determinante na perda de água em alimentos (Krokida, 2003). Alguns autores apresentam que a temperatura de armazenamento deve ficar entre 0º e 4ºC, não diferindo das temperaturas utilizadas no processo de maturação úmida (Savell, 2008; Dasdorj et. al., 2016). Em temperaturas mais altas o processo enzimático é acelerado, podendo causar melhorias no sabor e maciez. Porém, nestas condições a qualidade microbiológica pode ser comprometida (Savell, 2008). Quando a temperatura de armazenamento é muito baixa, o processo enzimático se torna lento, o que reduz ou interrompe o amaciamento da carne (Devine et. al., 1999). Dashdorj et. al. (2016) concluíram que são necessárias pesquisas que sirvam de guia para o processo, a fim de padronizar e entender os efeitos das variações no ambiente na maturação seca.

Devido às condições empregadas para produção de carne no Brasil não favorecerem a qualidade sensorial, a maturação seca pode se tornar uma alternativa viável para aumentar o valor do produto. Como há poucos estudos avaliando o efeito da maturação seca em carnes de zebuínos, torna-se necessário uma avaliação dos seus efeitos sob condições de produção típicas brasileiras.

Objetivou-se avaliar os efeitos de duas temperaturas de armazenamento (2 e 7ºC) no rendimento de processo, nas características físico-químicas e nas características sensoriais de carne bovina de animais zebuínos, maturadas a vácuo e a seco por até 42 dias.

## 5.4. Materiais e Métodos

A análise sensorial foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UNICAMP por meio do parecer número 2.236.968 (Anexo 1).

### 5.4.1. Amostras

Para o experimento foram utilizadas 16 peças de filé de costela e contrafilé de ~ 55cm (6ª vértebra torácica a 3ª vértebra lombar, m. *longuissimus thoracis* et *lumborum*), pertencentes a 8 carcaças de bovinos não castrados, da raça Nelore, e abatidos em frigorífico comercial, com peso de carcaça quente entre 220 e 270 quilos e espessura de gordura de 3 a 10 mm, aferida com um paquímetro, na 13ª vértebra torácica. As amostras foram obtidas 2 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 da carne foi aferido (Mettler Toledo MP125), garantindo que todas as amostras utilizadas apresentassem pH menor que 5,9.

### 5.4.2. Preparo e Maturação

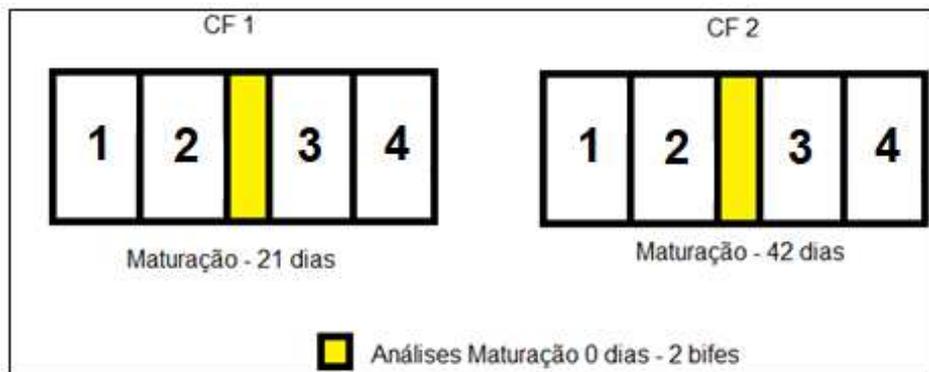
Cada par de contrafilé, direito e esquerdo de uma mesma carcaça, foi utilizado para compor os 8 tratamentos de maturação. De cada peça de contrafilé foi retirado 1 bife de 2,5cm de espessura da porção central (amostra não maturada – NM), restando duas metades, que foram novamente cortadas ao meio. Os tratamentos foram balanceados entre as porções cranial e caudal para evitar efeito de posição. Os tratamentos foram:

- Maturação úmida por 21 dias a 2°C
- Maturação úmida por 21 dias a 7°C
- Maturação úmida por 42 dias a 2°C
- Maturação úmida por 42 dias a 7°C

- Maturação seca por 21 dias a 2°C
- Maturação seca por 21 dias a 7°C
- Maturação seca por 42 dias a 2°C
- Maturação seca por 42 dias a 7°C

A distribuição dos tratamentos é apresentada na Figura 1 e Tabela 1.

Os bifes retirados da porção central de cada peça de contrafilé (1 bife do lado esquerdo e 1 bife do lado direito) foram destinados para análise de pH, atividade de água, capacidade de retenção de água, teores de umidade e gordura intramuscular, cor instrumental, força de cisalhamento e análise sensorial.



**Figura 1:** Esquema de porcionamento das amostras. CF1: Contrafilé esquerdo; CF2: Contrafilé direito.

**Tabela 1:** Esquema de porcionamento das amostras

ANIMAL	21 DIAS	42 DIAS	1	2	3	4
1	Direito	Esquerdo	Seca 2°C	Seca 7°C	Úmida 2°C	Úmida 7°C
2	Esquerdo	Direito	Seca 7°C	Úmida 2°C	Úmida 7°C	Seca 2°C
3	Direito	Esquerdo	Úmida 2°C	Úmida 7°C	Seca 2°C	Seca 7°C
4	Esquerdo	Direito	Úmida 7°C	Seca 2°C	Seca 7°C	Úmida 2°C
5	Esquerdo	Direito	Seca 2°C	Seca 7°C	Úmida 2°C	Úmida 7°C
6	Direito	Esquerdo	Seca 7°C	Úmida 2°C	Úmida 7°C	Seca 2°C
7	Esquerdo	Direito	Úmida 2°C	Úmida 7°C	Seca 2°C	Seca 7°C
8	Direito	Esquerdo	Úmida 7°C	Seca 2°C	Seca 7°C	Úmida 2°C

Seca 2°C: maturação a seco a 2°C

Seca 7°C: maturação a seco a 7°C

Úmida 2°C: maturação úmida a 2°C

Úmida 7°C: maturação úmida a 7°C

As peças, tanto para maturação seca, quanto para maturação úmida, foram colocadas em câmaras de maturação construídas a partir de cervejeiras comerciais da Metalfrio (modelo VN50R) modificadas para controlar a temperatura e a umidade. Uma das câmaras foi regulada para atuar a 2°C, enquanto a outra a 7°C. A umidade das duas câmaras foi regulada para 75%. As câmaras possuíam sistema de ventilação forçada, mas a velocidade do ar não foi aferida.

No primeiro dia de maturação foram alocadas 32 amostras em cada câmara de maturação. Após 21 dias de maturação, 16 amostras de cada câmara foram processadas para análise, restando 16 amostras em cada câmara, as quais permaneceram até o dia 42.

#### 5.4.2.1. 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<sub>2</sub> de 20 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, 24 h, bar à 23°C e 0% de umidade relativa e permeabilidade máxima a CO<sub>2</sub> de 100 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, 24 h, bar à 23°C, 0% umidade relativa). As amostras foram maturadas por 21 ou 42 dias. Ao término de cada período de maturação as amostras foram retiradas da embalagem, secas com papel absorvente e pesadas.

#### **5.4.2.2. 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 21 ou 42 dias. As amostras foram pesadas e reposicionadas na câmara a cada 3 dias. Ao final da maturação as amostras foram pesadas, desossadas e tiveram as superfícies ressecadas (aparas) removidas.

#### **5.4.3. Cálculos das Perda de Peso**

As pesagens realizadas antes, durante e após o processo de maturação foram utilizadas para calcular as perdas de peso por gotejamento ou evaporação decorrentes dos processos de maturação, desossa e 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 da amostra e peso dos ossos;
- Gotejamento – relação entre o peso inicial da amostra sem ossos e o peso final no processo de maturação úmida;
- Evaporação - relação entre o peso inicial da amostra com osso e o peso final com osso no processo de maturação a seco;

- Aparas – relação entre o peso da amostra ao final do processo de maturação a seco e o peso das aparas (superfícies ressecadas)
- Processo – relação entre o peso inicial e o peso final no processo de maturação
- Ossos – relação entre o peso de ossos retirado da peça, após o processo na maturação seca e no início do processo na maturação úmida, e o peso inicial.

#### **5.4.4. Análises**

As amostras, devidamente maturadas, desossadas e livres de superfícies ressecadas foram cortadas em bifés de 2,54 cm de espessura. Os bifés foram destinados para análises de pH, CRA, teor de umidade, cor instrumental, força de cisalhamento e análise sensorial.

A análise de atividade de água foi realizada nas aparas das amostras que passaram pelo processo de maturação a seco. Já nas amostras maturadas a vácuo, a análise foi realizada em um dos bifés previamente cortados.

##### **5.4.4.1. Cor Instrumental**

A avaliação da cor foi realizada logo após a preparação dos bifés, sem congelamento/descongelamento, conforme especificações da AMSA (2012). Os bifés foram colocados em bandejas de poliestireno expandido. As bandejas com os bifés foram cobertas com filme de PVC e acondicionadas em uma câmara frigorífica com temperatura de  $2 \pm 2^{\circ}\text{C}$ . As amostras foram alocadas sem sobreposição e ficaram expostas ao ar refrigerado continuamente por um período de uma hora. 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°. Considerou-se como valor final a média de 3 leituras obtidas em posições diferentes.

#### **5.4.4.2. Determinação de pH**

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

#### **5.4.4.3. 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 1 da AOAC - Association of Official Analytical Chemists (1990). As amostras estavam desprovidas de gordura subcutânea e foram moídas grosseiramente em processador de alimentos (Mega Master – Walita).

#### **5.4.4.4. Atividade de Água**

A atividade de água foi determinada com utilização do medidor de atividade de água Aqualab-DECAGON (modelo 4TE). Para as amostras do dia 0 e para as amostras maturadas a vácuo foi utilizado uma porção de um dos bifés, enquanto que para as amostras maturadas a seco foi utilizada uma porção preparada das aparas (superfície ressecada).

#### 5.4.4.5. Capacidade de Retenção de Água

Foi utilizada nesta análise, a metodologia descrita por Hamm, citada por Silva Sobrinho (1999).

As medidas foram realizadas em porções do interior das peças sem maturação ou maturadas (úmida e seca). Foram coletados  $0,5 \pm 0,05$  gramas de amostra em um fragmento único. Essas amostras foram colocadas no centro de papéis filtro previamente condicionados em dessecador por mínimo de 12 horas e então submetidas a 500psi de pressão por 1 minuto entre placas de acrílico.

Com uma caneta marcou-se as áreas internas e externas formadas e essas foram mensuradas através do software de análise de imagens AxioVision LE (Zeiss). Os resultados obtidos foram utilizados nas seguintes equações, junto com o valor de umidade, para determinar a quantidade de água livre e a CRA:

$$\text{Eq. 1: H}_2\text{O livre(\%)} = \frac{(A \text{ externa}(\text{cm}^2) - A \text{ interna}(\text{cm}^2)) \times 9,47 \times 100}{\text{Umidade total na amostra (mg)}}$$

$$\text{Eq. 2: CRA(\%)} = 100 - \text{H}_2\text{O livre}$$

#### 5.4.4.6. Maciez Instrumental

Os procedimentos para cocção dos bifes foram realizados utilizando-se adaptações do protocolo experimental descrito pela AMSA (2012).

Os bifes foram previamente descongelados (24 horas a 5°C). A cocção foi realizada em forno elétrico regulado em 165°C. Os bifes foram processados termicamente até atingirem a temperatura interna de 71°C. 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 bifos foram pesados antes e depois da cocção e, a partir desses pesos, foram calculadas as perdas de peso por cocção (PPC), em porcentagem.

Após a cocção os bifos foram mantidos a temperatura ambiente até esfriarem, embalados em sacos plásticos, devidamente identificados e levados ao refrigerador à temperatura de 5°C 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, 2012). 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.

#### **5.4.5. Análise Sensorial**

Neste experimento, foi realizada uma análise sensorial descritiva somente dos atributos de sabor.

##### **5.4.5.1. Preparação das amostras**

Foi realizado uma análise microbiológica prévia (dados não apresentados no presente estudo) e, devido a uma alta contagem microbiana nas carnes maturadas a vácuo a 7°C por 42 dias, optou-se por eliminar essas amostras da análise sensorial. Sendo assim, foram somente analisadas as amostras dos seguintes tratamentos:

- Dia 0: Amostras sem maturação
- DRY 2 / 21: Amostras maturadas secas a 2°C por 21 dias
- DRY 7 / 21: Amostras maturadas secas a 7°C por 21 dias
- WET 2 / 21: Amostras maturadas úmidas a 2°C por 21 dias
- WET 7 / 21: Amostras maturadas úmidas a 7°C por 21 dias
- DRY 2 / 42: Amostras maturadas secas a 2°C por 42 dias
- DRY 7 / 42: Amostras maturadas secas a 7°C por 42 dias
- WET 2 / 42: Amostras maturadas úmidas a 2°C por 42 dias

Com a finalidade de somente analisar o sabor das carnes e evitar a influência da textura e suculência, os bifes separados para análise sensorial foram moídos e misturados por tratamento. Hambúrgueres foram moldados (150g), utilizando somente a carne dos bifes separados para a análise, e congelados para análise posterior.

Os hambúrgueres, ainda congelados, foram assados em forno elétrico por 10 minutos, virando aos 5 minutos. As amostras foram cortadas e mantidas aquecidas em estufa (W4B - Titã Eletrocomerciais). As amostras foram oferecidas aos provadores, em ordem balanceada, codificados por 3 números aleatórios e com água e bolacha para limpeza do palato entre amostras.

#### **5.4.5.2. Provadores**

Os avaliadores foram selecionados entre alunos e funcionários da FEA/UNICAMP. Foram selecionados 13 provadores, dos quais 11 permaneceram até o final do experimento.

#### **5.4.5.3. Seleção dos termos descritores**

Os atributos sensoriais foram determinados pelo método de rede de Moskowitz (1983).

Amostras de carne não maturada, carne maturada úmida por 42 dias e carne maturada seca por 42 dias foram oferecidas aos avaliadores. Foi solicitado que os provadores descrevessem com termos simples, as similaridades e diferenças entre as características de sabor das amostras. Os termos mais citados foram discutidos e foi determinado, com consenso entre os avaliadores, quais seriam utilizados no treinamento.

#### **5.4.5.4. Treinamento dos Avaliadores**

Após seleção dos termos, os provadores participaram de sessões para definir os padrões de intensidade dos atributos levantados. Os avaliadores foram treinados a avaliar as amostras em uma escala linear não estruturada de 15 cm ancorada à esquerda como “fraco” e à direita como “forte”.

Foram realizadas ao total, 4 sessões de treinamento. Os termos selecionados e suas referências podem ser observados na Tabela 2.

**Tabela 2:** Termos descritores e referências utilizadas na análise descritiva

Atributo	Definição	Referências
Sabor de Carne Assada	Intensidade de sabor de carne bovina assada na amostra	Fraco: hambúrguer de contrafilé sem maturação (65°C) Forte: hambúrguer de contrafilé sem maturação (75°C)
Sabor de Carne Maturada	Intensidade de sabor de carne bovina após maturação na amostra	Fraco: hambúrguer de contrafilé sem maturação (71°C) Forte: hambúrguer de contrafilé maturado seca por 42 dias (71°C)
Sabor de Gordura	Intensidade do sabor de gordura de carne bovina na amostra	Fraco: hambúrguer de contrafilé sem maturação (71°C) Forte: hambúrguer de <i>spinalis</i> sem maturação (71°C)
Sabor Metálico	Intensidade do sabor metálico/sangue na amostra	Fraco: hambúrguer de contrafilé sem maturação (71°C) Forte: hambúrguer de contrafilé sem maturação acrescido de 0,5% de sulfato ferroso
Sabor de Fígado	Intensidade do sabor de fígado bovino na amostra	Fraco: hambúrguer de contrafilé sem maturação (71°C) Forte: hambúrguer de contrafilé sem maturação acrescido de 5% de fígado moído
Gosto Umami	Intensidade do gosto umami na amostra	Fraco: hambúrguer de contrafilé sem maturação (71°C) Forte: hambúrguer de contrafilé sem maturação acrescido de 0,2% de glutamato monossódico.
Gosto Ácido	Intensidade de acidez da amostra	Fraco: hambúrguer de contrafilé sem maturação (71°C) Forte: hambúrguer de contrafilé sem maturação acrescido de 0,2% de ácido cítrico.

#### 5.4.5.5. Validação

Os provadores foram validados em 3 sessões. Os resultados dos avaliadores foram avaliados através de análise de variância (ANOVA de dois fatores) para os resultados de cada provador e cada atributo. Foi utilizado o programa Statistica 7.0 (Statsoft, 2005). Os avaliadores que não apresentaram poder discriminativo ou diferiram entre os demais provadores foram eliminados, restando 11 avaliadores ao final do processo.

#### **5.4.5.6. Avaliação**

Foram realizadas 3 sessões de avaliação das amostras. O preparo das amostras seguiu a metodologia descrita no item 5.4.5.1. As amostras foram apresentadas de forma monádica, uma amostra por vez e com ordem balanceada entre os provadores a fim de evitar vícios.

#### **5.4.6. Análise Estatística**

Os dados coletados foram analisados estatisticamente com o programa Statistica 7.0 (STATSOFT, 2005) por ANOVA de 3 fatores 2x2x2: processo (seco e úmido, temperatura 2°C e 7°C e tempo 21 e 42 dias). As médias foram comparadas por teste Tukey a 5% de significância.

Para a análise sensorial foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com 3 repetições. Os dados foram analisados por ANOVA de 2 fatores com duas fontes de variação (amostra e avaliador). Após verificação da ausência da interação entre amostra e avaliador, os atributos que apresentaram efeito da amostra foram submetidos a teste de média de Tukey a 5% de significância.

## 5.5. Resultados e Discussões

Na Tabela 3 são apresentados os dados obtidos das amostras no dia 0, sem maturação. A espessura de gordura subcutânea, medida na altura da 12<sup>a</sup> vertebra torácica, variou entre 3 e 10mm, com média de 5,3±0,71mm.

Todas as amostras coletadas apresentaram valores de pH entre 5,4 e 5,5, indicando a ausência de carne DFD (dark, firm e dry). O valor de atividade de água das amostras no dia 0 condiz com os valores na carne fresca, segundo a literatura, entre 0,98 e 0,99 (Chirife & Fontan, 1982). A capacidade de retenção de água foi de 70,25±1,37%.

Os teores de umidade variaram de 71,37 a 75,62%, com média de 74,15±0,41%. Os valores encontrados para gordura intramuscular variaram de 1,82 a 5,94%, com média de 3,11±0,48%.

As amostras sem maturação apresentaram valores de maciez instrumental de 4,97±0,56kg. Os valores de PPC tiveram média de 18,52±0,66%.

**Tabela 3:** Médias, EPM e valores mínimos e máximos as variáveis avaliadas nas amostras sem maturação (n = 8)

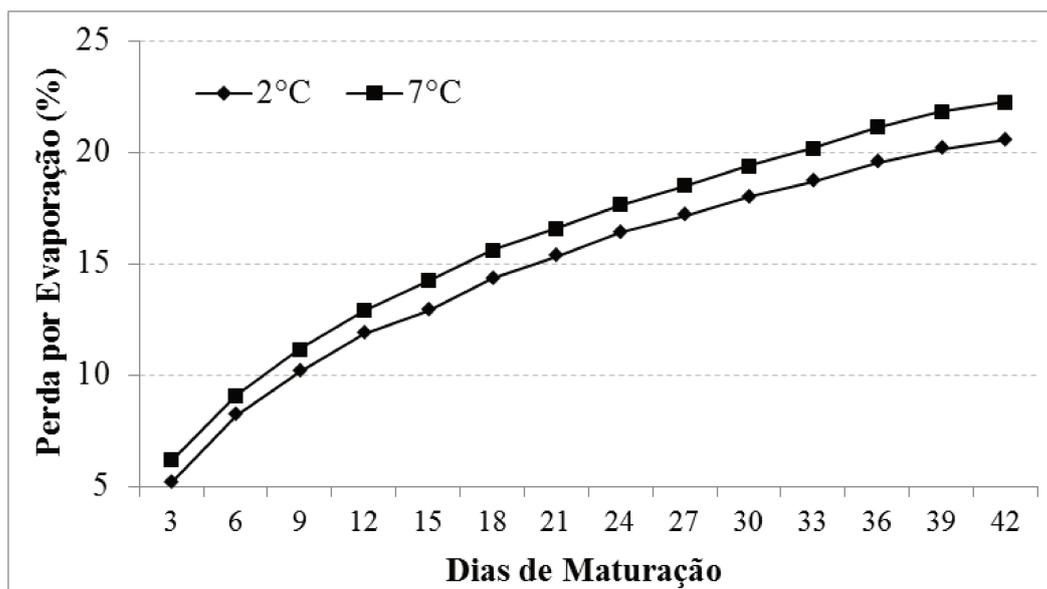
	Média	EPM	Mínimo	Máximo
EGS (mm)	5,33	0,71	3,00	10,00
pH	5,46	0,01	5,43	5,51
Atividade de Água	0,9870	0,004	0,9860	0,9900
CRA (%)	70,25	1,37	62,10	75,18
Umidade (%)	74,15	0,41	71,37	75,62
Gordura (%)	3,11	0,48	1,82	5,94
L	29,11	0,90	24,47	31,78
Cor				
a	22,74	0,68	19,49	26,81
b	19,08	0,74	15,74	22,54
PPC (%)	18,52	0,66	16,20	21,72
WBSF (kg)	4,97	0,56	3,45	9,00

EGS: Espessura de gordura subcutânea; CRA: Capacidade de retenção de água; PPC: Perda de peso na cocção; WBSF: Força de cisalhamento por Warner Bratzler.

Nas Figura 2 e Tabela 4 são apresentados os valores das perdas por evaporação no processo de maturação a seco, quando realizado a 2°C ou 7°C. Pode-se observar que a carne maturada a 7°C perdeu mais peso em todos os dias de pesagem. No início da maturação essa diferença foi de aproximadamente um ponto percentual, já com 42 dias essa diferença chegou a 1,7 pontos percentuais. Ao final dos 21 dias, a carne maturada a 2°C perdeu 15,3%, enquanto a carne maturada a 7°C perdeu 16,6% de peso em relação ao peso inicial. Ao final de 42 dias de maturação a carne maturada a 2°C perdeu 20,6% de peso, enquanto a carne a 7°C perdeu 22,3%.

As perdas por evaporação foram significativamente maiores quando as carnes foram maturadas a seco a 7°C por até 18 dias. Com 21 dias foi observada uma tendência ( $P = 0,07$ ) de maiores perdas para carne a 7°C. Após 24 dias, até 42 dias, não foram observadas diferenças, mesmo as médias sendo numericamente maiores para as amostras a 7°C. A ausência de diferença pode estar associada ao menor número de amostras dentro das câmaras após 21 dias (32 para 16 amostras em cada câmara), o que pode ter elevado a circulação de ar e por consequência equalizado as perdas por evaporação.

Maiores perdas por evaporação em câmaras com maior temperatura eram esperadas, pois temperaturas mais elevadas propiciam maior taxa de desidratação em vários alimentos (Krokida et. al., 2003).



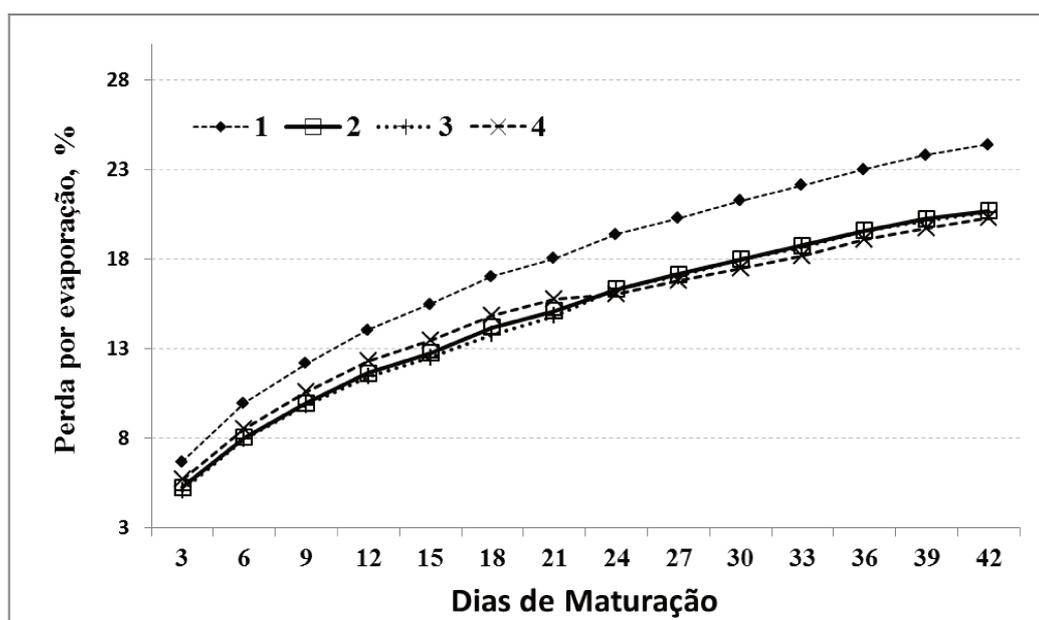
**Figura 2:** Efeito da temperatura de estocagem na perda por evaporação no processo de maturação a seco de 3 a 42 dias.

**Tabela 4:** Efeito da temperatura de estocagem nas Perdas por Evaporação de Carnes Maturadas a Seco

Dias de Maturação	N	Temperatura		Valor de P	Diferença em % entre 7°C e 2°C
		2°C	7°C		
3	16	5,19±0,25	6,18±0,25	0,008	1,0
6	16	8,19±0,29	9,09±0,32	0,048	0,9
9	16	10,16±0,35	11,17±0,33	0,045	1,0
12	16	11,85±0,36	12,89±0,38	0,057	1,0
15	16	12,90±0,43	14,23±0,40	0,032	1,3
18	16	14,32±0,47	15,61±0,44	0,053	1,3
21	16	15,34±0,50	16,57±0,45	0,076	1,2
24	8	16,41±0,83	17,66±0,56	0,230	1,3
27	8	17,17±0,83	18,50±0,56	0,207	1,3
30	8	17,99±0,87	19,39±0,61	0,208	1,4
33	8	18,69±0,87	20,19±0,61	0,181	1,5
36	8	19,55±0,90	21,12±0,64	0,174	1,6
39	8	20,16±0,92	21,84±0,66	0,159	1,7
42	8	20,56±0,94	22,26±0,64	0,158	1,7

Verificou-se efeito da posição anatômica nas perdas de peso por evaporação no processo a seco (Figura 3). A posição mais cranial foi a que sofreu as maiores perdas de desidratação, possivelmente por não apresentar cobertura de gordura subcutânea e apresentar a maior área de musculatura

exposta (Figura 4). Ao final da maturação (42 dias), as amostras da posição 1 perderam 24,4% de peso, enquanto as amostras das demais posições perderam aproximadamente 20%.



**Figura 3:** Efeito da posição anatômica do corte na perda por evaporação no processo de maturação a seco até 42 dias (até 21 dias n=32; de 24 a 42 dias n = 16). Números 1, 2, 3 e 4 indicam as posições: cranial 1, cranial 2, caudal 1 e caudal 2, respectivamente.



**Figura 4:** Característica das porções utilizadas para os processos de maturação. Da esquerda para direita, cranial para caudal.

Não foram verificados efeitos ( $P>0,05$ ) da interação entre tipo, temperatura e tempo de processos de maturação para as variáveis perdas de gotejamento, evaporação, aparas, ossos e processo.

As amostras submetidas ao processo de maturação a vácuo (úmida) apresentaram maior perda por gotejamento quando maturadas por 42 dias em relação as amostras maturadas por 21 dias ( $P<0,05$ ). Entretanto, a temperatura de armazenamento não afetou a perda por gotejamento ( $P>0,05$ ).

A quantidade de aparas ressecadas, presentes apenas nas amostras sob maturação seca, não foi afetada pela temperatura de estocagem ( $P>0,05$ ). Entretanto, as amostras maturadas por 42 dias apresentaram maiores valores que as maturadas por 21 dias ( $P<0,05$ ; Tabela 5). Kim et. al. (2016) não encontraram diferença entre o rendimento de carnes maturadas a seco a  $1^{\circ}\text{C}$  e a  $3^{\circ}\text{C}$ . Já Ahnström et. al. (2006) observaram um aumento nas perdas de aparas nas amostras maturadas a seco entre 14 e 21 dias.

Foi observada uma perda de processo (evaporação e aparas nas amostras maturadas a seco e gotejamento nas amostras maturadas à vácuo) de aproximadamente 24% para as amostras maturadas a seco, enquanto as amostras sob maturação a vácuo perderam aproximadamente 2,6% de massa, em relação ao peso inicial (Tabela 5).

Não houve efeito do tipo de maturação na porcentagem perdida na desossa em relação ao peso da amostra fresca (Tabela 5). Este efeito também

não foi observado por Vilella (2016), que não encontrou diferença na porcentagem de osso entre amostras maturadas a seco e a vácuo por 28 dias, assim como Kim et. al. (2016), que não observaram diferença na quantidade de ossos em amostras maturadas a seco ou a vácuo em câmaras a 1 e 3°C por 21 dias.

**Tabela 5:** Médias  $\pm$  EPM das perdas de peso por desossa, aparas, gotejamento, evaporação, e processo das amostras maturadas

	Gotejamento (G)	Evaporação (E)	Aparas (A)	Processo	Ossos
Tipo de maturação					
Maturação úmida (n=32)	2,64 $\pm$ 0,21	0,00 $\pm$ 0,00	0,00 $\pm$ 0,00	2,64 $\pm$ 0,21	33,34 $\pm$ 1,17
Maturação seca (n=32)	0,00 $\pm$ 0,00	18,71 $\pm$ 0,62	5,69 $\pm$ 0,23	24,41 $\pm$ 0,75	34,09 $\pm$ 0,91
<i>Valor de P</i>				<0,0001	0,61
Temperatura da câmara					
2°C (n=32)	2,50 $\pm$ 0,26	17,95 $\pm$ 0,88	5,41 $\pm$ 0,32	12,93 $\pm$ 1,95	34,33 $\pm$ 1,11
7°C (n=32)	2,78 $\pm$ 0,34	19,47 $\pm$ 0,86	5,98 $\pm$ 0,32	14,12 $\pm$ 2,10	33,09 $\pm$ 0,97
<i>Valor de P</i>	0,53	0,23	0,22	0,68	0,40
Tempo de maturação					
21 dias (n=32)	1,78 $\pm$ 0,12	16,02 $\pm$ 0,52	5,01 $\pm$ 0,34	11,40 $\pm$ 1,76	34,32 $\pm$ 1,10
42 dias (n=32)	3,50 $\pm$ 0,27	21,40 $\pm$ 0,59	6,38 $\pm$ 0,19	15,64 $\pm$ 2,20	33,10 $\pm$ 0,98
<i>Valor de P</i>	<0,0001	<0,0001	0,0014	0,14	0,41
Interação					
Tipo x Temperatura				0,0443	0,5111
Tipo x Tempo				<0,0001	0,4002
Temperatura x Tempo	0,4160	0,8173	0,3534	0,9453	0,6311
Tipo x Temperatura x Tempo				0,6269	0,2962

Foi observada interação entre tempo de armazenamento e tipo de maturação nas perdas de processo ( $P>0,05$ ). Um maior tempo de maturação elevou mais as perdas de processo das amostras maturadas a seco do que as amostras maturadas a vácuo. Como as perdas por gotejamento não aumentam com o aumento do período de maturação, não há aumento das perdas totais na maturação úmida.

**Tabela 6:** Efeito do tempo de maturação (21 e 42 dias) sobre as perdas totais de processo nas carnes maturadas úmida ou seca

Processo (G+E+A)	Úmida (n=32)	Seca(n=32)
21 dias (n=32)	1,78 ± 0,12 <sup>b,B</sup>	21,03 ± 0,67 <sup>a,B</sup>
42 dias (n=32)	3,50 ± 0,27 <sup>b,A</sup>	27,79 ± 0,58 <sup>a,A</sup>

Processo (G+E+A) = Soma das perdas por gotejamento, evaporação e aparas.

<sup>a,b</sup> Na mesma linha, para um mesmo tempo de maturação, letras minúsculas diferem ( $P<0,05$ ).

<sup>A,B</sup> Na mesma coluna, para um mesmo tipo de maturação, letras maiúsculas diferem ( $P<0,05$ ).

**Tabela 7:** Efeito do temperatura de maturação (2°C e 7°C) sobre as perdas totais de processo nas carnes maturadas úmida ou seca

Processo (G+E+A)	Úmida (n=32)	Seca (n=32)
2°C (n=32)	2,50 ± 0,26 <sup>b,A</sup>	23,36 ± 1,06 <sup>a,B</sup>
7°C (n=32)	2,78 ± 0,34 <sup>b,A</sup>	25,45 ± 1,03 <sup>a,A</sup>

Processo (G+E+A) = Soma das perdas por gotejamento, evaporação e aparas.

<sup>a,b</sup> Na mesma linha, para uma mesma temperatura de maturação, letras minúsculas diferem ( $P<0,05$ ).

<sup>A,B</sup> Na mesma coluna, para um mesmo tipo de maturação, letras maiúsculas diferem ( $P<0,05$ ).

Os valores de pH não foram afetados pelo tipo, temperatura e tempo de maturação. Kim et. al. (2016) também não encontraram diferenças no pH de carnes maturadas a seco e a vácuo a 1 e 3°C por 21 dias. Já Dikeman et. al. (2013) observaram um aumento no pH de carnes maturadas a seco em relação a carnes maturadas úmidas no mesmo período de maturação.

Houve interação ( $p<0,01$ ) entre o tipo e o tempo de maturação na atividade de água e capacidade de retenção de água.

A capacidade de retenção de água, o teor de umidade e a atividade de água não foram afetadas pela temperatura e tempo de estocagem. Entretanto,

as amostras maturadas a seco apresentaram menores valores de umidade e menor valor de atividade de água, avaliadas na superfície das peças (Tabela 8). Esses resultados corroboram com os encontrados por Dikeman et. al. (2013) ao comparar amostras maturadas a seco e a vácuo por 21 dias, onde amostras maturadas secas apresentaram menores valores de umidade.

**Tabela 8:** Médias  $\pm$  EPM (n=64) dos valores de pH, atividade de água, capacidade de retenção de água e umidade das amostras maturadas

	pH	Atividade de Água	CRA (%)	Umidade (%)
Tipo de maturação				
Maturação úmida (n=32)	5,45 $\pm$ 0,019	0,9917 $\pm$ 0,0007	69,40 $\pm$ 0,70	72,98 $\pm$ 0,18
Maturação seca (n=32)	5,46 $\pm$ 0,007	0,9285 $\pm$ 0,0022	72,20 $\pm$ 0,54	72,11 $\pm$ 0,38
<i>Valor de P</i>	0,49	0,00000	0,002	0,044
Temperatura de maturação				
2°C (n=32)	5,45 $\pm$ 0,01	0,9600 $\pm$ 0,006	70,59 $\pm$ 0,62	72,64 $\pm$ 0,31
7°C (n=32)	5,46 $\pm$ 0,02	0,9602 $\pm$ 0,006	71,02 $\pm$ 0,72	72,46 $\pm$ 0,31
<i>Valor de P</i>	0,89	0,99	0,64	0,68
Tempo de maturação				
21 dias (n=32)	5,45 $\pm$ 0,006	0,9615 $\pm$ 0,005	70,52 $\pm$ 0,54	72,80 $\pm$ 0,30
42 dias (n=32)	5,46 $\pm$ 0,020	0,9587 $\pm$ 0,007	71,09 $\pm$ 0,77	72,29 $\pm$ 0,31
<i>Valor de P</i>	0,56	0,73	0,54	0,23
Interação				
Tipo x Temperatura	0,7609	0,4365	0,0680	0,8646
Tipo x Tempo	0,1839	<0,0001	0,0024	0,2749
Temperatura x Tempo	0,4388	0,6856	0,9095	0,9178
Tipo x Temperatura x Tempo	0,4661	0,5293	0,1810	0,5771

Na Tabela 8 pode-se observar que a temperatura de maturação não afetou os valores de atividade de água, CRA e umidade das amostras maturadas a seco a maturadas a vácuo.

Foi observado efeito para interação entre tempo de armazenamento e tipo de maturação para as variáveis atividade de água e capacidade de retenção de água ( $P < 0,05$ ). Um maior tempo de maturação elevou o valor de atividade de água nas amostras maturadas a vácuo, enquanto diminuiu o valor das amostras maturadas a seco. A capacidade de retenção de água aumentou com o passar do tempo para as amostras maturadas a seco. Por outro lado, o tempo de estocagem não afetou a CRA das amostras maturadas a vácuo (Tabela 9).

**Tabela 9:** Efeito do tempo de maturação (21 e 42 dias) sobre os valores de atividade de água e capacidade de retenção de água dos processos de maturação úmida ou seca (n= 64)

	21 dias (n=32)		42 dias (n=32)	
	Úmida (n=16)	Seca (n=16)	Úmida (n=16)	Seca (n=16)
Atividade de Água	0,989 ± 0,001 <sup>a,B</sup>	0,934 ± 0,002 <sup>b,A</sup>	0,995 ± 0,001 <sup>a,A</sup>	0,923 ± 0,003 <sup>b,B</sup>
CRA (%)	70,43 ± 0,85 <sup>a,A</sup>	70,61 ± 0,71 <sup>a,B</sup>	68,39 ± 1,06 <sup>b,A</sup>	73,80 ± 0,62 <sup>a,A</sup>

<sup>a,b</sup> Na mesma linha, para um mesmo tempo de maturação, letras minúsculas diferem (P<0,05).

<sup>A,B</sup> Na mesma linha, para um mesmo processo de maturação, letras maiúsculas diferem (P<0,05).

A maciez instrumental, avaliada pela força de cisalhamento, não foi afetada pelo processo, temperatura e tempo de maturação. Por outro lado, as amostras maturadas a seco e as amostras maturadas por 21 dias apresentaram menores valores de perdas de peso durante a cocção, mas as perdas não foram afetadas pela temperatura de maturação (Tabela 10). Diversos autores observaram a ausência de efeito do tipo de maturação na maciez instrumental de carnes (Dikeman et. al., 2013; Smith et. al., 2008; Lepper-Billie et. al., 2016; Sitz et. al., 2014; Vilella, 2016). Era esperado que o maior tempo de maturação melhorasse a maciez da carne, conforme demonstrado por Koohmaraie (1994). Este efeito pode não ter sido observado neste experimento devido ao período que foi avaliado. A redução da força de cisalhamento é maior nos períodos iniciais (Dransfield, 1994), sendo que após 21 dias a velocidade do “amaciamento” da carne tende a reduzir. Ao se comparar as amostras entre 21 e 42 dias, a maturação já estava estabelecida nos dois tempos avaliados.

**Tabela 10:** Médias  $\pm$  EPM (n=64) dos valores de perdas de peso por cocção (PPC) e força de cisalhamento (WBSF) das amostras maturadas

	PPC,%	WBSF, kgf
Tipo de maturação		
Maturação úmida (n=32)	21,10 $\pm$ 0,42	3,11 $\pm$ 0,089
Maturação seca (n=32)	19,38 $\pm$ 0,47	3,12 $\pm$ 0,093
<i>Valor de P</i>	0,008	0,96
Temperatura de maturação		
2°C (n=32)	19,89 $\pm$ 0,46	3,13 $\pm$ 0,094
7°C (n=32)	20,58 $\pm$ 0,47	3,10 $\pm$ 0,088
<i>Valor de P</i>	0,30	0,82
Tempo de maturação		
21 dias (n=32)	19,51 $\pm$ 0,41	3,08 $\pm$ 0,09
42 dias (n=32)	20,96 $\pm$ 0,49	3,14 $\pm$ 0,08
<i>Valor de P</i>	0,026	0,64
Interação		
Tipo x Temperatura	0,9623	0,7218
Tipo x Tempo	0,2292	0,3471
Temperatura x Tempo	0,9861	0,8042
Tipo x Temperatura x Tempo	0,8685	0,4159

A temperatura de estocagem não afetou ( $P > 0,05$ ) as variáveis de cor instrumental. As amostras submetidas ao processo de maturação a seco apresentaram menores valores da coordenada  $L^*$ . Entretanto, o tipo de maturação não afetou os valores de  $a^*$  e  $b^*$ . A maturação por 42 dias diminuiu os valores de  $L^*$  e aumentou os valores de  $a^*$  e  $b^*$ , quando comparado com a maturação por 21 dias (Tabela 11).

**Tabela 11:** Médias  $\pm$  EPM (n=64) dos valores das coordenadas da cor instrumental das amostras maturadas

	L	a	b
Tipo de maturação			
Maturação úmida (n=32)	30,47 $\pm$ 0,53	28,75 $\pm$ 0,51	25,29 $\pm$ 0,53
Maturação seca (n=32)	28,70 $\pm$ 0,67	28,39 $\pm$ 0,91	24,50 $\pm$ 0,81
Valor de P	0,044	0,73	0,42
Temperatura de maturação			
2°C (n=32)	29,96 $\pm$ 0,67	29,07 $\pm$ 0,79	25,35 $\pm$ 0,73
7°C (n=32)	29,21 $\pm$ 0,57	28,06 $\pm$ 0,69	24,44 $\pm$ 0,65
Valor de P	0,40	0,34	0,35
Tempo de maturação			
21 dias (n=32)	31,67 $\pm$ 0,32	24,97 $\pm$ 0,34	21,48 $\pm$ 0,36
42 dias (n=32)	27,50 $\pm$ 0,63	32,16 $\pm$ 0,39	28,30 $\pm$ 0,27
Valor de P	0,00000	0,00000	0,00000
Interação			
Tipo x Temperatura	0,9053	0,0454	0,0137
Tipo x Tempo	0,0252	<0,0001	<0,0001
Temperatura x Tempo	0,8985	0,1929	0,3016
Tipo x Temperatura x Tempo	0,9664	0,9449	0,9154

Foi observado efeito para interação entre temperatura de armazenamento e tipo de maturação para as coordenadas a\* e b\*. As amostras maturadas a seco apresentaram os mesmos valores de a\* e b\* quando estocadas a 2°C e 7°C. Por outro lado, as amostras maturadas a vácuo a 2°C apresentaram maiores valores de a\* e b\*, do que as amostras maturadas a 7°C.

**Tabela 12:** Efeito da temperatura de maturação (2°C e 7°C) sobre os valores das coordenadas a\* e b\* da cor instrumental dos processos de maturação úmida ou seca (n= 64)

	2°C (n=32)		7°C (n=32)	
	Úmida (n=16)	Seca (n=16)	Úmida (n=16)	Seca (n=16)
a	29,65 $\pm$ 0,76 <sup>a,A</sup>	28,48 $\pm$ 1,39 <sup>a,A</sup>	27,83 $\pm$ 0,64 <sup>a,B</sup>	28,29 $\pm$ 1,24 <sup>a,A</sup>
b	26,18 $\pm$ 0,78 <sup>a,A</sup>	24,51 $\pm$ 1,22 <sup>a,A</sup>	24,39 $\pm$ 0,68 <sup>a,B</sup>	24,49 $\pm$ 1,13 <sup>a,A</sup>

<sup>a,b</sup> Na mesma linha, para uma mesma temperatura de maturação, letras minúsculas diferem (P<0,05).

<sup>A,B</sup> Na mesma linha, para um mesmo tipo de maturação, letras maiúsculas diferem (P<0,05).

Foi observado efeito para interação entre tempo de armazenamento e tipo de maturação para as coordenadas L\*, a\* e b\*. A maturação por mais tempo afetou com mais intensidade as amostras maturadas a seco. O maior tempo de

maturação diminuiu os valores de L\* e aumentou os valores de a\* e b\* de maneira mais significativa nas amostras maturadas a seco do que nas amostras maturadas a vácuo (Tabela 13).

**Tabela 13:** Efeito do tempo de maturação (21 e 42 dias) sobre os valores das coordenadas da cor instrumental dos processos de maturação úmida ou seca (n= 64)

	21 dias (n=32)		42 dias (n=32)	
	Úmida (n=16)	Seca (n=16)	Úmida (n=16)	Seca (n=16)
L	31,77 ± 0,58 <sup>a,A</sup>	31,56 ± 0,31 <sup>a,A</sup>	29,16 ± 0,79 <sup>a,B</sup>	25,85 ± 0,81 <sup>b,B</sup>
a	26,39 ± 0,38 <sup>a,B</sup>	23,55 ± 0,29 <sup>b,B</sup>	31,10 ± 0,46 <sup>b,A</sup>	33,22 ± 0,53 <sup>a,A</sup>
b	22,90 ± 0,44 <sup>a,B</sup>	20,08 ± 0,32 <sup>b,B</sup>	27,68 ± 0,44 <sup>b,A</sup>	28,92 ± 0,25 <sup>a,A</sup>

<sup>a,b</sup> Na mesma linha, para um mesmo tempo de maturação, letras minúsculas diferem (P<0,05).

<sup>A,B</sup> Na mesma linha, para um mesmo tipo de maturação, letras maiúsculas diferem (P<0,05).

### 5.5.1. Análise Sensorial

As médias ( $\pm$ EPM) para os atributos avaliados por painel treinado na análise sensorial estão demonstrados na Tabela 14.

**Tabela 14:** Médias  $\pm$  EPM dos atributos sensoriais avaliados por painel treinado

Atributo	21 DIAS					42 DIAS			Valor de P
	Dia 0	DRY2	DRY7	WET2	WET7	DRY2	DRY7	WET2	
Carne Assada	7,9 $\pm$ 0,6	8,6 $\pm$ 0,5	8,7 $\pm$ 0,6	8,7 $\pm$ 0,6	8,3 $\pm$ 0,6	8,3 $\pm$ 0,6	8,2 $\pm$ 0,6	8,2 $\pm$ 0,6	0,8799
Carne Maturada	5,6 $\pm$ 0,7 <sup>b</sup>	7,0 $\pm$ 0,7 <sup>a,b</sup>	7,5 $\pm$ 0,6 <sup>a,b</sup>	6,9 $\pm$ 0,6 <sup>a,b</sup>	7,6 $\pm$ 0,7 <sup>a,b</sup>	6,8 $\pm$ 0,7 <sup>a,b</sup>	6,9 $\pm$ 0,7 <sup>a,b</sup>	9,0 $\pm$ 0,5 <sup>a</sup>	0,0047
Gordura	1,5 $\pm$ 0,2	1,6 $\pm$ 0,3	2,0 $\pm$ 0,3	2,1 $\pm$ 0,4	2,2 $\pm$ 0,4	1,8 $\pm$ 0,3	1,6 $\pm$ 0,3	2,3 $\pm$ 0,4	0,2309
Metálico	3,4 $\pm$ 0,6	2,3 $\pm$ 0,4	2,6 $\pm$ 0,4	2,9 $\pm$ 0,5	2,7 $\pm$ 0,5	3,4 $\pm$ 0,5	3,1 $\pm$ 0,5	3,0 $\pm$ 0,5	0,1842
Fígado	1,6 $\pm$ 0,5	2,2 $\pm$ 0,4	2,3 $\pm$ 0,3	2,0 $\pm$ 0,3	2,4 $\pm$ 0,4	2,0 $\pm$ 0,3	2,2 $\pm$ 0,3	3,1 $\pm$ 0,5	0,1203
Umami	4,3 $\pm$ 0,7	5,0 $\pm$ 0,7	5,2 $\pm$ 0,7	4,6 $\pm$ 0,6	4,6 $\pm$ 0,7	4,4 $\pm$ 0,7	3,6 $\pm$ 0,6	5,6 $\pm$ 0,7	0,1017
Ácido	4,4 $\pm$ 0,7 <sup>a</sup>	2,4 $\pm$ 0,5 <sup>b</sup>	2,8 $\pm$ 0,4 <sup>a,b</sup>	3,0 $\pm$ 0,5 <sup>a,b</sup>	3,8 $\pm$ 0,6 <sup>a,b</sup>	3,4 $\pm$ 0,5 <sup>a,b</sup>	3,3 $\pm$ 0,6 <sup>a,b</sup>	4,3 $\pm$ 0,6 <sup>a</sup>	0,0131

Dia 0: amostras sem maturação

DRY 2: amostras maturadas secas a 2°C

DRY 7: amostras maturadas secas a 7°C

WET 2: amostras maturadas úmidas a 2°C

WET 7: amostras maturadas úmidas a 7°C

<sup>a,b</sup>: médias com letras iguais na mesma linha não diferem entre si (p<0,05)

Não foi verificado efeito dos tratamentos nos atributos de sabor de carne assada, sabor de gordura, sabor metálico, sabor de fígado e gosto umami ( $P>0,05$ ). O sabor de carne maturada foi percebido como mais intenso pelos avaliadores na carne maturada úmida a 2°C por 42 dias, sendo que a carne sem maturação foi descrita como a de sabor de carne maturada mais fraco ( $P<0,05$ ). Os avaliadores descreveram as carnes sem maturação e maturada úmida a 2°C por 42 dias como mais ácidas e a carne maturada seca a 2°C por 21 dias como a que apresentou gosto ácido mais fraco ( $P<0,05$ ). Em experimento realizado por Warren e Kastner (1992), carnes maturadas úmidas também apresentaram maior acidez quando comparadas a carnes maturadas secas após 14 dias, no entanto a carne sem maturação não diferiu das carnes maturadas secas.

Avaliações sensoriais anteriores variam quanto aos efeitos da maturação seca nos atributos de sabor em carnes. Sitz et. al. (2014) encontraram diferenças no escore de sabor e na aceitação geral somente quando comparam a maturação seca a úmida em carnes Prime, não diferindo em carnes Choice. No experimento realizado por Li et. al. (2014) carnes maturadas secas foram descritas como mais salgadas, com gosto umami mais acentuado, menos metálicas, com mais sabor de gordura e de carne frita na manteiga do que carnes maturadas úmidas após um período de 19 dias. Warren e Kastner (1992) encontraram diferenças no sabor de carne, sabor de sangue, sabor de grelhado, sabor metálico e gosto ácido, mas não no sabor de gordura entre carnes maturadas secas e úmidas por 14 dias.

Por outro lado, Dikeman et. al. (2013) não encontraram diferenças na intensidade do sabor de carne e sabor estranho entre carnes maturadas secas e úmidas após 21 dias de maturação. Vilella (2016) não encontrou diferenças nos sabores de sangue, sabor de carne assada, gosto umami, acidez e sabor estranho entre carnes maturadas secas e úmidas.

## 5.6. Conclusão

A diferença entre 2°C e 7°C durante a maturação neste experimento não foi suficiente para alterar as características físico-químicas das carnes, independentemente do método utilizado. Entretanto, temperaturas mais elevadas podem favorecer a quebra de peso nas carnes maturadas a seco.

A utilização da maturação úmida a 7°C nas condições deste experimento ocasionou em problemas sanitários na carne, impossibilitando sua comercialização e consumo.

O processo de maturação seca aumenta o custo do produto, devido ao aumento das perdas por evaporação e aparas. As diferenças sensoriais somente foram perceptíveis ao painel treinado após 42 dias de maturação, onde carnes maturadas a seco apresentaram menor intensidade de gosto ácido.

## 5.7. Referências Bibliográficas

1. Ahnström, M. L.; Seyfert, M.; Hunt, M. C.; Johnson, D. E. (2006). Dry aging of beef in a bag highly permeable to water vapour. **Meat Science**, v. 73, p. 674-679.
2. AMSA (2012) American Meat Science Association. Meat Color Measurement Guidelines. Champaign, IL.
3. AOAC (1990). Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 15. Ed. Washington DC: v.1, 99-101.
4. 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**, v. 66, p. 196-199.
5. Carvalho, M. E. et. al. (2014). Heat shock and structural proteins associated with meat tenderness in Nellore beef cattle, a *Bos indicus* breed. **Meat Science**, v. 96, p. 1318-1324.
6. Chirife, J & Fontan, C. F. A Research Note: Water Activity of Fresh Foods. **Journal of Food Science**, v.47, p. 661-663, 1982.
7. Dashdorj, D.; Tripathi, V. K.; Cho, S. et. al. (2016) Dry aging of beef; Review. **Journal of Animal Science and Technology**, v. 58, p. 20-30.
8. DeGeer, S.L.; Hunt, M.C.; Bratcher, C.L. et. al. (2009) Effects of dry aging of bone-in and boneless strip loins using two aging processes for two aging times. **Meat Science**, v. 83, p. 768-774.
9. Devine, C.E.; Wahlgren, N.M.; Tornberg, E. (1999) Effect of rigor temperature on muscle shortening and tenderization of restrained and unrestrained beef m. longissimus thoracicus et lumborum. **Meat Science**, v. 51, p. 61-72.
10. Dikeman, M. E.; Obuz, E.; Gök, V. et. al. (2013) Effects of dry, vacuum, and special bag aging; USDA quality grade; and end-point temperature on yields and eating quality of beef longissimus lumborum steaks. **Meat Science**, v. 94, p. 228-233.
11. Dransfield., E. (1994). Optimisation of tenderisation, ageing and tenderness. **Meat Science**, v. 36, p. 105-121.

12. Ferraz, J. B.S. & Felício, P. E. (2010). Production systems – An example from Brazil. **Meat Science**, v. 84, p. 238-243.
13. 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**, v. 111, p. 168-176.
14. Koochmaraie, M. (1994). Muscle proteinases and meat aging. **Meat Science**, v. 36, p. 93-104.
15. Krokida, M.K.; Karathanos, V.T.; Maroulis, Z.B.; Marinos-Kouris, D. (2003) Drying kinetics of some vegetables. **Journal of Food Engineering**, v. 59, p. 391-403.
16. Laster, M.A.; Smith, R.D.; Nicholson, K.L. et. al. (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**, v. 80, p. 795-804.
17. Lepper-Billie, A.N.; Berg, E.P.; Buchanan, D.S.; Berg, P.T. (2016) Effects of post-mortem aging time and type of aging on palatability of low marbled beef loins. **Meat Science**, v. 112, p. 63-68.
18. Li, X.; Babol, J.; Wallby, A; Lundström, K. (2013) Meat quality, microbiological status and consumer preference of beef gluteus medius aged in a dry ageing bag or vacuum. **Meat Science**, v. 95, p. 229-234.
19. Li, X; Babol, J.; Bredie, W.L.P. et. al. (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**, v. 97, p. 433-442.
20. Lonergan, E. H.; Zhang, W.; Lonergan, S. M. (2010). Biochemistry of postmortem muscle — Lessons on mechanisms of meat tenderization. **Meat Science**, v. 86, p. 184-195.
21. Miller, M. F.; Carr, M. F.; Ramsey, C. B. et al. (2001) Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 3062–3068.
22. Moskowitz, H. R. (1983) Product testing and sensory evaluation of foods. **Food & Nutrition Press. Westport**, p.31.
23. Savell, J. W. (2008) Dry-Aging of Beef, executive summary. National Cattlemen's Beef Association. Disponível em: <

[http://www.beefissuesquarterly.com/CMDocs/BeefResearch/PE\\_Executive\\_Summaries/Dry\\_Aging\\_of\\_Beef.pdf](http://www.beefissuesquarterly.com/CMDocs/BeefResearch/PE_Executive_Summaries/Dry_Aging_of_Beef.pdf)> Acesso em: 24 abr. 2018.

24. Shorthose, W.R. & Harris, P.V. (1990) Effect of Animal Age on the Tenderness of Selected Beef Muscles. **Journal of Food Science**, v. 55, p. 1-8.
25. Silva Sobrinho, A.G. **Body composition and characteristics of carcass from lambs of different genotypes and ages at slaughter**. Report (PostDoctorate in Sheep Meat Production) – Massey University, Palmerston North, New Zealand, 1999.
26. Sitz, B. M.; Calkins, C. R.; Feuz, D. M. et. al. (2006) Consumer sensory acceptance and value of wet-aged and dry-aged beef steaks. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 1221–1226.
27. Smith, R. D.; Nicholson, K. L.; Nicholson, J. D. W et. al. (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**, v. 79, p. 631–639.
28. Smith, A. M.; Harris, K. B.; Griffin, D.B. et. al. (2014) Retail yields and palatability evaluations of individual muscles from wet-aged and dry-aged beef ribeyes and top sirloin butts that were merchandised innovatively. **Meat Science**, v. 97, p. 21-26.
29. Stenström H, Li X, Hunt MC, Lundström K. (2014). Consumer preference and effect of correct or misleading information after aging beef longissimus muscle using vacuum, dry aging, or a dry aging bag. **Meat Science**, v. 96, p. 661–666.
30. Vilella, G. F. **Efeitos dos Processos de Maturação Úmido e Seco e suas Combinações nos Atributos Físicos, Químicos e Sensoriais em Filé de Costela Bovino**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, p. 78, 2016.
31. Warren, K. E.; Kastner, C. L. (1992) A Comparison of Dry-Aged and Vacuum-Aged Beef Strip Loins. **Journal of Muscle Science**, v. 3, p. 151-157.

**6. Artigo 2**

Artigo formatado para publicação: Ciência Rural

**Efeitos da Umidade Relativa do Ar e Utilização de  
Embalagem Permeável na Maturação Seca de Carne  
Bovina**

Ferreira, F.M.S.; Pflanzner, S.B.

Faculdade de Engenharia de Alimentos  
Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil  
2018

## 6.1. Resumo

O aumento da utilização da maturação seca permitiu o surgimento de embalagens permeáveis ao vapor de água com a finalidade de proteger a carne da ação microbiana enquanto permite a desidratação da peça. O objetivo deste experimento foi comparar o efeito da umidade relativa do ar (65% e 85%) na maturação seca tradicional ou utilizando embalagem permeável ao vapor de água. Filé de costela e contrafilé (*m. longissimus thoracis et lumborum*) de bovinos Nelore foram porcionados e balanceados entre os tratamentos. Análises de perdas no processo, características físico-químicas e características de sabor foram realizadas. Foi verificada deterioração das amostras armazenadas na câmara a 85% de umidade após 21 dias de maturação, assim as amostras destinadas a maturação por 42 dias foram eliminadas do experimento. A presença de embalagem permeável reduziu as perdas totais de maturação ( $P < 0,05$ ). As amostras maturadas a 85% UR apresentaram menores perdas por evaporação e total ( $P < 0,05$ ). Houve redução na quantidade de aparas quando se utilizou embalagem permeável em câmara a 85% de UR ( $P < 0,05$ ). A atividade de água, tanto interna quanto externa, foram maiores em carnes maturadas em embalagem permeável ou em câmaras a 85% ( $P < 0,05$ ). O sabor de carne assada foi mais intenso em carnes maturadas sem embalagem por 21 dias ( $P < 0,05$ ). O sabor de gordura foi mais intenso em carnes maturadas sem embalagem após 42 dias ( $P < 0,05$ ). As carnes maturadas em embalagem permeável por 42 dias apresentaram mais gosto ácido do que carnes sem maturação ( $P < 0,05$ ). A utilização de embalagens permeáveis reduziu as perdas no processo durante a maturação seca sem afetar características físico-químicas, no entanto um aumento da intensidade do gosto ácido nessas amostras pode reduzir a aceitação do produto. A utilização de altas umidades relativas reduz as perdas de peso mas pode inviabilizar o processo.

## 6.2. Abstract

As the use of dry aging increased, water vapor permeable packages (special bag) appeared as an alternative to protect the meat from microbial spoilage while allowing the dehydration. The objective of this experiment was to compare the effect of relative air humidity (65% and 85%) on traditional dry aging or using special bag. Beef Rib and Ribeye (m. longissimus thoracis and lumborum) were portioned and balanced between treatments. Weight losses, physical-chemical characteristics and flavor characteristics were analysed. Deterioration of the samples stored in the chamber at 85% relative humidity was observed after 21 days of aging, so samples destined for aging for 42 days were eliminated from the experiment. The presence of special bag reduced the total weight losses ( $P < 0.05$ ). Samples aged at 85% RH showed lower evaporative and total losses ( $P < 0.05$ ). There was a reduction in trimms weight when special bag was used in the chamber at 85% RH ( $P < 0.05$ ). The water activity, both internal and external, was higher in meat aged in special bag or in chambers at 85% ( $P < 0.05$ ). The roasted meat flavor was more intense in meat aged without packaging for 21 days ( $P < 0.05$ ). The fat taste was more intense in meat aged without packaging after 42 days ( $P < 0.05$ ). Meat aged in special bag for 42 days has higher sour taste than meat without aging ( $P < 0.05$ ). The use of special bag reduced process losses during dry aging without affecting physico-chemical characteristics, however an increase in the acid taste intensity in these samples may reduce product acceptance. The higher relative humidity can decrease weight losses but can cause meat spoilage.

### 6.3. Introdução

Apesar de se situar entre os principais países produtores, exportadores e consumidores de carne bovina, o Brasil não produz uma carne de alto valor agregado (Ferraz & Felício, 2010). Do rebanho brasileiro, 80% é composto de gado de origem zebuína, principalmente Nelore (ABCZ, 2018), e cerca de 85% é criado a pasto (MLA, 2018). A combinação desses fatores propicia a produção de carne com qualidade inferior do ponto de vista sensorial (Koochmaraie, 1994; Carvalho et. al., 2014; Miller et. al., 2001; Shorthose & Harris, 1990). Para melhorar os atributos sensoriais da carne, mais especificamente a maciez, a maturação é um processo que pode ser utilizado (Sitz et. al., 2006; Campbell et. al., 2001).

Lonergan et. al. (2010) definiram como maturação o processo de amaciamento enzimático que ocorre devido a ação proteolítica de enzimas endógenas do músculo, que possuíam diferentes funções antes do abate. A maturação é realizada através do armazenamento da carne em condições adequadas a atividade enzimática e pode ser realizada de duas formas, a primeira através do acondicionamento da carne em embalagens a vácuo e a segunda a maturação a seco, onde a carne é armazenada de forma que haja troca de umidade com o ambiente (Smith et. al., 2008).

A utilização da maturação a seco vem aumentando devido aos seus possíveis efeitos nos atributos sensoriais (Dashdorj et. al., 2016), como o sabor (Sténstrom et. al., 2014; Lepper-Billie et. al., 2016; Li et. al., 2013) e até mesmo da maciez, como demonstrado em algumas pesquisas (Laster et. al., 2008; Sténstrom et. al., 2014).

No processo de maturação a seco tradicional armazena-se a carne em câmaras sem a utilização de embalagens. Deste modo, a carne está susceptível a alterações devido a fatores extrínsecos (DeGeer et. al., 2009). Alguns estudos vêm avaliando a utilização de embalagens permeáveis ao vapor de água, a fim de controlar melhor o processo e os efeitos do ambiente (DeGeer et. al., 2009; Dikeman et. al., 2013; Li et. al., 2014).

Utilizando ou não embalagens permeáveis, o efeito do ambiente durante a maturação seca é mais intenso do que quando a carne passa pela maturação úmida, que utiliza embalagens impermeáveis que isolam a carne do meio externo (Dikeman et. al., 2013). Com isso, se torna necessário haver um maior controle das condições ambientais, onde está ocorrendo o processo de maturação seca, para se produzir carnes padronizadas, com qualidade sensorial e microbiológica aceitáveis (DeGeer et. al., 2009). Os principais fatores ambientais que devem ser observados no processo de maturação seca são: tempo de maturação, temperatura, umidade relativa e corrente de ar (Dashdorj et. al., 2016).

A umidade relativa é um dos principais fatores ambientais que devem ser controlados durante a maturação seca devido a sua atuação na perda de água em alimentos em processo de desidratação (Krokida, 2003). Segundo Dashdorj et. al. (2016) há a necessidade de mais estudos avaliando o efeito da umidade relativa na maturação seca. Apesar dos poucos estudos, DeGeer et. al. (2009) sugerem que a umidade relativa ideal para o processo de maturação seca se encontra entre 61% e 85%. Se a umidade relativa se encontra acima desses níveis pode ocorrer degradação pela ação microbiana. Por outro lado, se a umidade relativa for muito baixa, pode-se aumentar muito as perdas de umidade da carne, o que torna o processo mais oneroso para a indústria, e ainda diminuir a suculência desta (Dashdorj et. al., 2016).

Assim, neste experimento objetivou-se avaliar o efeito de diferentes umidades relativas do ar nos rendimentos, características físico-químicas e sensoriais da carne bovina submetida ao processo de maturação seca, com ou sem embalagem permeável ao vapor de água.

## **6.4. Materiais e Métodos**

### **6.4.1. Amostras**

Nesse experimento foram utilizadas 16 peças de contrafilé desossado de ~ 70cm (6ª vértebra torácica a 3ª vértebra lombar, (m. longissimus thoracis et lumborum), pertencentes a 8 carcaças de bovinos da raça Nelore, não castrados e abatidos em frigorífico comercial. As carcaças apresentaram peso de carcaça quente entre 220 e 270 quilos e espessura de gordura superior a 3 mm, aferida com paquímetro na 13ª vértebra torácica. As amostras foram coletadas 2 dias *post mortem*, desossadas, identificadas e embaladas a vácuo. As peças foram transportadas acondicionadas em recipientes térmicos com gelo para o Laboratório de Carnes da Faculdade de Engenharia de Alimentos – UNICAMP em Campinas. Durante a coleta, o pH do contrafilé foi aferido (Mettler Toledo MP125) garantindo que todas as carcaças apresentassem um pH abaixo de 5,9, evitando que as peças sofram as alterações específicas de carnes DFD (*dark, firm and dry*).

### **6.4.2. Preparo e Maturação**

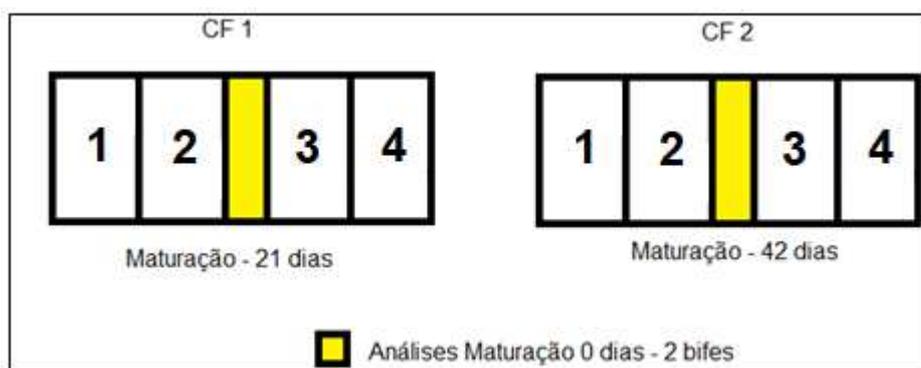
Cada par de contrafilé, direito e esquerdo de uma mesma carcaça, foram divididos para compor os 8 tratamentos de maturação, sendo utilizados 8 animais como repetição. De cada peça de contrafilé foi retirado 1 bife de 2,5cm de espessura da porção central (amostra não maturada – NM), restando duas metades, que foram novamente cortadas ao meio. Os tratamentos foram balanceados entre as porções cranial e caudal para evitar efeito de posição. Os tratamentos foram:

- Maturação seca tradicional por 21 dias a 65% de umidade relativa do ar

- Maturação seca tradicional por 21 dias a 85% de umidade relativa do ar
- Maturação seca tradicional por 42 dias a 65% de umidade relativa do ar
- Maturação seca tradicional por 42 dias a 85% de umidade relativa do ar
- Maturação seca em embalagem permeável por 21 dias a 65% de umidade relativa do ar
- Maturação seca em embalagem permeável por 21 dias a 85% de umidade relativa do ar
- Maturação seca em embalagem permeável por 42 dias a 65% de umidade relativa do ar
- Maturação seca em embalagem permeável por 42 dias a 85% de umidade relativa do ar

A distribuição dos tratamentos é apresentada na Figura 1 e Tabela 1.

Os bifes retirados da porção central de cada peça de contrafilé (1 bife do lado esquerdo e 1 bife do lado direito) foram destinados para análise de pH, atividade de água, capacidade de retenção de água, teores de umidade e gordura intramuscular, cor instrumental e força de cisalhamento.



**Figura 1:** Esquema de porcionamento das amostras.

CF1: Contrafilé esquerdo; CF2: Contrafilé direito.

**Tabela 1:** Esquema de porcionamento das amostras

ANIMAL	21 DIAS	42 DIAS	1	2	3	4
1	Direito	Esquerdo	Seca 65%	Seca 85%	SB 65%	SB 85%
2	Esquerdo	Direito	Seca 85%	SB 65%	SB 85%	Seca 65%
3	Direito	Esquerdo	SB 65%	SB 85%	Seca 65%	Seca 85%
4	Esquerdo	Direito	SB 85%	Seca 65%	Seca 85%	SB 65%
5	Esquerdo	Direito	Seca 65%	Seca 85%	SB 65%	SB 85%
6	Direito	Esquerdo	Seca 85%	SB 65%	SB 85%	Seca 65%
7	Esquerdo	Direito	SB 65%	SB 85%	Seca 65%	Seca 85%
8	Direito	Esquerdo	SB 85%	Seca 65%	Seca 85%	SB 65%

Dry 65%: maturação a seco tradicional em câmara a 65% de umidade relativa do ar

Dry 85%: maturação a seco tradicional em câmara a 85% de umidade relativa do ar

SB 65%: maturação a seco em embalagem Special Bag em câmara a 65% de umidade relativa do ar

SB 85%: maturação a seco em embalagem Special Bag em câmara a 85% de umidade relativa do ar

As peças, tanto para maturação seca tradicional, quanto para maturação em embalagem permeável, foram acondicionadas em câmaras de maturação construídas a partir de cervejeiras comerciais da Metalfrio (modelo VN50R) modificadas para controlar a temperatura e a umidade. Uma das câmaras foi regulada para trabalhar a 65% de umidade, enquanto a outra para 85%. A temperatura em ambas as câmaras foi regulada em 2°C. As câmaras possuíam sistema de ventilação forçada, com a velocidade do ar de 2 m/s.

No primeiro dia de maturação foram alocadas 32 amostras em cada câmara de maturação.

#### 6.4.2.1. Maturação a Seco Tradicional

As porções designadas para o processo de maturação a seco foram pesadas e acondicionadas nas câmaras de maturação em prateleiras com a gordura subcutânea para baixo, por 21 ou 42 dias. As amostras foram pesadas e reposicionadas na câmara a cada dia, durante os primeiros 10 dias. Após esse período elas foram pesadas e reposicionadas na câmara a cada 3 dias, até atingir o final do experimento com 21 ou 42 dias. Ao final da maturação as porções foram pesadas, tiveram as superfícies ressecadas (aparas) removidas e pesadas novamente.

### **6.4.3. Maturação a Seco em Embalagem Permeável ao Vapor de Água**

As amostras para o processo de maturação em embalagem permeável foram pesadas e acondicionadas em embalagem (permeabilidade ao vapor de água  $2500\text{g}/50\mu\text{m}^2/24\text{h}$  a  $38^\circ\text{C}/50\%\text{UR}$ ; Tublin® 10, TUB-EX ApS, Denmark). Foram então acondicionadas nas câmaras de maturação com a gordura subcutânea para baixo. As peças foram pesadas e reposicionadas diariamente, até atingir 10 dias de maturação. Após esse período, estas foram pesadas e reposicionadas a cada 3 dias. Ao final da maturação, as peças foram retiradas da embalagem, pesadas, tiveram as aparas retiradas e novamente pesadas para cálculos de rendimentos.

### **6.4.4. Cálculos das Perda de Peso**

Para os cálculos de perdas de peso, por evaporação e aparas, foram utilizadas as pesagens realizadas antes e após o processo de maturação. Todos os resultados de perda de peso foram calculados, em porcentagem, a partir da relação entre o peso perdido durante o processo pelo peso inicial da porção.

Foram calculadas as seguintes perdas:

- Evaporação - relação entre o peso inicial e o peso ao final do processo de maturação;
- Aparas – relação entre o peso das aparas (superfícies ressecadas) e o peso da peça inteira ao final do processo de maturação;
- Perdas Totais – relação entre o peso inicial e o peso ao final do processo de maturação e retirada das aparas

#### **6.4.5. Análises**

As amostras, devidamente maturadas, desossadas e livres de superfícies ressecadas foram cortadas em bifés de 2,54 cm de espessura. Os bifés foram destinados para análises de pH, CRA, Atividade de água, teor de umidade, cor instrumental, TBArS e força de cisalhamento.

A análise de atividade de água das amostras maturadas foi realizada no interior (bifés) e na superfície ressecada das amostras (aparas).

As análises de cor Instrumental, determinação de pH, teor de umidade, atividade de água interna e externa, capacidade de retenção de água, força de cisalhamento por Warner-Bratzler e a análise sensorial foram realizadas conforme metodologias descritas no Experimento 1.

##### **6.4.5.1. Teste das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBArS)**

A análise de TBArS foi realizada de acordo com a metodologia adaptada por Bruna et. al. (2001), do experimento de Vyncke (1970).

A curva padrão de 1,3,3-tetrametoxipropano (TEP) foi preparada a partir de uma solução de 22,03mg de TEP por litro de água. Então foi adicionado 3 mL de TEP em 3 mL de soluções 5% de ácido tricloroacético (TCA), sendo então pipetados 3 mL da solução resultante para um próximo tubo, até completar 6 tubos com concentrações diferentes de TEP, 3 mL sobressalente do último tubo foi descartado. As soluções de TEP foram completadas com 3 mL de solução de ácido tiobarbitúrico 0,02M em água (TBA). As soluções foram então condicionadas em banho fervente por uma hora, observando o desenvolvimento de uma coloração rósea. A absorbância de cada solução foi medida a 538 nm em espectrofotômetro UV-Vis modelo Orion AquaMate 8000 (Thermo Fisher Scientific, Waltham, Massachusetts, EUA) e o branco foi

medido pela solução de 3 mL de TCA 5% e 3 mL de TBA 0,02M. A hidrólise ácida de 1 mol de TEP libera 1 mol de malondialdeído, ou seja 220,3g de TEP liberam 72,03g de malondialdeído, assim calculamos a concentração de malondialdeído de cada ponto da curva dividindo a concentração de TEP por 3,057. Com isso geramos um gráfico de curva padrão, e substituindo a coordenada X pela absorbância obtida após a hidrólise de cada amostra, temos o valor de malondialdeído de cada amostra.

Para preparação das amostras, homogeneizamos 2,5 g de amostra em 5 mL de TCA com adição de 5 mg de butilato de hidróxi-tolueno (BHT). Após homogeneização, as amostras são centrifugadas e filtradas em papel Watman nº54. Adicionamos 3 mL da solução obtida em 3 mL de solução de TBA e colocamos em banho fervente a 100°C por 1 hora. Após resfriamento dos tubos, foi realizada a leitura das amostras em absorbância de 532 nm em espectrofotômetro.

#### **6.4.6. Análise Sensorial**

Neste experimento, foi realizada uma análise sensorial descritiva somente dos atributos de sabor das amostras.

##### **6.4.6.1. Preparação das amostras**

Devido a um odor desagradável observado nas amostras maturadas a 85% de umidade relativa, decidiu-se retirar todas as amostras maturadas na câmara regulada a esta umidade da análise sensorial. Sendo assim, serão somente analisadas as amostras sem maturação e maturadas a 65% de umidade relativa, em ambos métodos e tempos:

- Dia 0: Amostras sem maturação
- DRY 21: Amostras maturadas secas tradicionalmente a 65%UR por 21 dias;

- DRY 42: Amostras maturadas secas tradicionalmente a 65%UR por 42 dias;
- SB 21: Amostras maturadas secas em embalagem permeável a 65%UR por 21 dias;
- SB 42: Amostras maturadas secas em embalagem permeável a 65%UR por 42 dias.

Este estudo somente analisou o sabor das carnes. Para evitar influência da textura e suculência, os bifes separados para análise sensorial foram moídos e misturados por tratamento. Assim a carne moída foi moldada em hambúrgueres (150g) e congelados para análise posterior.

Os hambúrgueres, ainda congelados, foram assados em forno elétrico por 10 minutos, virando-os após 5 minutos. As amostras foram cortadas e mantidas aquecidas em estufa (W4B - Titã Eletrocomerciais). As amostras foram oferecidas aos provadores, em ordem balanceada, codificados por 3 números aleatórios e com água e bolacha para limpeza do palato entre amostras.

#### **6.4.6.2. Provadores**

Os avaliadores foram selecionados entre alunos e funcionários da FEA/UNICAMP. Foram selecionados 13 provadores, dos quais 11 permaneceram até o final do experimento.

#### **6.4.6.3. Seleção dos termos descritores**

Os atributos sensoriais foram determinados através do método de rede de Moskowitz (1983).

Amostras de carne não maturada, carne maturada úmida por 42 dias e carne maturada seca por 42 dias foram oferecidas aos avaliadores. Foi solicitado que os provadores descrevessem com termos simples, as similaridades e diferenças entre as características de sabor das amostras. Os termos mais citados foram discutidos e foi determinado, através do consenso entre os avaliadores, quais seriam utilizados no treinamento.

#### **6.4.6.4. Treinamento dos Avaliadores**

Depois de selecionados os termos, os provadores participaram de sessões para definir os padrões de intensidade dos atributos levantados. Os avaliadores foram treinados a avaliar as amostras em uma escala linear não estruturada de 15 cm ancorada à esquerda como “fraco” e à direita como “forte”.

Foram realizadas ao total, 4 sessões de treinamento. Os termos selecionados e suas referências podem ser observados na Tabela 2.

**Tabela 2:** Termos descritores e referências utilizadas na análise descritiva

Atributo	Definição	Referências
Sabor de Carne Assada	Intensidade de sabor de carne bovina assada na amostra	Fraco: hambúrguer de contrafilé sem maturação (65°C) Forte: hambúrguer de contrafilé sem maturação (75°C)
Sabor de Carne Maturada	Intensidade de sabor de carne bovina após maturação na amostra	Fraco: hambúrguer de contrafilé sem maturação (71°C) Forte: hambúrguer de contrafilé maturado seca por 42 dias (71°C)
Sabor de Gordura	Intensidade do sabor de gordura de carne bovina na amostra	Fraco: hambúrguer de contrafilé sem maturação (71°C) Forte: hambúrguer de <i>spinalis</i> sem maturação (71°C)
Sabor Metálico	Intensidade do sabor metálico/sangue na amostra	Fraco: hambúrguer de contrafilé sem maturação (71°C) Forte: hambúrguer de contrafilé sem maturação acrescido de 0,5% de sulfato ferroso
Sabor de Fígado	Intensidade do sabor de fígado bovino na amostra	Fraco: hambúrguer de contrafilé sem maturação (71°C) Forte: hambúrguer de contrafilé sem maturação acrescido de 5% de fígado moído
Gosto Umami	Intensidade do gosto umami na amostra	Fraco: hambúrguer de contrafilé sem maturação (71°C) Forte: hambúrguer de contrafilé sem maturação acrescido de 0,2% de glutamato monossódico.
Gosto Ácido	Intensidade de acidez da amostra	Fraco: hambúrguer de contrafilé sem maturação (71°C) Forte: hambúrguer de contrafilé sem maturação acrescido de 0,2% de ácido cítrico.

#### **6.4.6.5. Validação**

Os provadores foram validados em 3 sessões. Os resultados dos avaliadores foram avaliados através de análise de variância (ANOVA de dois fatores) para os resultados de cada provador e cada atributo. Foi utilizado o programa Statistica 7.0 (Statsoft, 2005). Os avaliadores que não apresentaram poder discriminativo ou diferiram entre os demais provadores foram eliminados, restando 11 avaliadores ao final do processo.

#### **6.4.6.6. Avaliação**

Foram realizadas 3 sessões de avaliação das amostras. O preparo das amostras seguiu a metodologia descrita no item 6.4.6.1. As amostras foram apresentadas de forma monádica, uma amostra por vez e com ordem balanceada entre os provadores a fim de evitar vícios.

#### **6.4.7. Análise Estatística**

Os dados coletados foram analisados estatisticamente com o programa Statistica 7.0 (STATSOFT, 2005). Devido a eliminação de algumas amostras, que será melhor explicado nos resultados, foi avaliado o efeito da umidade relativa e do tipo de maturação em amostras maturadas por 21 dias, em um fatorial 2x2 com 8 repetições:

- 2 Tipos de Maturação: Seca Tradicional (sem embalagem) e Seca em Embalagem Permeável;
- 2 Umidades Relativas do ar na Câmaras: 65% e 85%.

As médias obtidas ( $\pm$ EPM) foram comparadas por teste Tukey a 5% de significância.

Para a avaliação sensorial, os resultados obtidos para cada atributo foram analisados estatisticamente por meio de um delineamento inteiramente casualizado com 3 repetições. Os dados foram analisados por ANOVA de 2 fatores com duas fontes de variação (amostra e avaliador). Após verificação da ausência da interação entre amostra e avaliador, os atributos que apresentaram efeito da amostra foram submetidos a teste de média de Tukey a 5% de significância.

## 6.5. Resultados e Discussão

### 6.5.1. Amostras não-maturadas

Na Tabela 2 são apresentadas as médias, erro padrão da média e valores mínimos e máximos das variáveis analisadas nas amostras sem maturação, no dia 0.

O peso das peças ao início da maturação era em média de  $2,06 \pm 0,06$  Kg e a espessura de gordura de  $4,17 \pm 0,28$ mm.

A força de cisalhamento por Warner-Bratzler das amostras sem maturação foi de  $4,48 \pm 0,09$ kg e as perdas por cocção foram de  $21,18 \pm 0,53$ %.

O pH médio das amostras foi de  $5,38 \pm 0,01$ , e nenhuma amostra apresentou pH acima de 5,41. A atividade de água média foi de  $0,993 \pm 0,001$  e a média do CRA foi  $62,28 \pm 1,19$  nas amostras sem maturação.

O teor de umidade médio foi de  $74,94 \pm 0,45$ % e o teor de gordura foi de  $3,08 \pm 0,30$ %. O TBA foi de  $0,039 \pm 0,006$ mg/Kg.

**Tabela 2:** Médias, EPM e valores mínimos e máximos das variáveis analisadas nas amostras sem maturação (n=8)

	Média	EPM	Mínimo	Máximo
Peso Inteiro (g)	2060,31	66,11	1765,10	2371,80
WBSF (Kgf)	4,48	0,09	4,22	4,92
PPC (%)	21,18	0,53	19,09	23,58
EGS (mm)	4,17	0,28	3,0	5,5
pH	5,38	0,01	5,34	5,41
Atividade de Água	0,993	0,001	0,991	0,995
CRA	62,28	1,19	53,30	64,75
Cor	L	0,85	33,02	40,73
	a	0,44	20,11	24,09
	b	0,33	18,74	21,91
Umidade (%)	74,94	0,45	72,12	76,12
Gordura (%)	3,08	0,30	1,98	4,59
TBArs (mg MDA/Kg de amostra)	0,039	0,006	0,026	0,045

WBSF: Força de cisalhamento por Warner-Bratzler; PPC: Perda de peso por cocção; EGS: Espessura de gordura subcutânea; CRA: Capacidade de Retenção de água; TBArs: Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico

### 6.5.2. Eliminação de Amostras

Ao completar 21 dias de maturação foi observado que as amostras acondicionadas na câmara a 85% de umidade apresentavam sinais de deterioração. Os sinais presentes eram cheiro pútrido, coloração externa esverdeada, aparência viscosa, presença de limo e sem formação de crostas. Esses sinais eram mais visíveis nas amostras maturadas sem a presença de embalagem permeável. Desta maneira decidiu-se não dar prosseguimento no processo de maturação até 42 dias, sendo que as amostras destinadas para esse período foram descartadas.

As amostras com 21 dias de maturação da câmara a 85% de umidade, mesmo deterioradas, foram utilizadas para as análises físico químicas.

Devido a eliminação das amostras que seriam maturadas por 42 dias a 85% de umidade, optou-se por não trabalhar também com as amostras que seriam maturadas por 42 dias a 65% de umidade. Assim, o experimento passou a ter um delineamento fatorial 2x2, com 2 tipos de maturação (com e sem embalagem permeável ao vapor de água) e duas umidades relativas do ar (65% e 85%), ambos maturados por 21 dias.

Pode-se observar na Figura 2 os sinais de deterioração presentes em amostras maturadas, por 21 dias, sem embalagem na câmara a 85% de umidade relativa do ar.



**Figura 2:** Deterioração das amostras maturadas a seco tradicionalmente a 85% de umidade relativa do ar por 21 dias.

### **6.5.3. Perdas por Evaporação, Perdas por Aparas e Perdas Totais**

Os dados obtidos para as Perdas por Evaporação, Perdas por Aparas e Perdas Totais, nas amostras maturadas por 21 dias, estão dispostos na Tabela 3.

Não houve interação entre o tipo de maturação e a umidade relativa das câmaras nas perdas por evaporação e nas perdas totais ( $P > 0,05$ ), mas houve nas perdas por aparas ( $P < 0,05$ ; Tabela 4). As amostras maturadas em embalagem permeável em câmara a 85% de umidade relativa apresentaram menores perdas do que amostras em embalagem permeável a 65% e que carnes maturadas sem embalagem a 85% (Tabela 4), o que indica que o efeito da presença da embalagem foi potencializado em câmara com alta umidade relativa.

**Tabela 3:** Efeito do Tipo de Maturação e Umidade Relativa nas Perdas por Evaporação, Perdas por Aparas e Perdas Totais

	Evaporação (%)	Aparas (%)	Perdas Totais (%)
Tipo de Maturação			
Tradicional (n=16)	15,10 ± 1,22	18,31 ± 0,85	31,06 ± 1,24
Emb. Permeável (n=16)	14,28 ± 1,12	13,78 ± 0,69	26,03 ± 1,43
Valor de P	0,1999	0,0001	0,0004
Umidade Relativa			
65% (n=16)	18,91 ± 0,45	16,89 ± 0,62	32,47 ± 0,86
85% (n=16)	10,47 ± 0,44	15,20 ± 1,18	24,62 ± 1,28
Valor de P	<0,0001	0,1035	<0,0001
Interação			
Valor de P	0,3606	0,0363	0,2605

Evaporação: (Peso Perdido durante Maturação / Peso Inicial) x 100

Aparas: (Peso Perdido em Aparas / Peso após Maturação) x 100

Perdas Totais: (Peso Perdido Durante todo o Processo / Peso Inicial) x 100

Foi observado que carnes maturadas pelo sistema Tradicional não diferiram quanto a perdas por evaporação quando comparadas a carnes em embalagem permeável ( $P > 0,05$ , Tabela 3). A perda total de peso também foi maior em carnes maturadas secas sem embalagem ( $P < 0,05$ ). Dikeman et. al. (2013) observaram menores perdas por evaporação e maiores perdas por aparas em carnes maturadas em embalagem permeável do que em amostras maturadas pelo método tradicional, quando maturadas por 21 dias sem osso. Os mesmos autores não verificaram diferenças para as perdas totais entre os dois processos.

DeGeer et. al. (2009) também encontraram diferenças nas perdas totais em carnes maturadas secas tradicionalmente, quando comparadas com carnes em embalagens permeáveis. Porém, os autores relataram maiores perdas nas carnes maturadas sem embalagem devido a evaporação, enquanto as perdas por aparas não diferiram entre si.

Em relação ao efeito da umidade relativa das câmaras, observou-se que carnes maturadas em câmara a 65% de umidade relativa tiveram maiores perdas por evaporação e totais quando comparadas com carnes maturadas em câmaras a 85% ( $P < 0,05$ ). Por outro lado, as perdas por aparas não foram afetadas pela umidade relativa da câmara ( $P > 0,05$ ). A diferença de perdas por evaporação pode ser entendida pela diferença de água contida no ar circulante.

Câmaras com menor umidade relativa a mesma temperatura contém menor quantidade de vapor de água no ar e maior capacidade para retê-lo ao entrar em contato com a carne. Assim como um ar mais seco atua melhor na desidratação de diversos outros alimentos (Krokida et. al., 2003).

**Tabela 4:** Efeito do Tipo de Maturação e Umidade Relativa nas Perdas por Aparas

	65% (n=16)		85% (n=16)	
	Tradicional (n=8)	Emb. Permeável (n=8)	Tradicional (n=8)	Emb. Permeável (n=8)
Aparas (%)	18,05 ± 0,83 <sup>a,A</sup>	15,73 ± 0,75 <sup>a,A</sup>	18,56 ± 1,55 <sup>a,A</sup>	11,84 ± 0,61 <sup>b,B</sup>

Aparas: (Peso Perdido em Aparas / Peso após Maturação) x 100

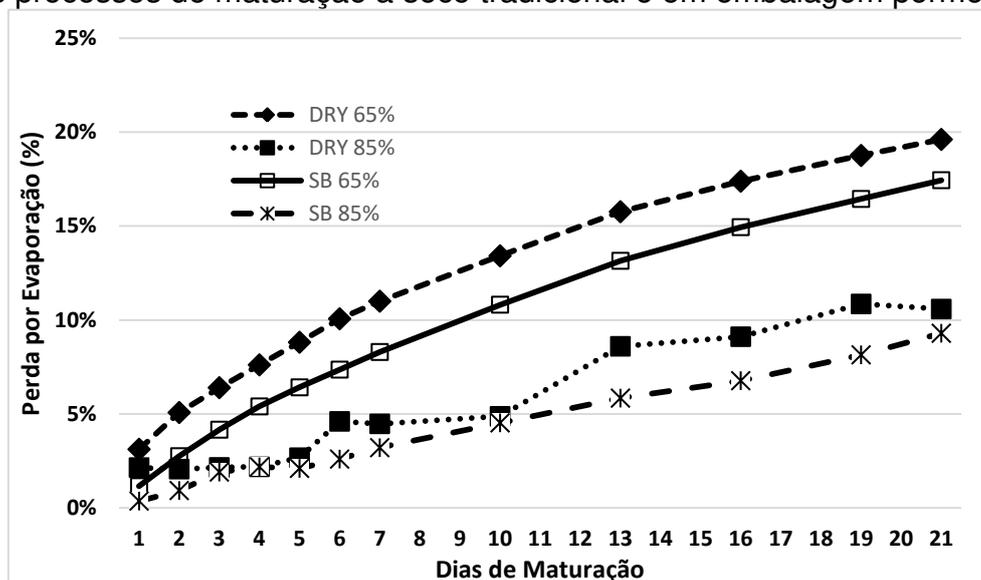
<sup>a,b</sup>: Letras iguais, na mesma linha, indicam que as médias não diferem para mesma umidade relativa (P<0,05)

<sup>A,B</sup>: Letras iguais, na mesma linha, indicam que as médias não diferem para mesmo tipo de maturação (P<0,05)

Na Figura 3 e Tabela 5 são apresentados os dados de perdas de peso devido por evaporação em cada um dos 4 tratamentos durante os 21 dias de maturação. Pode-se observar maiores perdas em carnes maturadas em câmaras a 65%UR, com ou sem embalagem permeável ao vapor de água, quando comparadas com carnes maturadas a 85% (P<0,05). As carnes maturadas sem embalagem perderam mais peso por evaporação quando comparadas com carnes em embalagem permeável.

Houve interação entre o método utilizado e a umidade relativa na câmara para perdas de peso por evaporação nos dias 2, 3, 4, 5 e 10, períodos onde as perdas nas carnes maturadas sem embalagem a 85%UR não foram tão intensas. As perdas sempre foram maiores em amostras maturadas secas sem embalagem em câmara a 65%UR.

**Figura 3:** Efeito da umidade relativa de estocagem na perda por evaporação nos processos de maturação a seco tradicional e em embalagem permeável.



DRY 65%: Maturação Seca Tradicional a 65%UR

DRY 85%: Maturação Seca Tradicional a 85%UR

SB 65%: Maturação Seca em Embalagem Permeável a 65%UR

SB 85%: Maturação Seca em Embalagem Permeável a 85%UR

**Tabela 5:** Efeito do Tipo de Maturação e Umidade Relativa nas Perdas por Evaporação

Dias	n	65%		85%		Valor de P da interação
		Tradicional	Emb. Permeável	Tradicional	Emb. Permeável	
1	8	3,12±0,17	1,16±0,04	2,15±0,18	0,37±0,12	0,5131
2	8	5,08±0,17 <sup>a,A</sup>	2,75±0,11 <sup>b,A</sup>	2,07±0,29 <sup>a,B</sup>	0,93±0,28 <sup>b,B</sup>	0,0130
3	8	6,40±0,21 <sup>a,A</sup>	4,16±0,15 <sup>b,A</sup>	2,16±0,24 <sup>a,B</sup>	1,91±0,30 <sup>a,B</sup>	0,0002
4	8	7,61±0,22 <sup>a,A</sup>	5,40±0,20 <sup>b,A</sup>	2,19±0,23 <sup>a,B</sup>	2,19±0,24 <sup>a,B</sup>	<0,0001
5	8	8,82±0,24 <sup>a,A</sup>	6,42±0,21 <sup>b,A</sup>	2,68±0,21 <sup>a,B</sup>	2,11±0,27 <sup>a,B</sup>	0,0005
6	8	10,07±0,29	7,36±0,25	4,61±0,31	2,60±0,40	0,2819
7	8	11,00±0,32	8,30±0,29	4,48±0,47	3,21±0,48	0,0813
10	8	13,42±0,39 <sup>a,A</sup>	10,82±0,38 <sup>b,A</sup>	4,88±0,67 <sup>a,B</sup>	4,53±0,54 <sup>a,B</sup>	0,0352
13	8	15,76±0,48	13,15±0,45	8,60±0,92	5,85±0,70	0,8884
16	8	17,39±0,53	14,94±0,50	9,11±0,28	6,77±0,74	0,9214
19	8	18,76±0,60	16,44±0,53	10,86±0,39	8,15±0,76	0,7372
21	8	19,61±0,61	17,44±0,56	10,59±0,43	9,30±0,83	0,4863

<sup>a,b</sup>: na mesma linha, letras diferentes diferem entre si para a mesma umidade relativa ( $p < 0,05$ ).

<sup>A,B</sup>: na mesma linha, letras diferentes diferem entre si para o mesmo tipo de maturação ( $P < 0,05$ ).

#### 6.5.4. Umidade, Atividade de Água e CRA

Como vemos na Tabela 6, não houve efeito do tipo de maturação na umidade das carnes ( $P>0,05$ ), porém houve efeito da umidade relativa ( $P<0,05$ ). Carnes maturadas em câmaras a 65% de umidade relativa apresentaram menores valores de umidade quando comparadas a carnes maturadas a 85%. Ahnström et. al. (2006) não encontraram diferença na umidade entre amostras maturadas a seco com ou sem embalagem permeável.

Os valores de atividade de água interna foram maiores ( $P<0,05$ ) em amostras maturadas em embalagem permeável em comparação com amostras maturadas secas tradicionalmente e em carnes maturadas em câmara a 85% de umidade relativa em comparação com carnes maturadas a 65%.

**Tabela 6:** Efeito do Tipo de Maturação e Umidade Relativa na Umidade, Atividade de Água Interna e Externa e Capacidade de Retenção de Água

	Umidade (%)	A <sub>w</sub> Interna	A <sub>w</sub> Externa	CRA
Tipo de Maturação				
Tradicional (n=16)	73,82±0,33	0,9887±0,0006	0,9730±0,0060	59,41±1,07
Emb. Permeável (n=16)	73,94±0,28	0,9907±0,0004	0,9813±0,0050	60,80±0,87
Valor de P	0,7632	0,0056	0,0792	0,2887
Umidade Relativa				
65% (n=16)	73,46±0,34	0,9889±0,0006	0,9599±0,0046	59,34±1,03
85% (n=16)	74,30±0,21	0,9905±0,0004	0,9944±0,0015	60,87±0,91
Valor de P	0,0488	0,0174	<0,0001	0,2440
Interação				
Valor de P	0,1821	0,7209	0,1089	0,0337

A<sub>w</sub> Interna: Atividade de Água no interior da peça

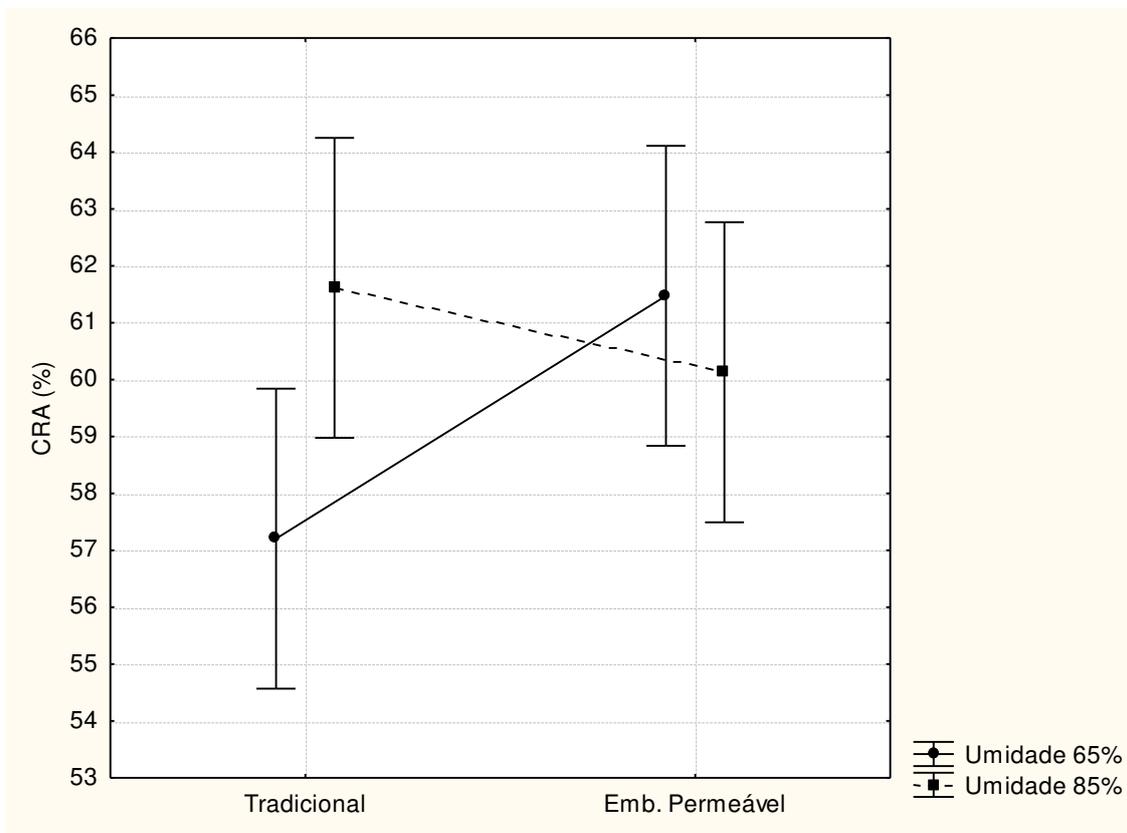
A<sub>w</sub> Externa: Atividade de Água na superfície da peça

CRA: Capacidade de Retenção de Água

A atividade de água avaliada na superfície externa foi maior em carnes maturadas a 85% de umidade relativa. Entretanto não foi observado efeito entre os tipos de maturação neste atributo.

Foi verificada interação entre o tipo de maturação e da umidade relativa da câmara para CRA (Tabela 6). Houve uma tendência a um aumento da CRA

com o aumento da umidade relativa quando a carne é maturada sem embalagem enquanto o CRA diminui com o aumento da umidade relativa em carne maturadas com embalagem permeável a vapor de água (Figura 4).



**Figura 4:** Efeito do tipo de maturação e umidade das câmaras na Capacidade de Retenção de Água.

#### 6.5.5. Força de Cisalhamento por Warner-Bratzler, Perda de Peso por Cocção e pH

Não foi observada interação entre o tipo de maturação e a umidade relativa utilizada na câmara no pH, na força de cisalhamento por Warner-Bratzler e nas perdas por cocção ( $P > 0,05$ ).

O pH não foi alterado pelo tipo de maturação e pela umidade relativa da câmara ( $P > 0,05$ ). Em outros experimentos também não foram encontradas diferenças no pH devido ao método de maturação a seco (Stenström et. al., 2014; Li et. al., 2014). Por outro lado, Dikeman et. al. (2013) encontraram um

maior valor de pH em carnes maturadas a seco pelo método tradicional do que em carnes maturadas em embalagens permeáveis.

**Tabela 8:** Efeito do Tipo de Maturação e Umidade Relativa no pH, Força de Cisalhamento por Warner-Bratzler e Perda de Peso por Cocção

	pH	WBSF	PPC (%)
Tipo de Maturação			
Tradicional	5,51 ± 0,01	3,40 ± 0,10	19,98 ± 0,55
Emb. Permeável	5,51 ± 0,01	3,39 ± 0,15	20,09 ± 0,67
<i>Valor de P</i>	0,8971	0,2563	0,8993
Umidade Relativa			
65%	5,53 ± 0,01	3,61 ± 0,12	19,62 ± 0,63
85%	5,49 ± 0,01	3,18 ± 0,11	20,45 ± 0,57
<i>Valor de P</i>	0,2311	0,1940	0,3511
Interação			
<i>Valor de P</i>	0,5770	0,5848	0,6887

WBSF: Força de Cisalhamento por Warner-Bratzler

PPC: Perda de Peso durante o Processo de Cocção da Carne

Não foram verificadas diferenças nos valores de WBSF devido ao tipo de maturação e a umidade relativa da câmara ( $P>0,05$ ). Diversos autores também não encontraram diferenças na força de cisalhamento entre carnes maturadas secas com e sem embalagem (Dikeman et. al., 2013; DeGeer et. al., 2009; Ahnström et. al., 2006).

Não houve diferenças nas perdas por cocção devido a efeito do tipo de maturação e da umidade relativa ( $P>0,05$ ). Resultados similares foram descritos por Ahnström et. al. (2006). Por outro lado, Dikeman et. al. (2013) e DeGeer et. al. (2009) encontraram maiores perdas por cocção nas carnes maturadas em embalagem permeável quando comparadas com as carnes maturadas secas sem embalagem.

#### 6.5.6. Cor Instrumental

Não houve efeito do tipo de maturação e da umidade relativa da câmara na cor instrumental de carnes maturadas secas ( $P>0,05$ ).

Dikeman et. al. (2013) somente encontraram diferenças na coordenada L\* da cor instrumental. Em carnes com menor quantidade de gordura intramuscular (Select) o valor de L\* foi maior em carnes maturadas em embalagem permeável do que em carnes maturadas secas sem embalagem. Já em carnes com maior teor de gordura intramuscular (Choice) esses dois métodos de maturação seca não alteraram o valor de L\*. Essa diferença foi atribuída a um maior reflexo causado pela umidade.

**Tabela 9:** Efeito do Tipo de Maturação e Umidade Relativa e sua Interação na Coloração Instrumental

	L	a	b
Tipo de Maturação			
Tradicional	42,69 ± 0,68	23,30 ± 0,52	20,58 ± 0,28
Emb. Permeável	42,76 ± 0,68	23,51 ± 0,41	20,56 ± 0,36
<i>Valor de P</i>	0,9447	0,7538	0,9657
Umidade Relativa			
65%	43,07 ± 0,66	23,89 ± 0,47	20,44 ± 0,33
85%	42,38 ± 0,69	22,92 ± 0,43	20,71 ± 0,31
<i>Valor de P</i>	0,4879	0,1539	0,5719
Interação			
<i>Valor de P</i>	0,5513	0,9953	0,8481

### 6.5.7. TBArS

Não houve efeito para interação entre a umidade relativa das câmaras e o tipo de maturação nos valores de TBArS ( $P > 0,05$ ).

Não foi verificado efeito do tipo de maturação nos valores de TBArS ( $P > 0,05$ ). No entanto, carnes maturadas a 65%UR apresentaram maiores valores de TBArS do que carnes maturadas a 85%UR ( $P < 0,05$ ).

DeGeer et. al. (2009) encontraram maiores níveis de TBArS em carnes maturadas a seco pelo método tradicional quando comparadas a carnes maturadas em embalagem permeável maturadas por 28 dias. No entanto, as diferenças encontradas nesse não foram suficientes para alterar as qualidades sensoriais dessas carnes.

**Tabela 10:** Efeito do Tipo de Maturação e Umidade Relativa nos valores de TBArS

	TBArs
Tipo de Maturação	
Tradicional (n=6)	0,0876 ± 0,007
Emb. Permeável (n=6)	0,0858 ± 0,007
<i>Valor de P</i>	0,8448
Umidade Relativa	
65% (n=6)	0,0955 ± 0,005
85% (n=6)	0,0779 ± 0,006
<i>Valor de P</i>	0,0814
Interação	
<i>Valor de P</i>	0,6916

### 6.5.8. Análise Sensorial

As médias ( $\pm$  EPM) obtidos neste experimento estão apresentados na Tabela 11.

**Tabela 11:** Médias  $\pm$  EPM dos atributos sensoriais avaliados por painel treinado

Atributo	Dia 0	DRY 21	DRY 42	SB 21	SB 42	Valor de P
Carne Assada	7,9 $\pm$ 0,6 <sup>b</sup>	9,1 $\pm$ 0,5 <sup>a</sup>	8,9 $\pm$ 0,5 <sup>a,b</sup>	8,7 $\pm$ 0,5 <sup>a,b</sup>	8,5 $\pm$ 0,5 <sup>a,b</sup>	0,0160
Carne Maturada	6,2 $\pm$ 0,7 <sup>b</sup>	8,1 $\pm$ 0,6 <sup>a</sup>	8,9 $\pm$ 0,6 <sup>a</sup>	8,3 $\pm$ 0,6 <sup>a</sup>	8,7 $\pm$ 0,6 <sup>a</sup>	<0,0001
Gordura	1,4 $\pm$ 0,3 <sup>a,b</sup>	1,8 $\pm$ 0,3 <sup>a,b</sup>	2,0 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>	1,2 $\pm$ 0,2 <sup>b</sup>	1,9 $\pm$ 0,3 <sup>a,b</sup>	0,0100
Metálico	2,5 $\pm$ 0,4	2,5 $\pm$ 0,3	3,1 $\pm$ 0,4	2,4 $\pm$ 0,4	3,1 $\pm$ 0,4	0,2841
Fígado	0,9 $\pm$ 0,2	0,9 $\pm$ 0,2	1,2 $\pm$ 0,2	0,9 $\pm$ 0,2	1,3 $\pm$ 0,2	0,1387
Umami	4,8 $\pm$ 0,7	5,5 $\pm$ 0,6	5,4 $\pm$ 0,6	6,0 $\pm$ 0,6	5,2 $\pm$ 0,6	0,1682
Ácido	2,9 $\pm$ 0,5 <sup>b</sup>	4,0 $\pm$ 0,6 <sup>a,b</sup>	4,3 $\pm$ 0,5 <sup>a,b</sup>	3,8 $\pm$ 0,6 <sup>a,b</sup>	4,8 $\pm$ 0,6 <sup>a</sup>	0,0415

Dia 0: amostras sem maturação

DRY 21: amostras maturadas secas sem embalagem por 21 dias

DRY 42: amostras maturadas secas sem embalagem por 42 dias

SB 21: amostras maturadas secas em embalagem permeável por 21 dias

SB 42: amostras maturadas secas em embalagem permeável por 42 dias

<sup>a,b</sup>: Médias com letras iguais na mesma linha não diferem entre si ( $p < 0,05$ )

Não houve efeito ( $P>0,05$ ) dos tratamentos avaliados nos atributos de sabor metálico, sabor de fígado e gosto umami.

O sabor de carne assada foi descrito como mais intenso em amostras maturadas secas pelo método tradicional por 21 dias, enquanto as carnes sem maturação foram descritas como menos intensas para esse atributo ( $P<0,05$ ). Os avaliadores perceberam uma intensidade maior no sabor de carne maturada em todas as carnes maturadas secas, seja com ou sem embalagem permeável ao vapor de água por 21 ou 42 dias, em comparação com a carne sem maturação ( $P<0,05$ ). DeGeer et. al. (2009) não encontraram diferenças no sabor de carne assada e sabor de carne maturada entre amostras maturadas secas com e sem embalagem após 28 dias de maturação. Assim como Ahnström et. al. (2006), que não encontraram diferenças entre carnes maturadas secas tradicionalmente e em embalagem permeável após 21 dias para sabor de carne maturada, sabor de carne, sabor de carne assada, sabor de sangue e sabor metálico.

O sabor de gordura foi mais intenso na carne maturada seca sem embalagem por 42 dias, enquanto a amostra maturada em embalagem permeável por 21 dias foi descrita como a menos intensa ( $P<0,05$ ).

As carnes maturadas secas em embalagem permeável por 42 dias apresentaram maior gosto ácido e as carnes sem maturação foram atribuídas a uma menor intensidade do gosto ácido ( $P<0,05$ ). Li et. al. (2014) não encontraram diferenças no gosto ácido entre amostras maturadas secas com ou sem embalagem após 19 dias de maturação.

## **6.6. Conclusão**

A utilização de embalagem permeável foi considerada uma boa alternativa para maturação seca, pois reduziu as perdas do processo sem afetar a maciez e na cor da carne. No entanto, o aumento do gosto ácido em carnes em embalagem permeável pode reduzir a aceitação do produto.

Carnes maturadas a 85% de umidade relativa apresentaram maiores perdas de peso totais que carnes maturadas a 65%. As maiores perdas de peso nas carnes maturadas a 85% ocasionaram em carnes com menor atividade de água, tanto interna quanto externa.

A utilização de 85% de umidade relativa nas condições das nossas câmaras inviabilizou o processo de maturação seca, com ou sem utilização de embalagem permeável ao vapor de água.

## 7. Referências Bibliográficas

1. Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ). (2018). Disponível em: <www.abcz.com.br>. Acesso em 08 abr. 2018.
2. Ahnström, M.L.; Seyfert, M; Hunt, M.C.; Johnson, D.E. (2006) Dry aging of beef in a bag highly permeable to water vapour. **Meat Science**, v. 73, p. 674-679.
3. Bruna, J. M., Fernández, M., Herranz, B. et. al. (2001). Microbial and physico-chemical changes during the ripening of dry fermented sausages superficially inoculated with/or added with an intracellular cell free extract of *Penicillium aurantiogriseum*. **Meat Science**, v. 59, p. 87-96.
4. 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**, v. 66, p. 196-199.
5. Carvalho, M. E. et. al. (2014). Heat shock and structural proteins associated with meat tenderness in Nellore beef cattle, a *Bos indicus* breed. **Meat Science**, v. 96, p. 1318-1324.
6. Dashdorj, D.; Tripathi, V. K.; Cho, S. et. al. (2016) Dry aging of beef; Review. **Journal of Animal Science and Technology**, v. 58, p. 20-30.
7. DeGeer, S.L.; Hunt, M.C.; Bratcher, C.L. et. al. (2009) Effects of dry aging of bone-in and boneless strip loins using two aging processes for two aging times. **Meat Science**, v. 83, p. 768-774.
8. Dikeman, M. E.; Obuz, E.; Gök, V. et. al. (2013) Effects of dry, vacuum, and special bag aging; USDA quality grade; and end-point temperature on yields and eating quality of beef longissimus lumborum steaks. **Meat Science**, v. 94, p. 228-233.
9. Ferraz, J. B.S. & Felício, P. E. (2010). Production systems – An example from Brazil. **Meat Science**, v. 84, p. 238-243.
10. Koochmaraie, M. (1994). Muscle proteinases and meat aging. **Meat Science**, v. 36, p. 93-104.
11. Krokida, M.K.; Karathanos, V.T.; Maroulis, Z.B.; Marinos-Kouris, D. (2003) Drying kinetics of some vegetables. **Journal of Food Engineering**, v. 59, p. 391-403.

12. Laster, M.A.; Smith, R.D.; Nicholson, K.L. et. al. (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**, v. 80, p. 795-804.
13. Lepper-Billie, A.N.; Berg, E.P.; Buchanan, D.S.; Berg, P.T. (2016) Effects of post-mortem aging time and type of aging on palatability of low marbled beef loins. **Meat Science**, v. 112, p. 63-68.
14. Li, X.; Babol, J.; Wallby, A; Lundström, K. (2013) Meat quality, microbiological status and consumer preference of beef gluteus medius aged in a dry ageing bag or vacuum. **Meat Science**, v. 95, p. 229-234.
15. Li, X; Babol, J.; Bredie, W.L.P. et. al. (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**, v. 97, p. 433-442.
16. Lonergan, E. H.; Zhang, W.; Lonergan, S. M. (2010). Biochemistry of postmortem muscle — Lessons on mechanisms of meat tenderization. **Meat Science**, v. 86, p. 184-195.
17. Miller, M. F.; Carr, M. F.; Ramsey, C. B. et al. (2001). Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 3062–3068.
18. Meat & Livestock Australia (MLA) (2018). Disponível em: [https://www.mla.com.au/globalassets/mla-corporate/prices--markets/documents/os-markets/red-meat-market-snapshots/mla-ms\\_brazil\\_-snapshot-2017.pdf](https://www.mla.com.au/globalassets/mla-corporate/prices--markets/documents/os-markets/red-meat-market-snapshots/mla-ms_brazil_-snapshot-2017.pdf) Acesso em: 11 de abril de 2018.
19. Shorthose, W.R. & Harris, P.V. (1990) Effect of Animal Age on the Tenderness of Selected Beef Muscles. **Journal of Food Science**, v. 55, p. 1-8.
20. Sitz, B. M.; Calkins, C. R.; Feuz, D. M. et. al. (2006) Consumer sensory acceptance and value of wet-aged and dry-aged beef steaks. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 1221–1226.
21. Smith, R. D.; Nicholson, K. L.; Nicholson, J. D. W et. al. (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**, v. 79, p. 631–639. Stenström H, Li X, Hunt MC, Lundström K. (2014). Consumer preference and effect of correct or misleading

information after aging beef longissimus muscle using vacuum, dry aging, or a dry aging bag. **Meat Science**, v. 96, p. 661–666.

22. Vyncke, B.W. (1970) Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. **Fette Seifen Anstrichm.**, Leinfelden, v.72, n.12, p.1084-1087.

## 8. Discussão

O processo de maturação a seco se mostrou uma tecnologia viável quando realizado a 2°C e a 7°C, sem alterações nos atributos sensoriais. Nas condições em que os experimentos foram realizados, a maturação seca a 7°C apresentou melhores rendimentos no processo.

A maturação úmida resultou em um produto com maior intensidade no gosto ácido. O que poderia ocasionar em uma menor aceitação dos consumidores. No entanto, essa diferença somente foi detectada após 42 dias de maturação.

A umidade relativa de 85% inviabilizou o processo de maturação a seco, com ou sem embalagem permeável ao vapor de água, sendo que as amostras tiveram que ser descartadas após 21 dias de maturação. Os processos em embalagem permeável propiciaram maiores rendimentos de processo já que reduziram as perdas de peso.

A carne acondicionada em embalagem permeável apresentou maiores escores de sabor de carne maturada e gordura do que a carne submetida à maturação a seco sem embalagem.

## **9. Conclusão Geral**

Pode-se utilizar a maturação seca para melhorar os atributos sensoriais de sabor, desde que os consumidores estejam dispostos a pagar a redução no rendimento dos processos.

A utilização de embalagem permeável se demonstrou uma alternativa útil para reduzir os problemas de rendimento do processo. Mas necessita-se de experimentos posteriores comparando os atributos sensoriais de carnes maturadas a seco com embalagem permeável com carnes maturadas úmidas.

## 10. Referências Bibliográficas

1. Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ). (2018). Disponível em: <[www.abcz.com.br](http://www.abcz.com.br)>. Acesso em 08 abr. 2018.
2. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes (ABIEC). (2018). Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/>>. Acesso em 08 abr. 2018.
3. Adzitey, F & Nuhul, H. (2011) Pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) meats: causes and measures to reduce these incidences - a mini review. **Internacional Food Research Journal**, v. 18, p. 11-20.
4. Ahnström, M. L.; Seyfert, M.; Hunt, M. C.; Johnson, D. E. (2006). Dry aging of beef in a bag highly permeable to water vapour. **Meat Science**, v. 73, p. 674-679.
5. AMSA (2012) American Meat Science Association. Meat Color Measurement Guidelines. Champaign, IL.
6. AOAC (1990). Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 15. Ed. Washington DC: v.1, 99-101.
7. Associação Brasileira de Inseminação Artificial (ASBIA). (2018). Disponível em: <http://www.asbia.org.br/novo/relatorios/>. Acesso em 11 abr. 2018.
8. Bruna, J. M., Fernández, M., Herranz, B. et. al. (2001). Microbial and physico-chemical changes during the ripening of dry fermented sausages superficially inoculated with/or added with an intracellular cell free extract of *Penicillium aurantiogriseum*. **Meat Science**, v. 59, p. 87-96.
9. 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**, v. 66, p. 196-199.
10. Carvalho, M. E. et. al. (2014). Heat shock and structural proteins associated with meat tenderness in Nellore beef cattle, a *Bos indicus* breed. **Meat Science**, v. 96, p. 1318-1324.
11. Chirife, J & Fontan, C. F. A Research Note: Water Activity of Fresh Foods. **Journal of Food Science**, v.47, p. 661-663, 1982.

12. Dashdorj, D.; Tripathi, V. K.; Cho, S. et. al. (2016) Dry aging of beef; Review. **Journal of Animal Science and Technology**, v. 58, p. 20-30.
13. DeGeer, S.L.; Hunt, M.C.; Bratcher, C.L. et. al. (2009) Effects of dry aging of bone-in and boneless strip loins using two aging processes for two aging times. **Meat Science**, v. 83, p. 768-774.
14. Devine, C. E.; Wahlgren, N.M.; Tornberg, E. (1999) Effect of rigor temperature on muscle shortening and tenderization of restrained and unrestrained beef m. longissimus thoracicus et lumborum. **Meat Science**, v. 51, p. 61-72.
15. Devine, C. E. (2004) Conversion of muscle to meat. In: Jensen, W.; Devine, C. and Dikeman, M., **Encyclopedia of meat sciences**. Elsevier Academic Press, Oxford, UK. 330-338.
16. Dikeman, M. E.; Obuz, E.; Gök, V. et. al. (2013) Effects of dry, vacuum, and special bag aging; USDA quality grade; and end-point temperature on yields and eating quality of beef longissimus lumborum steaks. **Meat Science**, v. 94, p. 228-233.
17. Dransfield., E. (1994). Optimisation of tenderisation, ageing and tenderness. **Meat Science**, v. 36, p. 105-121.
18. Ferraz, J. B.S. & Felício, P. E. (2010). Production systems – An example from Brazil. **Meat Science**, v. 84, p. 238-243.
19. Folha de São Paulo (2016). Carnes maturadas a seco chegam ao Brasil. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/colunas/josimarmelo/2016/05/1766212-carnes-maturadas-a-seco-chegam-ao-brasil.shtml?loggedpaywall>. Acesso em: 10 de maio de 2018.
20. Frontera, W. R. & Ochala, J. (2015). Skeletal Muscle: A Brief Review of Structure and Function. **Journal Calcified Tissue International**, v. 96, p. 183-195.
21. Goll, D. E.; Thompson, V. F.; Li, H. et. al. (2003). The calpain system. **Physiological Reviews**, v. 83, p. 731-801.
22. Halloran, G. R. O.; Troy, D. J.; Buckley, D. J.; Reville, W. J. (1997). The role of endogenous proteases in the tenderisation of fast glycolysing muscle. **Meat Science**, v. 47, p. 187-210.

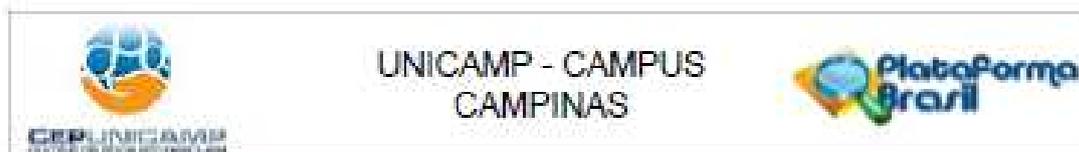
23. Hwang, I. H.; Park, B. Y.; Cho, S. M. and Lee, J. M. (2004) Effects of muscle shortening and proteolysis on Warner–Bratzler shear force in beef longissimus and semitendinosus. **Meat Science**, v. 68, p. 497-505.
24. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2018). Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em 08 abr. 2018.
25. 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**, v. 111, p. 168-176.
26. Kim, Y. H. B.; Meyers, B.; Kim, H. W. et. al. (2017) Effects of stepwise dry/wet-aging and freezing on meat quality of beef loins. **Meat Science**, v. 123, p. 57-63.
27. Koochmaraie, M. (1992). The role of Ca<sup>2+</sup>-dependent proteases (calpains) in post mortem proteolysis and meat tenderness. **Biochimie**, v. 74, p. 239-245.
28. Koochmaraie, M. (1994). Muscle proteinases and meat aging. **Meat Science**, v. 36, p. 93-104.
29. Koochmaraie, M. & Geesink, G. H. (2006). Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. **Meat Science**, v. 74, p. 34-43.
30. Krokida, M.K.; Karathanos, V.T.; Maroulis, Z.B.; Marinos-Kouris, D. (2003) Drying kinetics of some vegetables. **Journal of Food Engineering**, v. 59, p. 391-403.
31. Lana, A. & Zolla, L. (2016). Proteolysis in meat tenderization from the point of view of each single protein: A proteomic perspective. **Journal of Proteomics**, v. 147, p. 85-97.
32. Laster, M.A.; Smith, R.D.; Nicholson, K.L. et. al. (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**, v. 80, p. 795-804.
33. Lepper-Billie, A.N.; Berg, E.P.; Buchanan, D.S.; Berg, P.T. (2016) Effects of post-mortem aging time and type of aging on palatability of low marbled beef loins. **Meat Science**, v. 112, p. 63-68.

34. Li, X.; Babol, J.; Wallby, A.; Lundström, K. (2013) Meat quality, microbiological status and consumer preference of beef gluteus medius aged in a dry ageing bag or vacuum. **Meat Science**, v. 95, p. 229-234.
35. Li, X.; Babol, J.; Bredie, W.L.P. et. al. (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**, v. 97, p. 433-442.
36. Lonergan, E. H.; Zhang, W.; Lonergan, S. M. (2010). Biochemistry of postmortem muscle — Lessons on mechanisms of meat tenderization. **Meat Science**, v. 86, p. 184-195.
37. Miller, M. F.; Carr, M. F.; Ramsey, C. B. et al. (2001) Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 3062–3068.
38. 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, p. 256–265.
39. Meat & Livestock Australia (MLA) (2018). Disponível em: [https://www.mla.com.au/globalassets/mla-corporate/prices--markets/documents/os-markets/red-meat-market-snapshots/mla-ms\\_brazil\\_snapshot-2017.pdf](https://www.mla.com.au/globalassets/mla-corporate/prices--markets/documents/os-markets/red-meat-market-snapshots/mla-ms_brazil_snapshot-2017.pdf) Acesso em: 11 de abril de 2018.
40. Moskowitz, H. R. (1983) Product testing and sensory evaluation of foods. **Food & Nutrition Press. Westport**, p.31.
41. Nishimura, T., Rhue, M. R., Okitani, A., Kato, H. (1988). Components Contributing to the Improvement of Meat Taste during Storage. **Agricultural and Biological Chemistry**, v. 52, p. 2323-2330.
42. Patterson, J. T. & Gibbs, P. A. (1977) Incidence and Spoilage Potential of Isolates from Vacuum-packaged Meat of High pH Value. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 43, p. 25-38.
43. Rodrigues, R.T.S.; Chizzotti, M.L.; Vital, C.E.; Baracat-Pereira, M.C. et. al. (2017) Differences in Beef Quality between Angus (*Bos taurus taurus*) and Nellore (*Bos Taurus indicus*) Cattle through a Proteomic and Phosphoproteomic Approach. **PLoS One**, v. 12, e0170294. doi:10.1371/journal.pone.0170294.

44. 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**, v. 18, p. 405–409.
45. Savell, J. W. (2008) Dry-Aging of Beef, executive summary. National Cattlemen's Beef Association. Disponível em: < [http://www.beefissuesquarterly.com/CMDocs/BeefResearch/PE\\_Executive\\_Summaries/Dry\\_Aging\\_of\\_Beef.pdf](http://www.beefissuesquarterly.com/CMDocs/BeefResearch/PE_Executive_Summaries/Dry_Aging_of_Beef.pdf)> Acesso em: 24 abr. 2018.
46. Scot Consultoria (2016). O consumo e o poder de oferta de carnes especiais no Brasil. Disponível em: <https://www.scotconsultoria.com.br/noticias/artigos/42406/o-consumo-e-o-poder-de-oferta-de-carnes-especiais-no-brasil.htm> Acesso em: 11 abr. 2018
47. Shorthose, W.R. & Harris, P.V. (1990) Effect of Animal Age on the Tenderness of Selected Beef Muscles. **Journal of Food Science**, v. 55, p. 1-8.
48. Silva Sobrinho, A.G. **Body composition and characteristics of carcass from lambs of different genotypes and ages at slaughter**. Report (PostDoctorate in Sheep Meat Production) – Massey University, Palmerston North, New Zealand, 1999.
49. Sitz, B. M.; Calkins, C. R.; Feuz, D. M. et. al. (2006) Consumer sensory acceptance and value of wet-aged and dry-aged beef steaks. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 1221–1226.
50. Smith, R. D.; Nicholson, K. L.; Nicholson, J. D. W et. al. (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**, v. 79, p. 631–639.
51. Smith, A. M.; Harris, K. B.; Griffin, D.B. et. al. (2014) Retail yields and palatability evaluations of individual muscles from wet-aged and dry-aged beef ribeyes and top sirloin butts that were merchandised innovatively. **Meat Science**, v. 97, p. 21-26.
52. Stenström H, Li X, Hunt MC, Lundström K. (2014). Consumer preference and effect of correct or misleading information after aging beef longissimus

- muscle using vacuum, dry aging, or a dry aging bag. **Meat Science**, v. 96, p. 661–666.
53. 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**, v. 37, p. 1303-1322.
54. Tuma, H. J.; Henrickson, R. L.; Stephens, D. F.; Moore, R. (1962) Influence of Marbling and Animal Age on Factors Associated with Beef Quality. **Journal of Animal Science**, v. 21, p. 848-851.
55. USDA (2018). United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. Livestock and Poultry: World Markets and Trade. April, 2018.
56. Vilella, G. F. **Efeitos dos Processos de Maturação Úmido e Seco e suas Combinações nos Atributos Físicos, Químicos e Sensoriais em Filé de Costela Bovino**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, p. 78, 2016.
57. Vyncke, B.W. (1970) Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. **Fette Seifen Anstrichm.**, Leinfelden, v.72, n.12, p.1084-1087.
58. Warren, K. E.; Kastner, C. L. (1992) A Comparison of Dry-Aged and Vacuum-Aged Beef Strip Loins. **Journal of Muscle Science**, v. 3, p. 151-157.
59. Wheeler, T. L., Cundiff, L. V., & Kock, R. M. (1994). Effect of marbling degree on beef palatability in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 3145–3151.
60. Wood, J. D.; Enser, M.; Fisher, A. V. et. al. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. **Meat Science**, v. 78, p. 343-358.
61. Yu, L. P. & Lee, Y. B. (1986) Effects of Postmortem pH and Temperature on Bovine Muscle Structure and Meat Tenderness. **Journal of Food Science**, v. 51, p; 774-780.

## Anexos



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** PROCESSOS DE MATURAÇÃO DE CARNE BOVINA: AVANÇOS TECNOLÓGICOS PARA IMPLEMENTAR SISTEMAS E AVALIAR A QUALIDADE DA CARNE

**Pesquisador:** Sergio Bertell Pflanzler Junior

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 69320317.6.0000.5404

**Instituição Proponente:** Faculdade de Engenharia de Alimentos

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 2.236.968

#### Apresentação do Projeto:

**Introdução:** A carne é um alimento rico em proteínas de alta qualidade, ferro e vitamina B (ABERLE et al., 2001). Além de sua importância na alimentação, ela também representa para o Brasil uma fonte de renda e grande valor econômico. O Brasil ocupa um lugar de destaque na pecuária bovina mundial. Possui o segundo maior rebanho, com cerca de 219,2 milhões de cabeças; é o segundo maior produtor desta fonte proteica, oferecendo ao mercado aproximadamente 9,2 milhões de toneladas de carne; e destina para o exterior 1,85 milhão de toneladas, se colocando como maior exportador, juntamente com a Índia (USDA, 2016). Mesmo com todos esses números positivos, o Brasil é carente quanto falamos da qualidade organoléptica da carne bovina produzida. Não é incomum nos depararmos com consumidores insatisfeitos em relação a algumas dessas características, como a suculência, o sabor e, principalmente, a maciez. O contrafilé bovino, formado principalmente pelo músculo Longissimus dorsi, é o corte de preferência a ser analisado na maioria dos trabalhos científicos (DESTEFANIS et al., 2008; SASAKI et al., 2010; GOMES et al., 2014), sendo considerado um corte representativo das carnes para assar, fritar ou grelhar, conhecidas como de preparo rápido, ou "carne de primeira" (FELÍCIO, 1999). Vários estudos demonstram que a maciez é a característica sensorial que mais influencia na aceitação da carne durante seu consumo, pois no momento da compra, a cor é o fator determinante (MORGAN et al.,

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126  
 Bairro: Barão Geraldo CEP: 13.083-887  
 UF: SP Município: CAMPINAS  
 Telefone: (19)3521-8936 Fax: (19)3521-7147 E-mail: cep@fm.unicamp.br



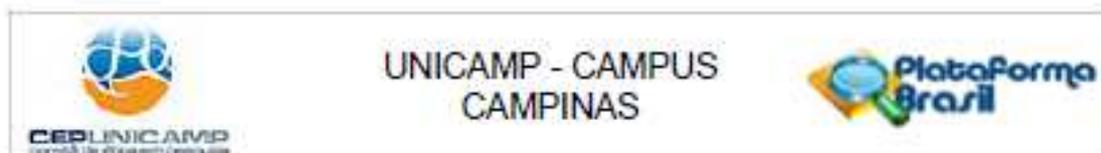
UNICAMP - CAMPUS  
CAMPINAS



Continuação do Parecer 2.230.900

1991; KOOHMARAIE, 1996; ENFALT et al., 1997; KOOHMARAIE et al., 2002; PLATTER et al., 2003; KOOHMARAIE et al., 2006). São vários os fatores que influem na maciez da carne. Esses fatores podem estar relacionados com a genética do bovino, com as condições de criação, com alguns procedimentos durante o abate e com o resfriamento das carcaças, com as condições de armazenamento da carne (maturação) e, por fim, com o método de preparo para consumo (LAWRIE, 1985). Dentre os fatores citados anteriormente, a maturação merece posição de destaque pela intensa melhoria dos aspectos sensoriais da carne. A maturação da carne se tornou essencial nos serviços de varejo e alimentação para atender à demanda e expectativa de se consumir um alimento excepcional (LASTER et al., 2008). De acordo com Devine (2004), maturação é o nome dado ao 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. A maturação consiste em um método que promove o aumento da maciez e o desenvolvimento de sabor da carne fresca e é realizada, tradicionalmente, através da estocagem da carne em um refrigerador durante o período desejado para o amaciamento e desenvolvimento do sabor característico de maturação (WARREN E KASTNER, 1992). Diversas alterações bioquímicas ocorrem no músculo esquelético durante seu estoque post mortem e várias enzimas, presentes naturalmente no músculo, compõem um sistema enzimático envolvido na proteólise muscular, gerando tais alterações (TOLDRA et al., 1995). O processo de maturação envolve, principalmente, enzimas endógenas, sendo as principais as calpains (I e II) e catepsinas (LAMARE et al., 2002). Entretanto, a enzima catepsina seria incapaz de participar das reações que culminariam no aumento da maciez do músculo e não apresentaria papel significativo na proteólise da carne (KOOHMARAIE et al., 1988). Como resultado, o sistema enzimático responsável pelas alterações das proteínas miofibrilares durante a maturação envolveria as enzimas calpaina I e calpaina II. Durante o processo de proteólise, as enzimas causam um desarranjo das subunidades musculares, proveniente da fragmentação da linha-Z e da degradação de proteínas como titina, nebulina, desmina e troponina-T (KOOHMARAIE et al., 1988), o que leva a um aumento da maciez da carne. A proteólise que ocorre durante o período post mortem envolve quatro componentes principais: íons cálcio, calpaina I, calpaina II e calpastatina; e sofre grande influência de dois parâmetros: pH e temperatura (KOOHMARAIE, 1992). A proteólise é mais intensa em temperaturas mais altas e conforme o pH reduz a enzima calpaina II é favorecida sobre a calpaina I (DRANSFIELD, 1992). A liberação de grande quantidade de íons cálcio juntamente com a atividade da calpaina I leva a uma intensa proteólise nos primeiros dois dias, porém a enzima perde grande parte da sua atividade após 24 horas (aproximadamente 60%). Contudo, o processo de proteólise continua, agora pela

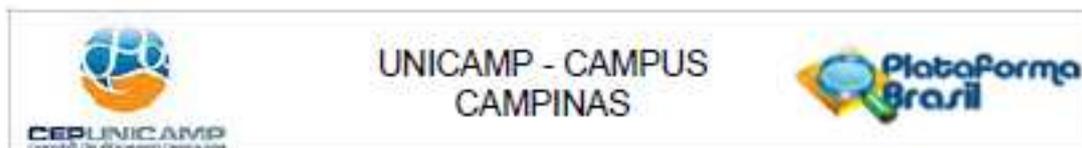
Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126  
 Bairro: Barão Geraldo CEP: 13.083-887  
 UF: SP Município: CAMPINAS  
 Telefone: (19)3521-8036 Fax: (19)3521-7167 E-mail: cep@fcm.unicamp.br



Continuação do Parecer: 2.238.968

atividade das enzimas calpaina I e II e, após 6 dias, a calpaina II é a única atuando sobre as estruturas do músculo (DRANSFIELD, 1992; KOOHMARAIE, 1987). As calpains (I e II) estão presentes no músculo in vivo, porém, não expressam atividade proteolítica dado ao pH elevado e a atividade da calpastatina. A queda do pH, durante o post mortem, favorece a atividade proteolítica das calpains e diminui a capacidade inibitória da calpastatina (COTTIN et al., 1981), garantindo que o processo proteolítico continue na carne durante esta fase (DEVINE, 2004). Animais com genética de gado zebuino (bos indicus) apresentam uma maior atividade da calpastatina, com a conseqüente diminuição da atividade das calpains post mortem, gerando assim uma carne mais dura (RUBENSAM et al., 1998; WHIPPLE et al., 1990). A última etapa da proteólise ocorrida na maturação é a geração de aminoácidos livres (TOLDRA et al., 1995). O estudo de Nishimura et al. (1988) relacionou o aumento de aminoácidos livres em carne estocada post mortem com a melhora no sabor. De fato, a maturação deixa os alimentos mais saborosos (YAMAGUCHI E NINOMIYA, 1999). A pesquisa desenvolvida por Polak et al., (2007) encontrou um aumento na concentração de aminoácidos livres em carne bovina com períodos maiores de maturação incluindo um aumento no teor de glutamato (glu). 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). Segundo Yamaguchi e Ninomiya (1999), o gosto umami, relacionado com uma descrição de saboroso, cárneo e "similar a caldo de carne", é transmitido, entre outros compostos, por glutamato. Dessa forma, a melhora do sabor na carne maturada, que se associa ao aumento do teor de aminoácidos livres, pode estar relacionada ao aumento de compostos geradores de gosto umami como o glutamato. 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 da água durante o período de maturação em estoque resfriado; e a maturação a seco ou "Dry aging" 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). Independente do processo utilizado, a maciez sensorial ou instrumental parece não ser afetada (VILELLA et al., 2016). 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 "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 E 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



Continuação do Parecer: 2.238.988

fornecedores de carne maturada a seco 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 a seco 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, conseqüentemente, do preço final da carne (STENSTRÖM et al., 2014; PARRISH et al., 1991). Dessa forma, a maturação úmida ganhou popularidade devido a sua maior conveniência, melhor rendimento e vida de prateleira mais extensa enquanto o produto maturado a seco se tornou um item para mercados especiais ou gourmet (WARREN E KASTNER, 1992). Os trabalhos científicos 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 E 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 através de análises sensoriais. Apesar de haver trabalhos que descrevem a diferenciação sensorial entre carne bovina maturada a seco e úmida, não foram encontrados estudos que elucidem o mecanismo do desenvolvimento de sabor característico da carne maturada a seco, entretanto, analisando os dados apresentados, podemos ressaltar alguns pontos importantes: conforme descrito anteriormente, os provadores do painel treinado do estudo de LI et al. (2014) determinaram que a carne maturada a seco possuiu mais gosto umami em relação a carne de maturação úmida; Nishimura et al. (1988) descreveram uma relação do aumento de aminoácidos livres em carne estocada post mortem com um melhoramento de sabor; Polak et al. (2007) relataram ter encontrado um aumento na concentração de aminoácidos livres na carne, incluindo Glutamato (glu), durante o processo de maturação. Avallando o tempo ótimo de maturação da carne pelo processo seco, Fumiko et al. (2016) constataram que 40 dias foi ideal para a maciez, suculência, sabor umami e de carne com elevados teores de gordura intramuscular. Um novo processo de maturação, que consiste no acondicionamento da carne em uma embalagem com alta permeabilidade à umidade ("special bag"), vem sendo estudado (DIKEMAN et al., 2013). Esse sistema simula o processo de maturação seca, entretanto, traz benefícios, como a diminuição das perdas de processo e da contaminação superficial, aumentando rendimento, sem prejudicar os atributos sensoriais característicos do processo a seco (AHNSTRÖM et al., 2006; DEGEER et al., 2009). Independente do sistema de maturação a ser empregado, as condições de armazenamento, como temperatura, umidade e tempo de estocagem devem ser controladas, visando garantir a estabilidade da cor e o baixo

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



Contribuição do Patrocinador: R\$ 2.236.968

desenvolvimento microbiano. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é avaliar a carne de bovinos zebuínos submetidas aos três sistemas de maturação existentes (úmido, seco e "special bag"), controlando as condições de armazenamento como congelamento, temperatura e tempo de estocagem, dentre outros, visando desenvolver protocolos de maturação específicos para cada tipo de produto/mercado, a serem utilizados pela indústria frigorífica nacional. Hipótese: Os provadores treinados deverão ter a capacidade de detectar e avaliar os seguintes aspectos sensoriais presentes nas amostras: Intensidade de sabor, maciez, suculência e aceitação global. Acredita-se que com esta análise se encontre diferenças significativas entre os diferentes tipos e tempos de maturação, temperaturas e umidades de armazenamento, entre outros aspectos analisados. Os diferentes tipos de maturação possuem diferenças sensoriais já demonstradas em outros estudos realizados para avaliação da palatabilidade. Sabe-se que as carnes que passam pelo processo de maturação apresentam uma maior maciez, entretanto, espera-se que, tanto provadores treinados quanto consumidores, percebam diferenças nesse atributo. A equipe treinada poderá apresentar uma percepção de que as amostras maturadas a seco, em relação a amostras maturadas úmidas, possuem maior intensidade em certos atributos como o gosto umami e sabor amanteigado, de carne e assado (lembrando a utilização de caldos de carne comercializados). Os consumidores poderão demonstrar uma aceitação maior para as amostras maturadas a seco, visto que estas, normalmente, geram um sabor mais intenso de carne assada e apresentam maior maciez do que as carnes submetidas a maturação úmida ou não maturadas. As amostras armazenadas sob maiores valores de umidade (85%) e temperatura (7°C) poderão obter maiores notas para o atributo suculência, visto que não haverá tanta perda de exsudato quanto as amostras armazenadas sob a umidade de 60%. Após, no mínimo, 14 dias de maturação seca, sugere-se que haja uma diferença sensorial mais perceptível em relação à maciez e suculência, pois um tempo de maturação seca por menos tempo talvez não seja suficiente para modificar os atributos sensoriais a ponto de serem perceptíveis durante as análises, até mesmo para os provadores treinados.

#### Objetivo da Pesquisa:

O objetivo do estudo é avaliar a carne de bovinos zebuínos submetidas aos três sistemas de maturação existentes (úmido, seco e "special bag"), controlando as condições de armazenamento como congelamento, temperatura, umidade e tempo de estocagem, visando desenvolver protocolos de maturação específicos para cada tipo de produto/mercado, a serem utilizados pela

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



Contribuição do Parecer: 2.235.958

Indústria frigorífica nacional. Objetivos específicos: Definir qual temperatura é a mais indicada para os processos de maturação úmida e seca; Definir, para os processos a seco e "special bag", qual umidade ideal de maturação; Definir qual o tempo mínimo e máximo para o processo de maturação a seco; Avaliar o efeito da maturação a seco quando realizada em carne previamente maturada pelo processo úmido; Avaliar o efeito da desossa prévia aos processos de maturação a seco; Avaliar o efeito do congelamento/descongelamento em processos de maturação úmida e seca.

#### **Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

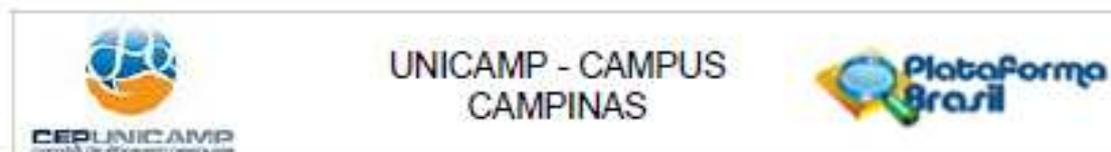
Segundo informações do pesquisador: não há riscos previstos na participação dessa pesquisa salvo voluntários que possuam algum tipo de alergia a carne bovina. Os sujeitos da pesquisa serão submetidos a testes sensoriais envolvendo amostras de carne bovina obtidas de frigoríficos. Estes estabelecimentos são devidamente fiscalizados por órgão 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 e garante um produto final seguro e próprio para o consumo.

Segundo informações do pesquisador, não há benefícios diretos para os participantes da pesquisa (provedores e consumidores), porém argumenta que a carne é um alimento rico em proteínas de alta qualidade, vitamina B e ferro, componentes extremamente importantes para a manutenção de uma vida saudável.

#### **Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Este protocolo se refere ao projeto de pesquisa intitulado "Processos de maturação de carne bovina: avanços tecnológicos para implementar sistemas e avaliar a qualidade da carne", cujo pesquisador responsável é o Prof. Dr. Sérgio Bertelli Pflanzler. A instituição Proponente é a Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP. Segundo as Informações Básicas do Projeto, a pesquisa tem orçamento estimado em R\$ 3.000,00 (três mil reais). Os recursos descritos para realização do projeto serão oriundos do Convênio de Prestação de Serviço de Pequena Monta do Laboratório de Carnes e Derivados da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Unicamp. O número de participantes da pesquisa é de 135, sendo 15 provedores treinados (análise sensorial) e 120 consumidores (análise sensorial de aceitação). Os critérios do recrutamento para a equipe de provedores treinados serão: interesse e disponibilidade em participar do estudo, facilidade de se expressar e de trabalhar em grupo, avaliar as amostras sem tempero e não serem fumantes. Após o treinamento da equipe será feita uma nova seleção, com o objetivo de selecionar os provedores que: possuem capacidade de discriminar as amostras; que apresentem boa reprodutibilidade e que

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



Continuação do Parecer: 2.236.968

apresentem resultados consensuais com os demais membros da equipe sensorial. Em relação aos consumidores, os mesmos serão convidados a participarem do estudo, tendo como critério de inclusão apenas o interesse e disponibilidade, avaliar as amostras sem tempero e não serem fumantes.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Foram analisados os seguintes documentos de apresentação obrigatória:

- 1 - Folha de Rosto Para Pesquisa Envolvendo Seres Humanos: Foi apresentado o documento "folhaderosto\_preenchida.pdf" devidamente preenchido, datado e assinado.
- 2 - Projeto de Pesquisa: Foram analisados os documentos "projeto-2.pdf" e "PB\_INFORMAÇÕES\_BÁSICAS\_DO\_PROJETO\_913495.pdf". Adequado.
- 3 - Orçamento financeiro e fontes de financiamento: Informações sobre orçamento financeiro incluídas no documento "PB\_INFORMAÇÕES\_BÁSICAS\_DO\_PROJETO\_913495.pdf". Adequado.
- 4- Cronograma: Informações sobre o cronograma incluídas nos documentos "PB\_INFORMAÇÕES\_BÁSICAS\_DO\_PROJETO\_913495.pdf" e "projeto-2.pdf". Adequado.
- 5 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido: apresentados 2 (dois) TCLE, "TCLE\_maturacao\_consumidores.pdf" e "TCLE\_maturacao\_provedores.pdf". Adequado.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Os esclarecimentos solicitados foram atendidos e as pendências solucionadas.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

- O participante da pesquisa deve receber uma via do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (quando aplicável).
- O participante 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 (quando aplicável).
- 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 participante ou quando constatar a superioridade de uma estratégia diagnóstica ou

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



Continuação do Parecer: 2.236.958

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 e aguardando a aprovação do CEP para continuidade da pesquisa. 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.

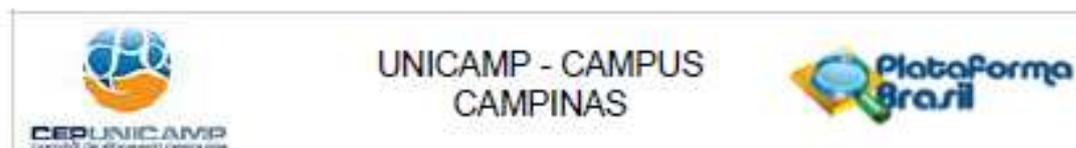
- Lembramos que segundo a Resolução 466/2012, item XI.2 letra e, "cabe ao pesquisador apresentar dados solicitados pelo CEP ou pela CONEP a qualquer momento".

- O pesquisador deve manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período de 5 anos após o término da pesquisa.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_913495.pdf	07/08/2017 10:09:46		Acelto
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto.pdf	07/08/2017 10:07:20	Sergio Bertelli Pflanzer Junior	Acelto
Outros	Resposta_Parecer.pdf	07/08/2017 10:04:50	Sergio Bertelli Pflanzer Junior	Acelto
TCLE / Termos de	TCLE_provadores.pdf	07/08/2017	Sergio Bertelli	Acelto

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 125  
 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



Continuação do Parecer: 2.238.988

Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_provadores.pdf	10:03:38	Pfianzer Junior	Acelto
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_consumidores.pdf	07/08/2017 10:03:10	Sergio Bertelli Pfianzer Junior	Acelto
Declaração de Pesquisadores	Sergio_Pfianzer.jpg	01/06/2017 19:40:56	Sergio Bertelli Pfianzer Junior	Acelto
Folha de Rosto	folhaderosto_preenchida.pdf	05/05/2017 19:03:16	Sergio Bertelli Pfianzer Junior	Acelto

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

CAMPINAS, 24 de Agosto de 2017

---

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