



DOUGLAS ROBERTO GUIMARÃES SILVA

**USO DE MICRO-ONDAS COMO MÉTODO DE
COZIMENTO NO PROTOCOLO DE
AVALIAÇÃO DA MACIEZ DA CARNE BOVINA**

LAVRAS – MG

2015

DOUGLAS ROBERTO GUIMARÃES SILVA

**USO DE MICRO-ONDAS COMO MÉTODO DE COZIMENTO NO
PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO DA MACIEZ DA CARNE BOVINA**

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

Orientador

Dr. Eduardo Mendes Ramos

LAVRAS - MG

2015

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Silva, Douglas Roberto Guimarães.

Uso do micro-ondas como método de cozimento no protocolo de
avaliação da maciez da carne bovina / Douglas Roberto Guimarães

Silva. – Lavras : UFLA, 2015.

68 p. : il.

Dissertação (mestrado acadêmico)–Universidade Federal de
Lavras, 2015.

Orientador: Eduardo Mendes Ramos.

Bibliografia.

1. Métodos de cozimento. 2. Força de cisalhamento. 3. Maciez
sensorial. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

DOUGLAS ROBERTO GUIMARÃES SILVA

**USO DE MICRO-ONDAS COMO MÉTODO DE COZIMENTO NO
PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO DA MACIEZ DA CARNE BOVINA**

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

APROVADA em 27 de fevereiro de 2015.

Dra. Alcinéia de Lemos Souza Ramos UFLA

Dr. Paulo Rogério Fontes UFV

Dr. Eduardo Mendes Ramos
Orientador

LAVRAS - MG

2015

*A minha querida tia Carmem, que foi mais que tia, uma segunda mãe,
eu dedico.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus, que sempre me guia nos momentos mais difíceis, por sempre se fazer presente em meu caminho e me dar a melhor direção para seguir.

Aos meus pais, Maria Ângela e Vicente, pelo amor incondicional, por estarem sempre me apoiando e fazendo o melhor para que eu conseguisse conquistar tal feito. À minha irmã, Renata, amiga e companheira das horas alegres e tristes, sempre com aquele carinho especial de irmã, uma pessoa que sempre me apoiou.

Agradeço a minha segunda mãe, Tia Carmem, que com seu carinho e amor me ensinou grandes valores da vida e fez com que eu me tornasse o homem que sou hoje, deixando uma saudade inexplicável.

Agradeço a minha família pelo apoio sempre, pela presença constante, a minha saudosa avó Dona Maria, aos meus tios e primos principalmente aos que estiveram presente comigo no dia da minha defesa (Rafaela, Lenice, Arthur, Lea e Leandro).

Aos meus amigos da república (Catuaba (TUTU), Lucas, Matheus e Paulo Henrique por todas as farras, conversas e amizade.

Aos amigos de São João e aos amigos que fiz em Lavras durante a graduação e que são importantes pessoas (Luísa, Ludmila, Mayara, Emanuelle, Paula, Guilherme, Leandro, Pedro, Bernardo, Matheus Henrique, Carolina e Cíntia) muito obrigado pela amizade.

Ao meu orientador, Eduardo Mendes Ramos, obrigado pela confiança, amizade e, principalmente, pelos ensinamentos que foram muitos, um profissional dedicado e extremamente capaz, muito obrigado por tudo, por todos esses anos de ensinamento.

Aos professores da banca examinadora, Alcinéia de Lemos Souza Ramos, obrigado pelas portas abertas em seu laboratório e pelo carinho. Ao professor Paulo Rogério Fontes, pela ajuda grandiosa na reta inicial e final do Mestrado. Aos professores da Ciência dos Alimentos por todo o conhecimento que adquiri, e a secretária Lucilene

Aos meus amigos de trabalho do Laboratório de Carnes, os quais fizeram com que o ambiente se tornasse prazeroso e que pude fazer grandes amigos, para toda uma vida. Obrigado também pela ajuda e apoio sempre: Quadrado de oito (Élida), a Glorinha Calil (Ítalo), a Galinha da Angola (Carol), ao Bob (Henrique), a Targui (Bruna), Amaranos (Gabi), a Ligiane, Ana Paula, Letícia, Ana Alice. Ao restante do grupo Lab Carnes que mesmo distante são importantes amigos Lek Fêmea (Tharcilla), Lek Macho (Flávio) e Cat (Érika).

Agradeço ainda a FAPEMIG, pela concessão da bolsa ao longo dos dois anos de mestrado e ainda pelo apoio financeiro no projeto.

E a todos aqueles que de alguma forma atravessaram meu caminho e deixaram seus rastros e exemplos a serem seguidos, sempre terão minha lembrança, consideração e agradecimento!

RESUMO

A maciez é um parâmetro de qualidade da carne bovina, importante para aceitação dos consumidores. Existem vários protocolos para a determinação de maciez na carne cozida, sendo o protocolo *Warner-Bratzler Shear Force* (WBSF) o mais usado. Neste protocolo, o método de cozimento em grelha é considerado o método padrão. Em razão da dificuldade de padronização deste método, alguns métodos de cozimentos, alternativos, têm sido estudados, como o método de cozimento em micro-ondas. Assim, objetivou-se avaliar o uso de micro-ondas como método de cozimento no protocolo WBSF para determinação da maciez da carne bovina, correlacionando os resultados com o protocolo padrão (cozimento por grelha) e com a avaliação sensorial. Bifes de contrafilé (*M. Longissimus thoracis*) bovinos com diferentes graus de maciez foram cozidos em grelha (Gr) e em micro-ondas, a 100% (Mw100) e 60% (Mw60) da potência, e avaliados quanto à força de cisalhamento (FC) e maciez sensorial. Maior ($P < 0,05$) repetibilidade da FC foi observada para o tratamento Gr ($R = 0,81$), seguido do Mw100 ($R = 0,63$) e do Mw60 ($R = 0,47$). Também foi observada maior ($P < 0,05$) correlação entre a FC pelo método Gr ($r = 0,86$) e a maciez sensorial, seguido do Mw100 ($r = 0,68$) e do Mw60 ($R = 0,65$). Concluiu-se que o cozimento em grelha é o método mais adequado para avaliação da maciez instrumental, mas a utilização do forno de micro-ondas ainda pode ser uma alternativa, necessitando mais pesquisas para melhorar a padronização deste método.

Palavras-chave: Métodos de cozimento. Força de cisalhamento. Maciez sensorial.

ABSTRACT

The meat tenderness is an important parameter for the beef quality acceptance by consumers. There are various protocols used to determine the cooked meat tenderness, but the most used is the Warner-Bratzler Shear Force (WBSF) protocol, on which the grilling-based method is considered standard. Due to difficulties in standardizing this method, other alternatives have been studied, such as the microwave cooking method. In this study, we aimed to assess the use of microwave-based cooking method in the WBSF protocol for determining the beef tenderness, correlating its results with those from the standard protocol (grill cooking) and sensorial assessment. Steaks of striploin (*M. Longissimus thoracis*) beef with different tenderness degrees were cooked on a grill (Gr) and in the microwave oven, at 100% (Mw100) and 60% (Mw60) power, and assessed for shear force (SF) and sensory tenderness. The greater repeatability of SF was found for the Gr treatment ($R=0.81$), followed by the Mw100 ($R=0.63$) and then Mw60 ($R=0.47$). Was also found a strong correlation of SF with the sensory tenderness for Gr based method ($r=0.86$), followed by the Mw100 ($r=0.68$) and then Mw60 ($r=0.65$). Therefore, the grilling-based method was found to be suitable to assess the meat tenderness, but the use of microwave oven may also be an alternative, requiring to be studied some more, seeking to improve its standardization.

Key-words: Cooking methods. Shear force. Sensory tenderness.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	Avaliação da maciez em carnes	12
2.2	Protocolo Warner-Blatzer Shear Force (WBSF)	13
2.3	Padronização dos procedimentos de análise	17
2.3.1	Músculo	18
2.3.2	Coleta e amostragem dos bifés	19
2.3.3	Cozimento dos bifés	20
2.3.4	Obtenção das amostras para cisalhamento	25
2.3.5	Velocidade de cisalhamento	28
2.4	Micro-ondas como método de cozimento	28
2.4.1	Funcionamento de um forno de micro-ondas	30
2.4.2	Micro-ondas e o aquecimento de alimentos	31
3	MATERIAL E MÉTODOS	34
3.1	EXP1: Definição do tempo de cozimento da carne em forno micro-ondas	34
3.1.1	Determinação da repetibilidade e potência do micro-ondas	34
3.1.2	Determinação do tempo de cozimento em micro-ondas	35
3.2	EXP2: Avaliação do cozimento por micro-ondas	36
3.2.1	Animais e amostragem	36
3.2.2	Cozimento em grelha (Gr)	37
3.2.3	Cozimento em micro-ondas (Mw)	38
3.2.4	Análise da força de cisalhamento	38
3.3	Análise Sensorial	39
3.4	Índice de fragmentação miofibrilar	43
3.5	Análise Estatística	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4.1	EXP1: Definição do tempo de cozimento da carne em forno micro-ondas	46
4.1.1	Potência máxima e repetibilidade do micro-ondas	46
4.1.2	Relação temperatura e tempo de cozimento no micro-ondas	48
4.2	EXP2: Avaliação do cozimento por micro-ondas na determinação da maciez da carne	50
5	CONCLUSÃO	58
	REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO

A maciez da carne é a primeira característica avaliada quando se relacionam os aspectos qualitativos desejados na produção da carne bovina. Com isso, tem-se desenvolvido várias tecnologias a fim de aumentar a maciez em carnes tanto no período *ante mortem* quanto no *post mortem*.

Para o consumidor, a maciez da carne é a característica de maior influência na aceitação e determinação no poder de compra, sendo assim um importante parâmetro de qualidade da carne bovina.

A maciez da carne pode ser medida por meio subjetivo ou objetivo. No método subjetivo utiliza-se de painel sensorial. Já no objetivo, utiliza-se equipamentos, como o texturômetro, sendo a medida da força necessária para cisalhar a carne, a mais utilizada. Dentre todas as técnicas instrumentais, a que tem ganhado mais destaque é a técnica de lâmina única: *Warner Bratzler Shear Force* (WBSF), já que tem apresentado os resultados mais precisos na análise de maciez.

Todos os protocolos de determinação de força de cisalhamento são executados na carne cozida, sendo que o método de cozimento considerado padrão pela *American Meat Science Association* (AMSA) é o cozimento em grelha. No entanto, vários outros métodos de cozimento foram propostos na literatura científica, incluindo cozimentos em diferentes tipos de grelhas, em banho-maria ou assado em forno convencional; porém a maior dificuldade é a padronização destes métodos.

O cozimento em micro-ondas surge como um método de cozimento, para tentar solucionar os problemas relacionados à grande dificuldade de padronização e, conseqüentemente, a grande variação oriunda do processo de cozimento. No entanto, embora pesquisas tenham demonstrado o potencial de

uso do micro-ondas no protocolo de cozimento para a análise de maciez da carne, sua aplicação para este fim é ainda negligenciada.

Assim, conduziu-se, este trabalho, com o objetivo de avaliar o uso de micro-ondas como método de cozimento no protocolo *Warner Bratzler Shear Force* para a determinação da maciez da carne bovina, correlacionando os resultados com o protocolo padrão (cozimento por grelha) e com a avaliação sensorial.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Avaliação da maciez em carnes

A maciez da carne é a principal característica de aceitabilidade pelos consumidores, sendo fator determinante na decisão de compra do produto (ALARCON-ROJO; DRANSFIELD, 1995; CROUSE et al., 1993; KOOHMARAIE; GEESINK, 2006; NOWAK, 2011; WHIPPLE et al., 1990). Segundo Ramos e Gomide (2007) a maciez é considerada um atributo da textura, onde carnes macias são aquelas que apresentam textura macia e, ou, de pouca resistência ao corte.

Dentre os fatores que influenciam a maciez da carne, destacam-se: genética, raça, idade ao abate, sexo, alimentação, uso de agentes hormonais, aplicação de estimulação elétrica, suspensão pélvica, utilização de cloreto de cálcio, quantidade e natureza química do colágeno, extensão da proteólise pós-abate, velocidade da queda do pH, temperatura da carne no momento do *rigor mortis*, manejo de câmara fria e a maturação (HEINEMANN; PINTO; ROMANELLI, 2003).

A dificuldade de padronização da avaliação da textura é um dos principais problemas relacionados à qualidade da carne bovina (KOOHMARAIE, 1994; MARSHALL, 1994). A avaliação instrumental pela mensuração da força de cisalhamento tem sido a principal ferramenta utilizada em estudos envolvendo a textura da carne. No entanto, para que os resultados desses estudos possam ser analisados comparativamente, é necessário que os fatores de variação sejam minimizados. O tamanho e o formato da amostra, a orientação das fibras musculares, as condições do tratamento térmico que precede a análise e a temperatura das amostras no momento da análise são alguns dos parâmetros que devem ser padronizados, visando a maximizar a

correlação da avaliação instrumental com a percepção sensorial da maciez (POSTE et al., 1993).

Além disso, os fatores relativos ao equipamento também devem ser padronizados. Diferenças na espessura, no formato, no ângulo e no comprimento das lâminas comprovadamente influenciam os valores de força de cisalhamento (APPLE; RAKES; WATSON, 1999). Por isso, o governo dos Estados Unidos, por meio do *United States Department of Agriculture* (USDA), o órgão federal responsável pelos assuntos ligados à agropecuária, padronizou os procedimentos para avaliação da força de cisalhamento da carne (WHEELER; SHACKELFORD; KOOHMARAIE, 1997).

Métodos instrumentais de medida de força de cisalhamento (FC), como as técnicas com lâminas únicas, *Warner Bratzler Shear Force* (WBSF), *Square-Blade Shear Force* (SBSF) e *Slice Shear Force* (SSF); as com lâminas múltiplas, como a *Kramer Shear Press* (KSP) e as lâminas que simulam uma dentada, como a *Volodkevich Bite Jaws* (VBJ), têm sido usadas extensivamente para a mensuração objetiva da maciez de carne bovina, porém o protocolo de *Warner-Bratzler Shear Force* (WBSF) tem sido extensivamente mais usado nas pesquisas na área de carnes.

2.2 Protocolo Warner-Blatzler Shear Force (WBSF)

A ideia de medir a força de cisalhamento de uma amostra de carne cozida como uma indicação de sua maciez foi criada no final de 1920 por Warner e seus associados (WARNER, 1952). Posteriormente, as especificações do método, como forma da lâmina, espessura, velocidade de corte, etc., foram alteradas (BRATZLER, 1932). Desde então, uma série de estudos (BERRY; LEDDY, 1990; HOSTETLER; RITCHEY, 1964; MOODY; BEDAU;

LANGLOIS, 1978; MURRAY; MARTIN, 1980) foram realizados para avaliar os efeitos de vários parâmetros sobre a força de cisalhamento *Warner-Bratzler*.

A força de cisalhamento *Warner-Bratzler Shear Force* (WBSF) foi estabelecida como um padrão para a predição da maciez da carne por Smith, Carpenter e King (1969). Assim, os pesquisadores avaliaram protocolos WBSF e seus efeitos sobre valores de maciez subsequentes. A importância de padronizar a orientação das fibras musculares na amostra e as condições de cozimento sobre os valores de WBSF foi demonstrado (WHEELER et al., 1994) e as inúmeras variáveis que afetam WBSF, incluindo o descongelamento de carnes congeladas, a amostragem, a maturação, cozimento e perfuração, foram caracterizadas por Wheeler, Shackelford e Koohmaraie (1996).

A técnica de força de cisalhamento *Warner-Bratzler* permitiu proporcionar maior rendimento em relação aos painéis sensoriais treinados e adicionou um avanço no grau de objetividade. Para a carne *Longissimus dorsi*, foi demonstrado que a WBSF é altamente repetitiva quando os protocolos de medição são executados corretamente (WHEELER et al., 1994; WHEELER; SHACKELFORD; KOMARAIE, 1996, 1997).

Uma iniciativa para padronizar o protocolo para a determinação de força de cisalhamento, utilizando *Warner-Bratzler*, foi definida na *National Beef Tenderness Plan Conference*, em abril de 1994, com os seguintes procedimentos (AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION - AMSA, 1995).

1) Obtenção e preparo dos bifes

- a) Bifes de uma polegada de espessura devem ser removidos do contrafilé (*M. longissimus dorsi*), entre a 12^a costela e a quinta vértebra lombarda carcaça. Apenas um bife por animal é necessário

para a avaliação. Os bifes devem ser aparados e deles retirados a gordura e osso.

- b) Os bifes devem ser embalados a vácuo, com 14 dias de maturação (0 a 3 °C), depois devem ser congelados a -20 °C ou inferior, até que possam ser avaliadas numa data posterior.

2) Cozimento

- a) A temperatura interna da amostra no início do cozimento pode afetar a maciez, assim, esta variável deve ser normalizada. As amostras congeladas devem ser descongeladas entre 2°C e 5°C e não a temperatura ambiente. Para bifes de uma polegada de espessura (2,54 cm), o período de tempo é de cerca de 24 a 36 horas. Durante o descongelamento, evitar sobreposição e empilhamento das carnes para melhorar a consistência do processo de descongelamento.
- b) A temperatura interna da carne deve ser determinada antes do cozimento, não devendo ser cozida abaixo da faixa de temperatura de 2 a 5°C.
- c) A fim de reforçar a coerência entre as instituições, os bifes devem ser cozidos em grelha aberta (*Farberware Open Hearth*) ou em forno. As amostras devem ser cozidas de um lado até atingir uma temperatura interna de 40 °C e, então, o bife deve ser virado e mantido sob cozimento até atingir uma temperatura final interna de 71 °C.
- d) A temperatura deve ser monitorada com termopar com fios de cobre ou ferro, com diâmetros inferiores a 0,02 centímetros e limites especiais de erro de menos de 2°C.

3) Obtenção das amostras para cisalhamento

- a) A temperatura interna e o tempo de resfriamento do bife, após o cozimento devem ser padronizados antes da retirada das amostras. Recomenda-se dois métodos de resfriamento: durante a noite a 2-5 °C, antes da retirada da amostra (embrulhar com película de plástico para evitar a desidratação); ou deixar os bifes esfriarem à temperatura ambiente por um tempo padronizado, sendo necessário no mínimo 4 horas;
- b) As amostras devem ter 1,27 centímetros de diâmetro e serem removidas paralelas ao sentido longitudinal das fibras musculares, de modo que a ação de corte seja perpendicular ao sentido longitudinal das mesmas. Pode ser utilizado um molde para perfuração manual ou por um dispositivo automatizado. Os moldes utilizados nos dispositivos automáticos devem estar em bom estado e afiados ou a forma da amostra irá variar, resultando no aumento da variação dos valores de corte;
- c) Um mínimo de seis e máximo de oito amostras devem ser obtidas a partir de cada bife. Todos os valores obtidos devem ser utilizados para o cálculo da média, a menos que a observação visual indique alguma razão que determine o descarte de alguma amostra (por exemplo, um pedaço de tecido conjuntivo).

4) Cisalhamento das amostras

- a) O teste de maciez deve ser feito por meio de uma máquina de cisalhamento *Warner-Bratzler* ou uma máquina de testes

automatizados (texturômetro) com uma velocidade de cisalhamento fixada em 200mm/minuto.

2.3 Padronização dos procedimentos de análise

Os procedimentos analíticos envolvidos na determinação instrumental da maciez de carnes devem ser padronizados para que os erros possam ser reduzidos e os dados obtidos de outras instituições possam ser correlacionados (RAMOS; GOMIDE, 2007).

Vários fatores, como o teor de colágeno, a temperatura de cozimento, a direção das fibras musculares e a utilização de amostras cruas ou cozidas podem influenciar na determinação da força de cisalhamento. O teor de água presente na carne, a qual é dependente de fatores intrínsecos como a purga e a capacidade de retenção de água (CRA) também é um fator importante na determinação de maciez de carnes. Além desses, tem-se a perda de peso por cozimento (PPC), característica considerável da carne que está mais relacionada à sua suculência, a qual está ligada ao processo de facilidade no ato da mastigação e favorecimento do contato do aroma do produto com as papilas gustativas, sendo, portanto, atributo importante de qualidade da carne que deve ser considerado (AASLYNG et al., 2003).

Inúmeros fatores podem afetar os resultados das medições WBSF, mas quatro fatores têm sido amplamente debatidos pela comunidade científica: o método de cozimento e a temperatura final de cozimento (APPLE; RAKES; WATSON, 1999; KERTH; BLAIR-KERTH; JONES, 2003; LAWRENCE et al., 2001; MCKENNA et al., 2004; OBUZ; DIKEMANA; LOUGHIN, 2003; OBUZ et al., 2004; WHEELER et al., 1994; WHEELER; SHACKELFORD; KOOHMARAIE, 1996, 1998, 1999); a localização do bife, (CROUSE et al., 1993; JEREMIAH; MURRAY, 1984; WHEELER; SHACKELFORD;

KOOHMARAIE, 1996); e a orientação da amostra em relação às fibras musculares (FRANCIS et al., 1981; WHEELER et al., 1994; WHEELER; SHACKELFORD; KOOHMARAIE, 1996).

2.3.1 Músculo

O músculo mais utilizado na avaliação da maciez é o contrafilé (*M. Longissimus dorsi* – LD – ou *Longissimus thoracis et lumborum*), a partir do qual a dureza é determinada e usada como indicadora da maciez de outros músculos da carcaça. A preferência pelo LD se deve ao fato de ser um músculo de valor comercial relativamente alto e de sua amostragem ser facilmente obtida da carcaça. Outra vantagem é o fato de a determinação da maciez no LD conferir altas correlações com painéis sensoriais, o que não é frequentemente observado em outros músculos (RAMOS; GOMIDE, 2007).

Wheeler et al. (1994) estudaram a influência da localização dentro da parte cranial (*Longissimus thoracis*) do músculo LD, a partir da qual foram avaliadas amostras da região caudal, medial e cranial. Estes autores observaram que a posição no músculo não afetou a força de cisalhamento e concluíram que a localização não influencia na determinação da força de cisalhamento se amostras são obtidas paralelamente à orientação da fibra muscular, ou seja, quando o cisalhamento é feito no sentido perpendicular da direção das fibras musculares.

Entretanto, Shorthose e Harris (1991) e Shackelford, Weeler e Koohmaraie (1995, 1997) observaram que a força de cisalhamento obtida no músculo LD não é um bom indicador da dureza de outros músculos da carcaça pois esse músculo possui pouco tecido conectivo, não é estendido durante a pendura pelo tendão do músculo *gastrocnemius* e é muito susceptível ao encolhimento do sarcômero.

Shorthose e Harris (1991) afirmaram que a dureza do músculo *semitendinosus* (ST) é próxima do valor médio de todos os músculos da carcaça e, portanto, pode ser mais vantajosa a sua avaliação, isso se deve ao seu alto índice de tecido conectivo e resistência ao encolhimento do sarcômero. Entretanto, Shackelford, Weeler e Koohmaraie (1997) observaram que tanto a medida objetiva ($R = 0,56$) quanto a subjetiva ($R = 0,60$) de músculos ST não fornecem resultados com elevada repetibilidade quando comparado com o LD ($R = 0,78$ a $0,90$). Observaram ainda que a medida da força de cisalhamento difere significativamente de acordo com a localização da amostra no ST, com valores de WBSF variando ao longo de sua extensão, à medida que se aproxima da extremidade distal.

Segundo Ramos e Gomide (2007), quando há grandes diferenças entre amostras na força do tecido muscular, valores de força de cisalhamento não se correlacionam bem com a avaliação subjetiva da maciez. Em razão disso, correlações entre os valores de força de cisalhamento e escores sensoriais de maciez são maiores na avaliação de músculos de animais de mesma idade, decorrente da pouca interferência do tecido conectivo, porém menores quando músculos de animais de idades diferentes são comparados.

2.3.2 Coleta e amostragem dos bifes

A espessura dos bifes deve ser cuidadosamente controlada para alcançar um cozimento mais uniforme e acurado. Assim, uma maneira eficiente de se obter bifes de espessura uniforme é congelar ($-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) um músculo, ou uma seção muscular, no final do período de maturação ou de estudo, e cortá-lo na espessura correta utilizando serra fita ou um fatiador (RAMOS; GOMIDE, 2007). Se a amostra é descongelada antes do cozimento, o tempo e as condições do descongelamento devem ser padronizados.

Boles e Swan (2002), comparando as formas de estocagem de amostras de animais *B. indicus*, *B. indicus* × *B. taurus* e *B. taurus* resfriadas ou congeladas, encontraram por meio de análise sensorial diferenças significativas entre grupos genéticos e forma de estocagem das amostras, sendo que as amostras congeladas apresentaram menor força de cisalhamento. Shanks et al. (2002) também observaram menores valores de força de cisalhamento em carnes que foram congeladas após a maturação.

Grayson et al. (2014) observaram que, ao congelar as carne e posteriormente maturá-las, os valores de força de cisalhamento eram menores, indicando carnes mais macias. Segundo esses autores, o amaciamento foi resultante do favorecimento da proteólise e da formação de cristais de gelo na carne.

Aroeira (2014) avaliou o efeito do congelamento prévio à maturação sobre a maciez da carne de bovinos das raças Nelore e *Aberdeen Angus* e observou que o congelamento aumentou ($P < 0,05$) a purga, a perda por cozimento e as perdas de exsudado totais durante toda a maturação e, apesar de favorecer ($P < 0,05$) a proteólise durante a maturação nas carnes de ambas as raças, uma redução na força de cisalhamento foi observada ($P < 0,05$) apenas nas carnes de *Aberdeen Angus* e somente no tempo zero.

2.3.3 Cozimento dos bifés

O cozimento induz a mudanças estruturais e diminui a CRA que está ligada à suculência. Segundo Offer (1984) nas temperaturas entre 60 a 70 °C a rede do tecido conectivo e fibras musculares encolhem conjuntamente de modo longitudinal, e a extensão deste encolhimento aumenta com a temperatura. Em consequência, tem-se uma grande perda de água que acontece durante o cozimento. Presume-se que a água é expelida pela pressão exercida por este

encolhimento no tecido conectivo, exercendo influência na percepção sensorial de suculência nas amostras de carne.

Segundo Tornberg (2005) e Rowe (1989), durante o cozimento, as diferentes proteínas desnaturam e podem causar mudanças estruturais tais como: a destruição das membranas celulares, encolhimento transversal e longitudinal das fibras da carne, agregação e formação de gel de proteínas sarcoplasmáticas e o encolhimento e a solubilização do tecido conectivo. O encolhimento das fibras musculares inicia-se a 60 °C. Ao atingir temperaturas em torno de 65 °C inicia-se a agregação e formação de gel, responsável por aumento na maciez do produto. Por outro lado, Califano et al. (1997) argumentaram que, à medida que houve um incremento da temperatura para 65 °C e 75 °C, a textura do músculo *Semitendinosus* mostrou-se mais dura.

O método de cozimento afeta a maciez da carne. Quando há realização de pesquisa, o método de cozimento deve ser selecionado para simular práticas comuns de consumo, estar sujeito a controles experimentais, não afetar significativamente a palatabilidade e ofuscar os efeitos dos tratamentos (AMSA, 1995).

Os pesquisadores têm tentado identificar métodos de cozimento que são precisos e reproduzíveis. No entanto, identificar métodos de cozimento aceitáveis tem sido bastante difícil, porque, além de precisão e repetibilidade, eles também precisam ser eficientes e econômicos (SILVA, 2012).

Numerosos métodos de cozimento têm sido estudados para uso em pesquisa micro-ondas e fritura (CARPENTER; ABRAHAM; KING, 1968), assar (CROSS et al., 1979), forno de impacto (POWELL et al., 1990), vários métodos de grelhar e assar (BERRY; BIGNER, 1995; BERRY; LEDDY, 1990), e esteira de grelhar (WHEELER; SHACKELFORD; KOOHMARAIE, 1998).

Tentativas têm sido feitas para reduzir ou eliminar fontes de variação na medição de maciez da carne (WHEELER et al., 1994; WHEELER;

SHACKELFORD; KOOHMARAIE, 1996, 1997). O cozimento em grelha é provavelmente o método mais utilizado e é o método recomendado de acordo com a AMSA (1995).

Apple, Rakes e Watson. (1999) avaliaram o efeito de métodos de cozimento, em costeletas de lombo de suínos sob a força de cisalhamento. O método de preparação foi o mesmo (70°C de temperatura interna), tanto para a grelha aberta quanto para um forno de convecção comercial, sendo que os bifes cozidos no forno de convecção apresentaram menores valores de força de cisalhamento do que o das costeletas cozidas em uma grelha aberta (2,78 vs 2,98 kg, respectivamente) e além disso o método de cozimento não teve efeito sobre a porcentagem de perda de cozimento.

Uma pesquisa feita por Kerth, Blair-Kerth e Jones (2003) comparando três métodos de cozimento (grelha ondulada (*clamshell*), forno e grelha contínua (*beltgrill*), mostrou que: a temperatura final de cozimento não diferiu entre os métodos; o tempo de cozimento foi menor para o método grelha tipo concha e mais longo para o forno; e a perda por cozimento para o método de grelha tipo concha foi 3,8 e 4,9% maior do que o forno e a grelha tipo grade, respectivamente.

Wheeler et al. (1994) confirmaram que o método de cozimento pode influenciar a força de cisalhamento. Da mesma forma, estudos de satisfação do consumidor (LORENZEN et al., 1999; NEELY et al., 1998, 1999; SAVELL et al., 1999) mostraram que o método de cozimento pode afetar avaliações dos consumidores de carne bovina. Lorenzen et al. (2003) relataram que é difícil relacionar informações de maciez obtidas do consumidor com estudos para medidas objetivas.

Francis et al. (1981)comparam o cozimento em forno de convecção, grelha, grelhadores elétricos, e um forno de ar quente e relataram que o tempo de cozimento na grelha foi o menor e para o forno de ar quente foi o maior

($P < 0,05$) e, em geral, que quanto mais elevada a temperatura final e grau de cozimento maior a força de cisalhamento, maior a perda por cozimento, e que a repetibilidade variou entre eles.

Hostetler e Dutson (1978) avaliaram o uso de forno micro-ondas como método de cozimento para o protocolo de maciez e concluíram que este possui enorme potencial de uso em razão da sua rapidez de execução e correlação significativa com os valores de FC e do painel sensorial de amostras grelhadas, embora as amostras cozidas no micro-ondas tenham apresentado valores de WBSF maiores do que os das amostras cozidas em grelha.

Fernandez (2012) comparou em seu trabalho, os métodos de cozimento em grelha e por micro-ondas, cozinhando cortes de lagarto (*M. semitendinosus*) bovino em grelha e em micro-ondas (por 20, 30, 40, 50 e 60 segundos) e avaliando quanto a PPC e FC, pelo método de *Warner-Blatzer Shear Force*. Para PPC, no cozimento em micro-ondas foi ($P < 0,05$) menor para o tempo de 20 segundos, e quando feita a correlação entre a PPC de todos os tempos de cozimento em micro-ondas e o cozimento em grelha, observou-se que não houve correlação ($P < 0,05$). Amostras cozidas por tempos maiores que 40 segundos no micro-ondas apresentaram elevada repetibilidade (0,60 a 0,90). Os valores de WBSF não apresentaram diferença em relação aos tipos de cozimento. O autor ainda observou alta correlação (0,62 a 0,73) significativa ($P < 0,05$) para o cozimento por micro-ondas nos tempos de 20,30 e 60 segundos, entretanto, a repetibilidade de todos os tratamentos não foi aceitável ($r < 0,60$). Assim, segundo este autor, o método de cozimento por micro-ondas apresentou-se viável para a avaliação da WBSF em protocolos de maciez, sendo sugerido o tempo de cozimento de 30 segundos nas condições do teste.

Silva (2012) comparou os métodos de cozimentos em grelha e por micro-ondas e seus efeitos na perda por cozimento e FC da carne bovina, avaliados pelo protocolo *Slice Shear Force* (SSF). Cortes de lagarto (M.

semitendinosus) bovino foram cozidos em grelha e em micro-ondas (por 30, 40, 50 e 60 segundos). Para a PPC, apenas o cozimento em micro-ondas por 40 segundos não diferiu ($P>0,05$) do cozimento em grelha. Foram observadas correlações significativas ($P<0,05$) para a PPC entre o cozimento em grelha e por micro-ondas para os tempos de 40, 50 e 60 segundos (0,53-0,59). Para a repetibilidade da PPC, com exceção do tempo de 30 segundos, os demais tratamentos (0,70-0,91) atenderam a premissa do protocolo da AMSA (1995). Para a SSF, apenas o cozimento em micro-ondas por 30 segundos não diferiu ($P>0,05$) do cozimento em grelha. Foram observadas correlações significativas ($P<0,05$) para a SSF entre o cozimento em grelha e por micro-ondas para os tempos de 30, 40 e 50 segundos (0,61-0,68). No entanto, apenas os tempos de 50 (0,62) e 60 segundos (0,77) apresentaram coeficientes de repetibilidade da SSF maiores que 0,60. O autor então sugeriu o tempo de cozimento em micro-ondas por 50 segundos, já que se apresentou viável para a avaliação da PPC e da SSF.

De acordo com Wheeler, Shackelford e Koohmaraie (1996), estudos apontam que a variação da temperatura inicial dos bifes antes do cozimento pode afetar a análise de maciez da carne. Estes estudos foram confirmados por Wheeler, Shackelford e Koohmaraie (1997), os quais observaram que à medida que a temperatura interna inicial do bife aumenta (-2 a 12 °C), a força de cisalhamento diminui. O efeito da baixa temperatura sobre a maciez da carne cozida parece ser decorrente de um aumento na desnaturação protéica num tempo de cozimento prolongado, com conseqüente maior perda de água durante o cozimento.

Para Ramos e Gomide (2007), o tempo que o bife permanece fora do refrigerador antes do início do cozimento, também deve ser minimizado e padronizado, controlando assim, as fontes de variação da temperatura inicial dos bifes.

2.3.4 Obtenção das amostras para cisalhamento

A temperatura dos bifes antes da retirada de corpos de prova também tem sido foco de discussão. Crouse e Koohmaraie (1990) não relataram diferença na força de cisalhamento de amostras deixadas entre 2 e 4 horas à temperatura ambiente ou sob refrigeração no período de 4 a 24 h a 3°C. Hedrick et al. (1968) não encontraram diferença na força de cisalhamento de bifes grelhados usando amostras de 1,27 cm de diâmetro, cortadas 5 minutos depois do cozimento ou após 24 h a 3°C. No entanto, Williams, Field e Riley (1983) relataram que os bifes que foram mantidos por 2 h a 20°C foram mais macios do que os mantidos de 24 a 68 h a 4°C, mas essa diferença não foi evidente em músculos *biceps femoris*.

A direção das fibras musculares em relação ao eixo da lamina de cisalhamento é um fator importante e de grande influência sobre a medida da força de cisalhamento, desta forma a obtenção das amostras para cisalhamento devem levar em conta a direção das fibras musculares no bife. Erros na medição da força de cisalhamento não são reduzidos com o aumento do número de amostras, em razão das variações no ângulo da direção das fibras musculares de amostras obtidas perpendicularmente à superfície da carne. Assim, o ângulo da fibra muscular deve ser controlado para reduzir o erro experimental e, por consequência, evitar equívocos na interpretação de resultados (MURRAY; MARTIN, 1980).

Wheeler et al. (1994) observaram que quando as amostras são retiradas paralelamente a orientação das fibras uma maior diferença nos cortes dos animais é obtida e, assim, tem-se um maior poder de discriminação do que quando comparado aos cortes feitos perpendicularmente a orientação das fibras. Murray e Martin (1980) também relataram que a força de cisalhamento foi maior nas amostras removidas paralelamente à orientação das fibras do que quando

removidas perpendicularmente à superfície da carne. Penfield, Barker e Meyer (1976) conduziram um experimento em que as amostras cisalhadas perpendicularmente à orientação longitudinal das fibras musculares apresentaram valores de WBSF médios maiores que os valores de amostras cisalhadas paralelamente às fibras musculares.

A direção da fibra muscular durante o cisalhamento, no entanto, não parece ser importante quando da obtenção das amostras de forma mecânica. Francis et al. (1981), comparando a força de cisalhamento, de amostras removidas manualmente, paralelas à orientação das fibras, e amostras removidas mecanicamente, perpendicularmente a superfície do bife, não observaram diferença entre os dois métodos.

Dentre os fatores que mais influenciam WBSF, a orientação das amostras em relação às fibras musculares tem, talvez, o maior impacto, uma vez que é difícil de remover as amostras uniformemente (SILVA et al., 2014). Para obter os dados mais precisos e repetíveis, as amostras devem ser orientadas paralelamente ao eixo das fibras musculares (WHEELER et al., 1994; WHEELER; SHACKELFOR; KOOHMARAIE, 1996).

Em razão da dificuldade na obtenção de amostras de tamanho uniforme com 1,27 cm de diâmetro, vários pesquisadores (AMARAL et al., 2013; BRESSAN et al., 2011; DÍAZ et al., 2008; HILDRUM et al., 2009; IVERSEN et al., 1995; KADIM et al., 2004; MONSÓN; SAÑUDO; SIERRA, 2004; REES; TROUT; WARNER, 2002) optaram por usar amostras quadradas para análise WBSF (cisalhamento com um *V-Blade*). Thiel, Brownlee e Parrish Júnior (1997) compararam a utilização de amostras cilíndricas e quadradas em protocolos WBSF e observaram que para a remoção das amostras quadradas, é necessário menos força quando retiradas as amostras, que não houve interrupção de movimento e ainda observaram uma maior facilidade de reconhecimento da orientação das fibras musculares.

A forma e tamanho da amostra também tem efeito na força de cisalhamento. De acordo com Thiel, Brownlee e Parrish Júnior (1997) e Silva et al. (2014), é necessário uma menor força para cisalhar amostras cilíndricas do que amostras retangulares.

Silva et al. (2014) realizaram um estudo para investigar o efeito da amostragem na determinação da força de cisalhamento, usando o protocolo *Warner-Bratzler*, para a carne bovina e lombos suínos e , ainda determinou a relação entre eles. Bifes de 2,54 cm de carne bovina e suína foram preparados e cinco amostras cilíndricas e cinco amostras quadradas de cada bife foram levadas para a avaliação da força de cisalhamento. Eles observaram que a amostragem teve influência em ambos os valores de força de cisalhamento, porém a carne suína apresentou valores mais elevados ($P < 0,05$), que houve uma relação forte e linear ($P < 0,01$) entre as amostras cilíndricas e quadradas para a carne bovina ($R^2 = 0,78$), carne suína ($R^2 = 0,70$) e para as amostras de carne bovina + carne suína ($R^2 = 0,82$). Assim, segundo estes autores, estes resultados indicam que é viável a utilização de amostras quadradas na determinação de força de cisalhamento pelo protocolo *Warner-Bratzler* como um método alternativo e potencial para padronizar amostragem para medições de forças de cisalhamento, sendo denominado *Warner-Blatzler Square Shear Force - WBSF*).

Segundo a AMSA (1995), um mínimo de seis e máximo de oito amostras devem ser obtidas a partir de cada bife, porém Wheeler, Shackelford e Koohmaraie (1996) relataram que quando retiradas cinco amostras, a repetibilidade do teste WBSF foi alta e que quando retiradas mais de cinco, não foi observada melhora na repetibilidade. Silva et al. (2014) também observaram alta repetibilidade usando cinco amostras de cada bife.

2.3.5 Velocidade de cisalhamento

A máquina de *Warner-Bratzler* original foi concebida para cisalhar a amostra a 9 polegadas/min (229 mm/min). Entretanto, Wheeler, Shackelford e Koohmaraie (1997) observaram que nos testes com texturômetros a velocidade de corte aumentou e que a força de cisalhamento diminuiu. Estes autores sugeriram que velocidades entre 200 a 500 mm/min devem ser utilizadas para se obter valores comparáveis às máquinas *Warner-Bratzler* original. O protocolo da AMSA (1995) padronizou a velocidade de cisalhamento em 200 mm/min (3,33 mm/s).

2.4 Micro-ondas como método de cozimento

O termo 'micro-ondas' é usado para os comprimentos de onda medidos em centímetros aproximadamente de 0,1 cm ou em faixas de frequências entre 300 MHz e 300 GHz (YARMAND; HOMAYOUNI, 2010). No espectro eletromagnético a faixa das "micro-ondas" situa-se entre as faixas de radio-frequência e as do infravermelho (Figura 1).

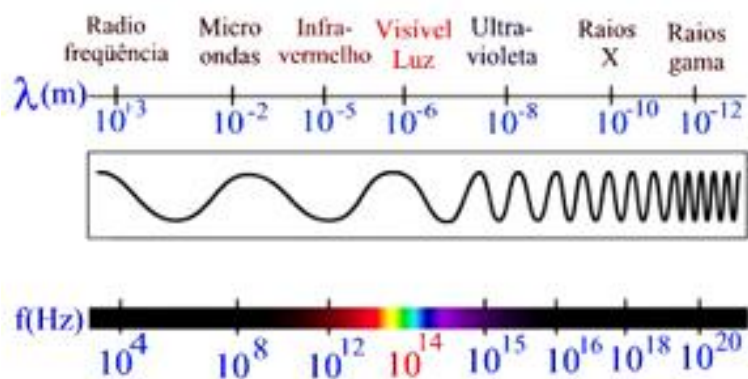


Figura 1 Espectro eletromagnético

Fonte: www.rc.unesp.br

O forno de micro-ondas é um equipamento que passou a fazer parte da maioria dos lares nas duas últimas décadas. Talvez o ponto mais favorável na sua utilização, em relação ao fogão, está relacionado com o menor tempo requerido para efetuar o cozimento dos alimentos (BARBOZA et al., 2001). Por exemplo, uma batata pode ser cozida em aproximadamente 8 minutos, enquanto que seriam requeridos 45 minutos em um forno convencional (WATKINS, 1983). Em laboratórios de química o forno de micro-ondas pode ser utilizado para auxiliar em trabalhos rotineiros, tais como: preparo de amostras analíticas, esterilização de materiais, secagem de vidrarias etc. Em muitos casos o equipamento utilizado não é um forno doméstico, mas sim projetado para atender às necessidades requeridas (ARRUDA; SANTELLI, 1997).

Um dos mais interessantes aspectos relacionados com o forno de micro-ondas é o aquecimento seletivo. Diferente do forno elétrico ou de combustão, onde todos os corpos que estão no interior do forno sofrem aquecimento, no forno de micro-ondas o aquecimento dependerá do material presente no seu interior (dependerá fundamentalmente da constante dielétrica e da frequência de relaxação do material). Assim, é comum observar que partes do recipiente que contém o alimento recém aquecido no forno de micro-ondas, mas que não estão em contato direto com o mesmo continuam na temperatura próxima à do ambiente (BARBOZA et al., 2001).

O aquecimento por micro-ondas não só fornece uma ferramenta alternativa, mas também melhora o rendimento e a repetibilidade (YARMAND; HOMAYOUNI, 2010).

Nos fornos de micro-ondas comuns a distribuição de energia é desigual no interior da câmara, resultando em aquecimento desigual do material. A virada de rotação da mesa é utilizada dentro do forno para fazer a distribuição de energia igualmente na amostra (YARMAND; HOMAYOUNI, 2010).

É necessário cerca de 75% menos energia para cozimento em micro-ondas ou de aquecimento, em comparação com os métodos convencionais (QUENZER; BUMS, 1981).

2.4.1 Funcionamento de um forno de micro-ondas

O “coração” do forno de micro-ondas é uma válvula (magnetron) que gera micro-ondas. Ela consiste de um dispositivo sob vácuo, que converte energia elétrica em micro-ondas. Uma diferença de potencial constante é aplicada entre o ânodo (que é um cilindro circular oco) e o cátodo. Os elétrons são acelerados do cátodo para o ânodo, mas a presença de um forte campo magnético (produzido por um eletroímã colocado entre os dois polos) faz com que os elétrons descrevam uma trajetória curva e sigam um caminho em espiral, produzindo radiofrequência (ZLOTORYNSKI, 1995).

Posteriormente, por um mecanismo mais complexo, ocorrerá a emissão de ondas eletromagnéticas por uma antena colocada diretamente sobre o ânodo. As ondas produzidas serão guiadas por um guia de onda até a cavidade contendo o material a ser aquecido (BARBOZA et al., 2001). As paredes metálicas do forno absorvem muito pouco da energia. A maior parte é refletida e dissipada em um dispositivo (*dummyload*), que evita que as micro-ondas danifiquem a válvula (ZLOTORYNSKI, 1995).

A quantidade de calor produzida depende da constante dielétrica, do tamanho da molécula e da viscosidade. No entanto, a dissipação de energia, que leva a produção de calor, também varia com a temperatura e significativamente com a frequência do micro-ondas utilizada. Em relação a esta última variável, mesmo utilizando uma frequência ressonante com a frequência de relaxação dielétrica, muitas vezes, a produção de calor, para uma dada substância, é pequena, pois pode ocorrer baixa penetração das ondas eletromagnéticas no

material. A penetração da radiação eletromagnética é inversamente proporcional à sua frequência (ZLOTORYNSKI, 1995).

2.4.2 Micro-ondas e o aquecimento de alimentos

Ao contrário dos raios gama e raios-X, a energia gerada por micro-ondas é suficiente para mover os átomos de uma molécula, porém não muda seus limites químicos. Água, carbono, e os alimentos ricos em água são bons absorvedores de micro-ondas, enquanto termoplásticos, vidro e cerâmica não podem absorver completamente (YARMAND; HOMAYOUNI, 2010).

O micro-ondas opera em aproximadamente 2450 MHz; nesta frequência, a absorção da água não é máxima, no entanto foi otimizada para permitir máxima penetração de micro-ondas nos alimentos. O elevado conteúdo de água nos alimentos faz com que a dissipação de energia seja grande. Com a passagem de micro-ondas em certo material que possui água, a direção do campo muda. Portanto, tão logo as moléculas de água sofram certo alinhamento parcial, a direção do campo reverte, e as moléculas sofrem um re-alinhamento. O alinhamento e re-alinhamento das moléculas com elevada frequência produzem grande quantidade de calor, levando ao cozimento do alimento (BARBOZA et al., 2001).

A penetração das micro-ondas e a conversão de energia de micro-ondas em energia térmica, para aquecer o alimento, ocorrem instantaneamente. A profundidade de penetração, 2-3 cm, depende, em parte, da potência de saída do forno. A potência máxima disponível depende do micro-ondas, a maioria opera com 600-700-W, embora o nível de potência em alguns seja tão baixa quanto 400W. Além disso, a maior parte dos micro-ondas proporcionam níveis mais baixos de energia para o descongelamento ou para cozinhar alimentos que

seriam preparados convencionalmente a baixas temperaturas (PENFIELD; CAMPBELL, 1990).

No processo de descongelamento dos alimentos, o tempo requerido é geralmente elevado. Isto se deve ao fato de que a mobilidade das moléculas de água nos cristais de gelo é muito menor. No gelo, a penetração das micro-ondas é maior (JAMES; JAMES, 2010; MURANO, 2003; PENFIELD; CAMPBELL, 1990; YILMAZ; ARICI; GÜMÜS, 2005), mas a energia dissipada é aproximadamente 170 vezes menor que para a água líquida a 25°C (ZLOTORYNSKI, 1995).

Assim, apesar de potencialmente muito rápida, a aplicação de micro-ondas no descongelamento é limitada em razão da instabilidade e a profundidade de penetração. A profundidade de penetração das micro-ondas depende do material e é negativamente relacionada à capacidade de absorção de energia. A instabilidade é resultado da absorção preferencial de energia por secções mais quentes e por diferentes componentes presentes na carne, como gordura (PENFIELD; CAMPBELL, 1990; YARMAND; HOMAYOUNI, 2010).

Para se evitar o aquecimento desuniforme pode se recorrer à redução da potência. Entretanto, esta redução não implica na redução contínua da potência, mas sim em uma redução intermitente da potência total, ou seja, o aparelho trabalha em ciclos (liga-desliga) de potência. O cozimento com 30% da potência máxima do micro-ondas, por exemplo, envolve um total de funcionamento de 30% do tempo na potência máxima e os 70% restantes sem aplicação de micro-ondas. Durante os períodos sem aplicação de energia, o calor é conduzido de uma área mais quente para uma área mais fria, reduzindo um superaquecimento localizado (PENFIELD; CAMPBELL, 1990).

Assim, os ciclos que ocorrem com a redução da potência é particularmente benéfico no descongelamento, mas implica em maior tempo de cozimento. Aumento no ciclo de ligar e desligar, para permitir períodos de

equalização, fazem com que a porção que não é aquecida por micro-ondas, seja aquecida por condução (JAMES; JAMES, 2010; MURANO 2003; YILMAZ; ARICI; GÜMÜS, 2005).

Um potencial problema na redução da potência no micro-ondas reside na variação do tempo de duração entre os ciclos (ligar-desligar) existente entre aparelhos de diferentes marcas. Se a duração do ciclo é longa e o tempo de cozimento do alimento é muito curto, a redução da potência pode não surtir efeitos práticos (PENFIELD; CAMPBELL, 1990). O tempo de duração dos ciclos não é informado nos equipamentos de micro-ondas comerciais.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Tecnologia de Carnes e Derivados (LabCarnes) do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA.

3.1 EXP1: Definição do tempo de cozimento da carne em forno micro-ondas

Todo o experimento foi conduzido utilizando um forno de micro-ondas de 800 W e 2450 MHz (Eletrolux, modelo MEF33).

3.1.1 Determinação da repetibilidade e potência do micro-ondas

Para verificar a repetibilidade de aquecimento do forno de micro-ondas, foram realizados ensaios (em triplicata) de aquecimento de acordo com metodologia proposta por Barboza et al. (2001). Um béquer de 200mL contendo 100 mL de água foi posicionado no centro do forno e o aquecimento na potência máxima, foi realizado de 0 a 160 segundos, medindo-se a temperatura a cada 10 segundos. A determinação da temperatura foi realizada com um termômetro de vidro, após prévia agitação da água presente no recipiente. A partir destes dados foi construído um gráfico de temperatura em função do tempo.

A determinação da potência máxima no micro-ondas foi realizada pela medida indireta da elevação da temperatura da água após aquecimento por um tempo estabelecido (KINGSTON; JASSIE, 1988). Em um béquer de 2L foi colocado 1L de água e o aquecimento realizado por 120 segundos, nas potências programadas de 20, 40, 60, 80 e 100%. A potência (P) foi determinada pela razão entre a energia absorvida pela água ($nC_p\Delta T$) e o tempo de irradiação:

$$P = nC_p\Delta T/t,$$

Em que:

n = número de moles de água;

C_p = capacidade calorífica molar da água;

ΔT = variação de temperatura observada; e

t = tempo de irradiação.

3.1.2 Determinação do tempo de cozimento em micro-ondas

Peças de contrafilé (*M. Longissimus thoracis*) bovino foram adquiridas no mercado local, dentro da data de validade e com o selo de Inspeção Federal, sendo congeladas em freezer comercial (-18°C) e serradas transversalmente para a obtenção de bifes de 2,5 cm de espessura.

Os bifes congelados foram mantidos em geladeira (4°C) por duas horas para descongelamento parcial. Cerca de um centímetro da borda lateral do bife foi removido e dois pedaços de 5,0 x 5,0 x 2,5 cm de dimensão obtida com ajuda de um molde (Figura 2).

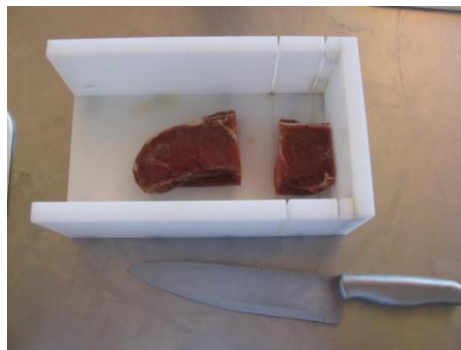


Figura 2 Molde utilizado para obtenção das amostras

As amostras foram individualmente pesadas e colocadas em recipiente forrado com papel toalha. Foram então cobertas com outro pedaço de papel toalha e cozidas em micro-ondas em diferentes tempos (60, 70, 80, 90, 100, 110 e 120 segundos) na potência máxima (800 W). A temperatura inicial (antes do cozimento) e final (imediatamente após o cozimento) de cada amostra foi registrada com a ajuda de um termômetro de penetração (TD-880 147, tipo T, ICEL) inserido no ponto frio (centro geométrico do bife) para acompanhar a temperatura final de cozimento.

Foram realizadas 20 repetições por tempo de cozimento, sendo escolhido o tempo em que a temperatura final da amostra foi a mais próxima da temperatura de cozimento (71°C), considerada padrão pela AMSA (1995) para os protocolos de força de cisalhamento.

3.2 EXP2: Avaliação do cozimento por micro-ondas

O experimento foi conduzido no Laboratório de Tecnologia de Carnes e Derivados (LabCarnes) do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA.

3.2.1 Animais e amostragem

Cortes de contrafilé (*M. Longissimus thoracis*) bovino de 43 animais da raça Tabapuã foram obtidos em parceria com o Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Os músculos foram embalados a vácuo e aleatoriamente maturados (1°C) por 0, 14 e 28 dias para obtenção de diferentes graus de maciez. O grau de maturação de cada peça, após o período de armazenamento, foi determinado pela análise do índice de fragmentação miofibrilar (IFM).

Após a maturação, cada contrafilé foi congelados em freezer comercial (-18°C) e serrados transversalmente em bifes de 2,5 centímetros de espessura. Em cada peça foram obtidos seis bifes adjacentes que foram numerados e agrupados para a condução do experimento: os bifes 3 e 6 foram designados para análise sensorial; bifes 2 e 5 para as repetições da análise WBSF por micro-ondas; e bifes 1 e 4 para as repetições da análise WBSF pelo protocolo oficial (grelha).

3.2.2 Cozimento em grelha (Gr)

Os bifes 1 e 4 de cada contrafilé foram descongelados, em geladeira (4 °C) por 24 horas, e a gordura externa removida antes do cozimento em grelha.

Para o cozimento das amostras, foi utilizado o protocolo proposto por AMSA (1995) e descrito por Ramos e Gomide (2007), com algumas modificações. Os bifes foram individualmente pesados e um termômetro de penetração (TD-880 147, tipo T, ICEL) inserido no ponto frio (centro geométrico do bife), para acompanhar a temperatura de cozimento. O bife foi, então, cozido em grelha (Grill Britânia, modelo Mega) pré-aquecida por 10 minutos. Uma vez que a temperatura dos bifes continuava a subir (5 a 6 °C) após o cozimento, eles foram removidos quando a temperatura alcançou 68 °C, sendo a temperatura máxima registrada. Após alcançar a temperatura final, os bifes foram mantidos à temperatura ambiente por 30 minutos, novamente pesados para a determinação da perda de peso por cozimento (PPC), embalados em sacos plásticos e armazenados em geladeira (4°C) por 24 horas antes da obtenção das amostras para a análise da força de cisalhamento.

De cada bife, cinco amostras cilíndricas de 1,27 cm de diâmetro foram obtidas, paralelamente à direção das fibras musculares, com a ajuda de um molde, conforme preconizado pela AMSA (1995).

3.2.3 Cozimento em micro-ondas (Mw)

Os bifes 2 e 5, ainda congelados, foram mantidos em geladeira (4°C) por duas horas para descongelamento parcial (temperatura interna próxima de -2°C). Cerca de um centímetro da borda lateral de cada bife foi removida e dois pedaços de 5,0 x 5,0 x 2,5 cm de dimensão obtidos com a ajuda de um molde.

Os pedaços ainda congelados foram individualmente pesados, colocados em recipiente forrado com papel toalha, coberto com outra folha de papel toalha e cozido em forno micro-ondas na potência máxima (Mw100), por tempo suficiente para alcançar a temperatura interna de 71 °C, determinado na primeira etapa (item 3.1). Como o micro-ondas funciona em ciclos de aquecimento, decidiu-se usar 60% da potência programada (Mw60), por um tempo equivalente de cozimento, para evitar zonas de superaquecimento e favorecer a uniformidade de cozimento dos pedaços.

Após o cozimento, os pedaços foram mantidos à temperatura ambiente por 30 minutos e novamente pesados, sendo a perda de peso por cozimento (PPC) determinada. Em seguida, de cada pedaço foram obtidas 5 amostras retangulares de 1,0 x 1,0 x 2,5 cm, paralelas a direção das fibras, com a ajuda de um molde.

3.2.4 Análise da força de cisalhamento

O teste de *Warner-Bratzler Shear Force* (WBSF) foi conduzido segundo protocolo descrito por AMSA (1995) e Ramos e Gomide (2007), utilizando um texturômetro universal (*Stable Micro Systems*, modelo TA.XTplus).

As amostras, cilíndricas (Gr) ou retangulares (Mw), foram completamente cisalhadas, perpendicularmente às fibras musculares, por uma lâmina tipo *Warner-Bratzler*, a uma velocidade de 200 mm/minuto. A força

máxima (N) obtida nas 5 amostras de cada pedaço e de cada tratamento foi anotada e a média considerada para a análise estatística.

3.3 Análise Sensorial

Todos procedimentos experimentais da análise sensorial foram submetidos à apreciação, aprovado (número do parecer 978.43) e consubstanciado pelo CEP da Universidade Federal de Lavras (UFLA) antes do início do experimento. A intensidade da dureza foi analisada por um painel sensorial treinado, segundo metodologia descrita por Cross, Moen, e Stanfield (1978), que consistiu em 4 etapas: entrevista pessoal; seleção; treinamento e avaliação do desempenho.

Na entrevista pessoal foram recrutados 30 participantes, sendo estes solicitados a responder a um questionário (Figura 3) que avaliou a saúde, o grau de interesse, a disponibilidade de tempo, o nível de aceitação pela carne bovina e a habilidade para descrever o atributo sensorial analisado.

QUESTIONÁRIO DE RECRUTAMENTO

Estamos realizando um trabalho intitulado: Uso de micro-ondas como método de cozimento no protocolo de avaliação da maciez da carne bovina. Caso você tenha interesse em participar, preencha o questionário e nos retorne o mais rápido possível. Caso tenha alguma dúvida, entre em contato pelo e-mail d-guimaraes2@hotmail.com.

1. Nome: _____
 Telefone Celular: _____
 E-mail: _____

2. Você consome carnes?
 Sim Não

3. Com que frequência?
 diariamente 5x por semana 3x por semana
 2x por semana menos de uma vez por semana

4. Você possui algum tipo de patologia (diabetes, hipertensão, alergia...)?
 Sim Não
 Se sim, qual? _____

5. Cite um corte cárneo que você considere macio e que você considere duro:
 Duro: _____
 Macio: _____

6. Sexo:
 Feminino Masculino

7. Idade:
 18 a 30 anos 31 a 50 anos 51 a 60 anos
 61 a 70 anos acima de 71 anos

8. Grau de Instrução:
 Ensino Fundamental Ensino Médio Superior Incompleto
 Superior Completo Pós-Graduação

9. Qual sua renda mensal:
 R\$ 510 a 2040 R\$ 2050 a 4080 R\$ 4090 a 6120
 R\$ 6130 a 8160 mais de R\$ 8170

10. Para definir o conceito referente à determinação de maciez das carnes será feito um Grupo de Foco (entrevista em grupo), que dura aproximadamente 40 minutos, onde serão feitos testes e posterior análise das amostras e nas semanas subsequentes. Você gostaria de participar?
 Sim Não

11. Se sim, quais os horários?

	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Manhã (8h às 10h)					
Manhã (10 às 12h)					
Tarde (13 às 14h)					
Tarde (14 às 16h)					
Tarde (16 às 18h)					
Noite (a partir de 18h)					

12. Até que dia do ano de 2014 você poderia participar deste trabalho?

Figura 3 Questionário para recrutamento para avaliação sensorial

Com base nas respostas da entrevista, seguiram para a etapa de seleção aqueles participantes que apresentaram interesse pelo treinamento, disponibilidade de tempo, afinidade pelo produto, conhecimento sobre termos descritivos e condições de saúde que não comprometam às análises, sendo então selecionados 22 participantes.

Procedeu-se, então, à seleção dos julgadores que apresentaram o poder discriminatório avaliado por meio do Teste Triangular, de acordo com a metodologia descrita pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1993). A análise foi realizada em cabines individuais, sendo os julgadores orientados a avaliar as amostras e indicar qual delas era diferente, utilizando uma ficha de avaliação (Figura 4). Os julgadores receberam amostras de carnes macias (contrafilé maturado por 7 dias) e amostras de carne dura (contrafilé não maturado e que sofreu rigor de descongelamento). Foi utilizada a Análise Sequencial de *Wald* descrita por Garruti (1976) e Shirose (1977), com os dados de cada candidato colocados no gráfico das curvas limites de aceitação e de rejeição. Após o período de seleção, os julgadores localizados na região de aceitação foram selecionados para o treinamento, sendo selecionados 11 julgadores.

Nome: _____ Data: _____
Você está recebendo três amostras de carne. Duas amostras são iguais e uma é diferente. Por favor, prove as amostras da esquerda para a direita e identifique com um círculo a amostra quanto a TEXTURA.

Comentários: _____

Figura 4 Modelo de ficha do teste triangular empregado na seleção dos julgadores

O treinamento teve como objetivo familiarizar os julgadores com os procedimentos do teste e melhorar as suas habilidades de reconhecer e identificar os atributos sensoriais e a sensibilidade para memorizar os atributos de teste. Isto permitiu um julgamento preciso e consistente.

O líder do painel se certificou que os julgadores entenderam as metodologias, escalas, fichas e terminologias empregadas no teste. Os julgadores avaliaram as amostras utilizando uma escala estruturada (Figura 5).

Ficha de avaliação sensorial	
Nome:	Data:
Número da amostra:	
Por favor, avalie a amostra servida quanto a TEXTURA e indique, segundo a escala abaixo, o grau de maciez.	
(1) extremamente macia	
(2) muito macia	
(3) moderadamente macia	
(4) ligeiramente macia	
(5) ligeiramente dura	
(6) moderadamente dura	
(7) muito dura	
(8) extremamente dura	

Figura 5 Modelo de ficha do teste com escalada estruturada

Para condução da análise sensorial das amostras do experimento, os bifes foram cozidos em grelhas conforme o item 3.2.2, cobertos por papel alumínio e mantidos a 50°C em caixa térmica. Imediatamente antes da avaliação pelos julgadores os bifes foram cortados em paralelepípedos de 1,0 x 1,0 x 2,5 cm (com o comprimento paralelo às fibras musculares) e imediatamente servidos de forma monádica.

3.4 Índice de fragmentação miofibrilar

Para a avaliação do grau de proteólise da estrutura miofibrilar durante o processo de maturação, as amostras foram avaliadas pelo teste de índice de

fragmentação (IF), segundo protocolo proposto por Calkins, Davis e Sanders (1980), com pequenas modificações sugeridas por Ramos e Gomide (2007). Cerca de 10 g de músculo (sem gordura e tecido conectivo aparente) foram homogeneizados (Turratex TE 102; TECNAL, Piracicaba, SP, Brasil) em 50 mL de solução refrigerada (4°C) de sacarose 0,25 mol x L⁻¹ e KCl 2 m mol x L⁻¹, a uma velocidade de 15.000 rpm, por cerca de 40 segundos. O homogenato obtido foi filtrado a vácuo (bomba de vácuo NOF-650; New Pump, Brasil) em uma tela de náilon de 250 µm, sendo o resíduo remanescente transferido para um papel filtro, previamente seco e pesado. O conjunto foi mantido à temperatura ambiente por 10 minutos e, então, novamente pesado. O peso do resíduo foi determinado por diferença e multiplicado por 100 para expressar os valores de IF. Menores valores de IF indicam maior proteólise da estrutura miofibrilar.

3.5 Análise Estatística

A avaliação da repetibilidade e potência do micro-ondas foi conduzida por análise descritiva. Para a determinação do tempo de cozimento em micro-ondas, os dados de temperatura foram avaliados por análise de regressão no *software* SAS, versão 9.2 (*Statistical Analysis System - SAS Institute Inc., Cary, NC, USA*), em que os modelos foram selecionados de acordo com a significância e ajuste.

Para avaliação do micro-ondas como método de cozimento, o experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três tratamentos (Grelha, Mw60 e Mw100), sendo avaliados (ANOVA) a um nível de significância de 5%. O efeito dos diferentes tempos de maturação não foi de interesse deste experimento, sendo utilizados apenas para aumentar a variação na força de cisalhamento das amostras experimentais; assim, os dados foram analisados dentro dos tratamentos (forma de cozimento). Quando

significativo ($P < 0,05$), as médias dos tratamentos foram separadas pelo teste de *Tukey*. Os coeficientes de correlação entre as análises instrumentais (Gr, Mw60, Mw100) e a análise sensorial da maciez dos cortes também foram calculados.

A repetibilidade (R) foi calculada usando os componentes de variância (σ^2), estimados pelo método MIVQUE (0) do procedimento VARCOMP do programa SAS, segundo descrito por Wheeler, Shackelford e Koohmaraie (1998):

$$R = \frac{\sigma^2_{\text{animal}} + \sigma^2_{\text{maturação}}}{\sigma^2_{\text{animal}} + \sigma^2_{\text{maturação}} + \sigma^2_{\text{erro}}}$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 EXP1: Definição do tempo de cozimento da carne em forno micro-ondas

Foi definido a máxima potência do micro-ondas, repetibilidade e o tempo ideal de cozimento para então prosseguimento da segunda etapa do experimento.

4.1.1 Potência máxima e repetibilidade do micro-ondas

Foi possível observar que a potência média aumenta com o aumento da porcentagem de funcionamento do micro-ondas em relação a máxima potência (Figura 6), porém a potência máxima média foi de, aproximadamente, 450W e não 800W como o fabricante descreve nas informações do eletrodoméstico.

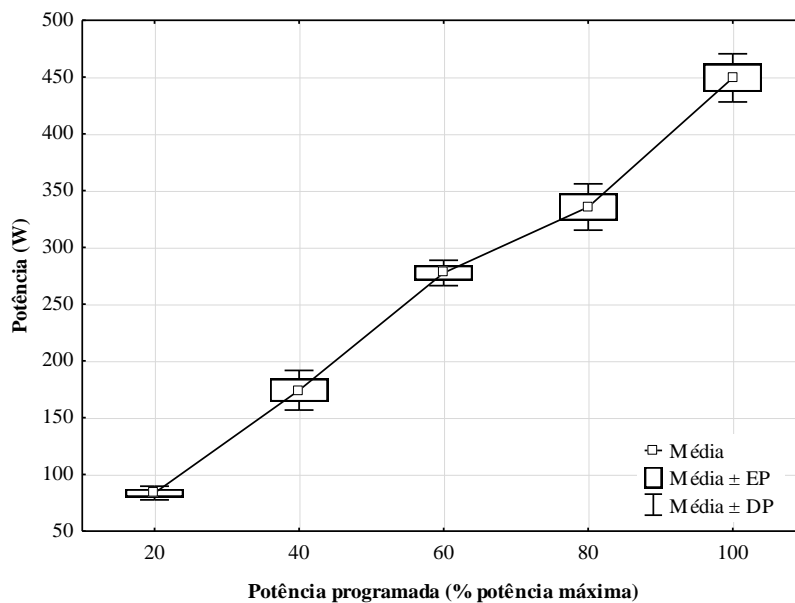


Figura 6 Potências médias referentes à determinação da potência do forno de micro-ondas, usando 1L de água por 120s. EP = erro padrão; DP = desvio-padrão.

Barboza et al. (2001), usando um forno micro-ondas Digit 41 (marca Continental 2001) de 900 W, observaram uma potência máxima de aproximadamente 600W que foi consideravelmente inferior àquela fornecida pelo fabricante do forno. Entretanto, segundo Kingston e Jassie (1988), as potências encontradas em ambos experimentos estão dentro da faixa de potência típica, que variam de 400 a 700W, em fornos micro-ondas domésticos.

Com relação à repetibilidade do forno de micro-ondas, a curva obtida com as médias de temperatura com o tempo tiveram o mesmo comportamento e estão bem próximas (Figura 7), indicando que o forno utilizado reproduz bem a taxa de aquecimento.

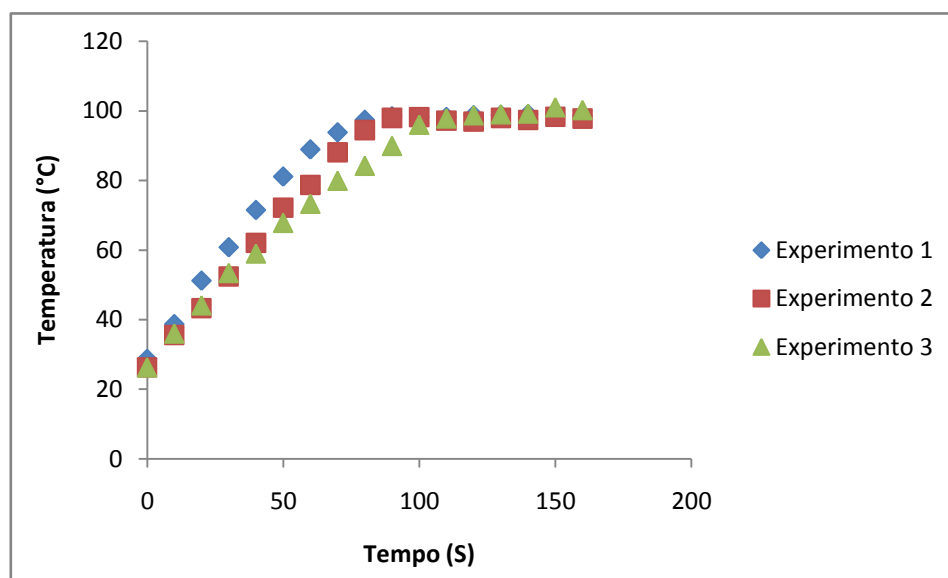


Figura 7 Ensaios de repetibilidade pelo aquecimento de 100mL de água no forno micro-ondas.

4.1.2 Relação temperatura e tempo de cozimento no micro-ondas

Foi verificada uma regressão linear significativa ($P < 0,05$) da temperatura final com o tempo de cozimento no micro-ondas, sendo o comportamento ilustrado na Figura 8.

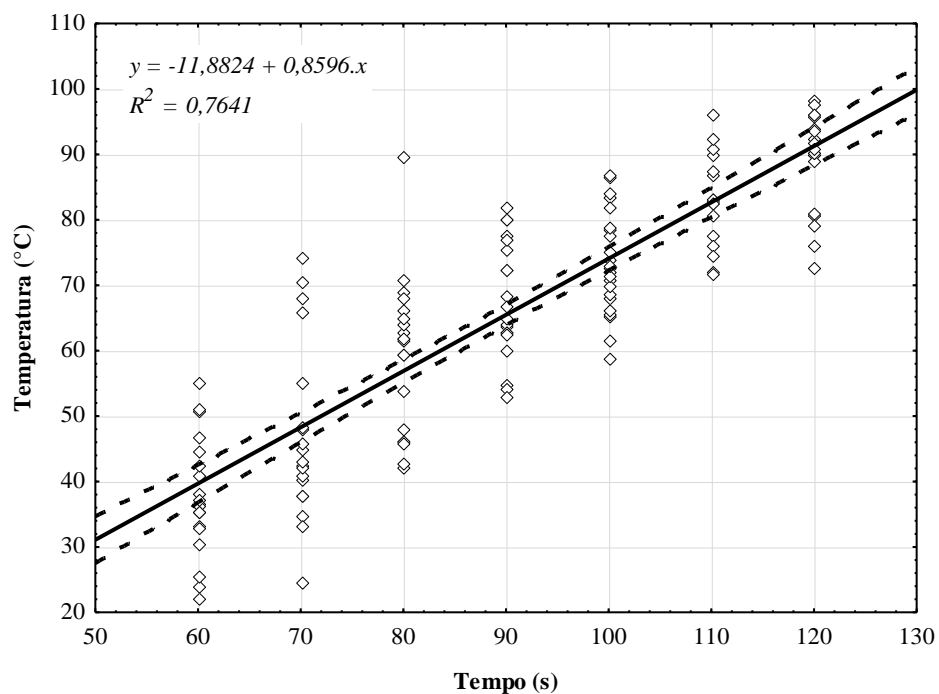


Figura 8 Curva de determinação de tempo de cozimento de carne bovina (*M. Longissimus thoracis*) em micro-ondas na potência máxima. As linhas pontilhadas representam o intervalo de confiança a 95%.

De acordo com o protocolo da AMSA (1995), a temperatura final de cozimento em grelha é estabelecida em $\pm 71^{\circ}\text{C}$. Assim, pela regressão obtida e nas condições do experimento, o tempo de cozimento em micro-ondas, necessário para alcançar esta temperatura é de 96,42 segundos. Ainda segundo o gráfico é possível observar que a amplitude de variação da temperatura acima deste tempo de cozimento são menores, o que sugere um cozimento mais uniforme.

4.2 EXP2: Avaliação do cozimento por micro-ondas na determinação da maciez da carne

A avaliação do cozimento de micro-ondas no protocolo WBSF foi conduzida no tempo de 100 segundos, tempo aproximado do definido no item 4.1.2, em potência máxima (Mw100). Para avaliação de um cozimento possivelmente mais uniforme, as amostras também foram cozidas utilizando 60% da potência (Mw60), por um tempo de 140 segundos. Este tempo corresponde a ciclos de cozimento com um tempo total de 84 segundos com aplicação de energia (e 56 segundos sem aplicação) na potência máxima (PENFIELD; CAMPBELL, 1990), e foi definido baseado na aparência dos bifes após o cozimento.

A tentativa de criar uma faixa de variação na maciez da carne bovina pelo uso de diferentes tempos de maturação foi bem sucedida, como evidenciado na Tabela 1.

Tabela 1 Estatística descritiva do índice de fragmentação (IF) e notas de maciez* dos cortes (*M. Longissimus thoracis* bovino) e da perda de peso por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (FC) para diferentes métodos de cozimento ($n = 43$)

Característica	Média	DP	CV	Mínimo	Máximo
FC (kgf)					
Grelha	6,03 ^a	2,01	33,35	2,96	10,54
Mw60	10,11 ^b	2,20	21,73	6,67	16,25
Mw100	11,71 ^c	2,47	21,05	6,40	16,86
PPC (%)					
Grelha	22,73 ^a	3,11	13,67	15,07	27,65
Mw60	33,12 ^b	3,07	9,26	26,13	39,74
Mw100	38,02 ^c	2,42	6,35	33,13	42,76

DP = desvio-padrão; CV = coeficiente de variação; Mw60 = cozimento em micro-ondas com 60% da potência máxima; Mw100 = cozimento em micro-ondas na potência máxima.

*Notas de 1 (extremamente macia) a 8 (extremamente dura).

^{a-c} Médias com letras diferentes, na coluna e para a mesma característica, diferem ($P < 0,05$) entre si pelo teste Tukey.

As formas de cozimento afetaram ($P < 0,05$) a PPC, ambos apresentando menores valores para grelha do que para os métodos utilizando micro-ondas. Isto condiz com a observação de que, em geral, carnes cozidas em micro-ondas têm perdas por cozimento (MOODY; BEDAU; LANGLOIS, 1978; RIFFERO; HOLMES, 1983; YARMAND; HOMAYOUNI, 2009) mais altas que as carnes cozidas por métodos convencionais.

Segundo Honikel e Hamm (1994), os principais fatores que afetam a PPC são a temperatura final e a velocidade de cozimento. No método convencional, a grelha superaquecida (~150 °C) em contato com a amostra promove uma rápida desnaturação protéica superficial, formando uma camada que protege a saída da água e de lipídeos do interior da carne (WHEELER;

SHACKELFORD; KOOHMARAIE, 1998). Em micro-ondas, esta camada não é formada e, desse modo, a perda de água é maior.

Ao contrário do cozimento em grelha, as amostras cozidas em micro-ondas foram cortadas antes do cozimento, o que favorece a saída de água em decorrência do rompimento mecânico das fibras musculares. Esse processo contribui para a mobilização da água intracelular diretamente para fora do músculo, não necessitando passar pelos espaços extracelulares (canais de gotejamento) como ocorre nas amostras intactas. A maior parte da água no músculo vivo é mantida dentro das miofibrilas (80%), nos espaços entre os miofilamentos fino e grosso (OFFER et al., 1989). Quaisquer grandes mudanças na distribuição de água no interior da estrutura da carne originam mudanças neste espaço. (TOMBERG, 2005). O encolhimento lateral dos filamentos é provocado por uma queda de pH para mais perto do ponto isoelétrico e desnaturação da miosina (OFFER et al., 1989). O volume global da célula é restrito (HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005), e a redução do seu diâmetro durante o cozimento, em razão da desnaturação das proteínas miofibrilares e do tecido conectivo favorece a sua saída como exsudado.

Segundo Offer (1984) o cozimento induz mudanças estruturais, que diminuem a capacidade de retenção de água da carne, quando ocorre a contração transversal da fibra (principalmente de 40-60°C), esta aumenta o espaço entre a fibra e o endomísio. Entre 60-70°C a rede de tecido conjuntivo e as fibras musculares encolhem longitudinalmente, a medida que a temperatura aumenta. Este encolhimento causa a perda de água, durante o cozimento. Assim, presume-se que a água é expelida através da pressão exercida pelo encolhimento do tecido conjuntivo (ROWE, 1989; TOMBERG, 2005) e a água intracelular é expelida para os espaços extracelulares, principais canais pelos quais a água flui para fora do músculo na forma de exsudado (purga). Esses canais foram

denominados de "canais de gotejamento" (HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005).

Para a FC, todos os métodos de cozimento diferiram ($P < 0.05$), sendo o cozimento em grelha o que apresentou os menores valores de força, seguido do cozimento Mw60 e este do Mw100.

As diferenças na força de cisalhamento decorrentes dos métodos de cozimentos podem ser parcialmente atribuídas às diferenças na taxa de aquecimento, fazendo com que a fibra muscular seja desintegrada e o efeito do calor entre os métodos (TOMBERG, 2005; YANCEY; WHARTON; APPLE, 2011) assim o que justificaria principalmente as diferenças de FC encontradas nos cozimento Mw60 e Mw100.

Draudt (1972) atribui essa diferença na força de cisalhamento, ao endurecimento das fibras musculares com o aumento da temperatura, causada pelo encolhimento do colágeno. Obuz et al. (2004) também verificaram que a força de cisalhamento aumentou à medida que a temperatura de cozimento aumentou.

Na Tabela 2 são descritas as correlações entre as características avaliadas no experimento. Houve correlação significativa ($P < 0.05$) apenas entre a PPC e a força de cisalhamento no cozimento em grelha e a força de cisalhamento e a PPC no cozimento em Mw60.

Em relação a força de cisalhamento no cozimento em grelha houve ($P < 0.05$) uma correlação positiva intermediária com o cozimento em micro-ondas (Mw60 e Mw100).

Tabela 2 Coeficientes de correlação* das variáveis respostas

Variáveis		FC			PPC			IFM
		Grelha	Mw60	Mw100	Grelha	Mw60	Mw100	
FC	Mw60	0,58						
	Mw100	0,60	0,54					
PPC	Grelha	0,72	0,30	0,34				
	Mw60	0,09	0,47	-0,16	0,15			
	Mw100	0,03	0,05	0,15	0,07	0,23		
IFM		0,57	0,23	0,45	0,51	-0,13	0,09	
Maciez sensorial		0,86	0,65	0,68	0,53	0,10	0,01	0,63

FC = força de cisalhamento; PPC = perda de peso por cozimento; Mw60 = cozimento em micro-ondas com 60% da potência máxima; Mw100 = cozimento em micro-ondas na potência máxima; IF= índice de fragmentação.

Coeficientes significativos ($P < 0,05$) foram descritos em negrito.

Quando correlacionado o IFM com os métodos de cozimento, observa-se que houve uma correlação significativa ($P < 0.05$) com a FC e a PPC no método de cozimento em grelha, ainda que o IFM tenha correlacionado significativamente ($P < 0.05$) com o a FC do cozimento em micro-ondas (Mw100). O IFM é um modo indireto de se medir a atividade do sistema enzimático das calpaínas/calpastatinas (MCDONAGH et al., 2001), onde menores valores (IF ~ 100) indicam maior degradação das miofibrilas e, conseqüentemente, amostras mais macias (RAMOS; GOMIDE, 2007; RILEY et al., 2005).

Em relação a maciez sensorial pode-se notar, que houve uma correlação alta e positiva ($P < 0,05$) com a FC e a PPC no método de cozimento em grelha, enquanto que para os métodos de cozimento em micro-ondas (Mw60 e Mw100) a correlação da maciez com a FC foi menor. Por fim, nota-se que houve uma correlação significativa positiva ($P < 0,05$) entre a maciez sensorial e o IFM.

Os resultados de WBSF de amostras cozidas no micro-ondas observados por Hostetler e Dutson (1978), assim como os observados neste trabalho, foram maiores do que os das amostras cozidas pelo método convencional (grelha), mas os valores de FC no micro-ondas apresentaram correlação significativa com os valores de FC e painel sensorial de amostras grelhadas. Embora estes resultados indiquem a viabilidade do uso de micro-ondas como método de cozimento para protocolos de maciez, os procedimentos relatados por estes autores não foram padronizados, especialmente no que diz respeito à quantidade de amostras por cozimento, e os efeitos oriundos de diferentes tempos de cozimento não foram avaliados.

Riley et al. (2005) observaram correlações positivas ($r = 0,22$ a $0,26$) entre os valores de força de cisalhamento e IF durante a maturação (7, 14 e 21 dias) da carne de bovinos zebuínos. No presente experimento, uma maior correlação ($r = 0,57$; $P < 0,0001$) foi observada entre os valores de WBSF e IF, e

corroborar a afirmação de Hopkins, Littlefield e Thompson (2000) de que, ao refletir a intensidade de proteólise das miofibrilas, o índice de fragmentação pode prever mais de 50% da variação na textura da carne.

A repetibilidade do teste de FC utilizando o método de cozimento de micro-ondas (Mw100) e grelha e a maciez sensorial atenderam o valor mínimo ($R = 0,60$) considerado pela AMSA (1995) como aceitável. Apenas o método de cozimento em micro-ondas (Mw60) ficou abaixo da premissa (Tabela 3).

Tabela 3 Componentes da variância e repetibilidade (estimativa relativa da variância) para as variáveis respostas

Característica	Componente da variância (σ^2)			Repetibilidade
	Animal	Maturação	Erro	
FC				
Grelha	1,85	2,59	1,26	0,78
Mw60	2,33	0,80	3,71	0,46
Mw100	2,68	2,44	3,26	0,61
PPC				
Grelha	2,91	3,01	10,27	0,37
Mw60	4,15	0,79	10,10	0,33
Mw100	2,80	-0,56	9,54	0,19
Maciez sensorial	0,65	0,92	0,48	0,77

FC = força de cisalhamento; PPC = perda de peso por cozimento; Mw60 = cozimento em micro-ondas com 60% da potência máxima; Mw100 = cozimento em micro-ondas na potência máxima.

Ao comparar a repetibilidade da PPC e a FC dos cozimentos em grelha e em micro-ondas (Mw60 e Mw100) com algumas literaturas (Tabela 4) observa-se que o cozimento em grelha para FC apresentou-se superior ao cozimento em grelha, grelha aberta e forno de ar quente, para pelo menos uma literatura. Já o tratamento por micro-ondas Mw100 apresentou uma repetibilidade maior que um método de grelha e para o forno de ar quente, e por fim no método de cozimento

em micro-ondas Mw60 as repetibilidades da FC situaram-se abaixo de todos os valores observados para outras formas de cozimento.

Tabela 4 Coeficientes de repetibilidade de diferentes tipos de método de cozimento para a perda de peso por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (FC) de músculos *longissimus dorsi* bovinos citados na literatura

Método	PPC	FC	Fonte
Grelha*	0,15	0,88	Kerth, Blair-Kerth e Jones (2003)
Grelha*	0,21	0,59	Yancey, Wharton e Apple (2011)
Grelha <i>beltgrill</i>	0,58	0,85	Wheller et al. (1999)
Grelha <i>beltgrill</i>	0,12	0,83	Lawrence et al. (2001).
Grelha aberta	0,05	0,75	Yancey, Wharton e Apple (2011)
Grelha aberta	0,23	0,64	Wheller et al. (1999)
Grelha aberta	0,44	0,63	Lawrence et al. (2001).
Forno (ar quente)	0,18	0,88	Kerth, Blair-Kerth e Jones (2003)
Forno (ar quente)	0,00	0,63	Yancey, Wharton e Apple (2011)
Forno (ar quente)	0,13	0,50	Lawrence et al. (2001).

*grelha similar ao utilizado neste experimento.

PPC = perda por cozimento; WBSF = *warner bratzler shear force*

A baixa repetibilidade no cozimento em micro-ondas é justificada possivelmente em relação à padronização do cozimento, especialmente na temperatura inicial da carne, uma vez que foi usada amostra ainda congelada, e nos tempos/potência de cozimento utilizados.

É importante salientar que o cozimento em micro-ondas na potência máxima (Mw100) por 100 segundos apresenta resultados que podem ser promissores.

5 CONCLUSÃO

O uso do micro-ondas (Mw100) como método de cozimento no protocolo *Warner Bratzler Shear Force*, se correlacionou com os resultados do protocolo padrão (cozimento por grelha) e com a avaliação sensorial, e ainda é um método com uma repetibilidade aceitável. Porém mais estudos ainda necessitam ser realizados com o cozimento em micro-ondas, para se prevenir as variações provenientes deste método de cozimento, acredita-se que este terá grande potencial para a predição de maciez.

REFERÊNCIAS

- AASLYNG, M. D. et al. Cooking loss and juiciness of pork in relation to raw meat quality and cooking procedure. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 14, n. 4, p. 277-288, June 2003.
- ALARCON-ROJO, A. D.; DRANSFIELD, E. Alteration of post-mortem ageing in beef by the addition of enzyme inhibitors and activators. **Meat Science**, Barking, v. 41, n. 2, p. 163-178, 1995.
- AMARAL, I. C. et al. Application of biospeckle laser technique for determining biological phenomena related to beef aging. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 119, n. 1, p. 135-139, Nov. 2013.
- AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of fresh meat**. Chicago, 1995. 47 p.
- APPLE, J. K.; RAKES, L. K.; WATSON, H. B. Cooking and shearing methodology effects on Warner-Bratzler shear force values of pork. **Journal of Muscle Foods**, Trumbull, v. 10, n. 3, p. 269-277, Sept. 1999.
- AROEIRA, C. N. **Efeito do congelamento prévio à maturação na maciez e cor da carne de tourinhos Nelore e Aberdeen Angus**. 2014. 111 p. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.
- ARRUDA, M. A. Z.; SANTELLI, R. E. Mecanização no preparo de amostras por micro-ondas: o estado da arte. **Química Nova**, São Paulo, v. 20, n. 6, p. 638-643, dez. 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12995**: teste triangular em análise de alimentos e bebidas. Rio de Janeiro, 1993.
- BARBOZA, A. C. R. N. et al. Aquecimento em forno de micro-ondas/desenvolvimento de alguns conceitos fundamentais. **Química Nova**, São Paulo, v. 24, n. 6, p. 901-904, nov./dez. 2001.
- BERRY, B. W.; BIGNER, M. E. Use of grilling and combination broiler-grilling at various temperatures for beef loin steaks differing in marbling. **Foodservice Research International**, Trumbull, v. 8, n. 2, p. 65-74, Feb. 1995.

BERRY, B. W.; LEDDY, K. F. Comparison of restaurant vs research-type broiling with beef loin steaks differing in marbling. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, n. 3, p. 666-672, Mar. 1990.

BOLES, J. A.; SWAN, J. E. Processing and sensory characteristics of cooked roast beef: effect of breed, age, gender and storage conditions. **Meat Science**, Barking, v. 62, n. 4, p. 419-427, Dec. 2002.

BRATZLER, L. J. **Measuring the tenderness of meat by means of a mechanical shear**. 1932. 78 p. Thesis (Master of Science) - Kansas State University, Manhattan, 1932.

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

CALIFANO, A. N. et al. Effect of processing conditions on the hardness of cooked beef. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 34, n. 1, p. 41-54, Oct. 1997.

CALKINS, C. R.; DAVIS, G. W.; SANDERS, W. L. Fragmentation index of raw muscle as a tenderness predictor of steaks from USDA commercial and utility carcasses. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 45, n. 5, p. 111-114, Sept. 1980.

CARPENTER, Z. L.; ABRAHAM, H. C.; KING, G. T. Tenderness and cooking loss of beef and pork: I relative effects of microwave cooking, deep-fat frying, and ovenbroiling. **Journal of the American Dietetic Association**, Chicago, v. 53, n. 4, p. 353-356, Oct. 1968.

CROSS, H. R. et al. A comparison of roasting versus broiling on the sensory characteristics of beef longissimus steaks. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 44, n. 1, p. 310-311, Jan. 1979.

CROSS, H. R.; MOEN, R.; STANFIELD, M. S. Training and testing of judges for sensory analysis of meat quality. **Food Technology**, Chicago, v. 37, p. 48-54, 1978.

CROUSE, J. D. et al. Comparisons of *Bos indicus* and *Bos taurus* inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. **Animal Science**, Lincoln, v. 1, p. 124-127, 1993. Disponível em: <<http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=120&context=1120&context=hruskareports>>. Acesso em: 02 dez. 2014.

CROUSE, J. D.; KOOHMARAIE, M. Effect of freezing of beef on subsequent postmortem aging and shear force. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 52, n. 2, p. 573-574, Mar. 1990.

DÍAZ, P. et al. Microbial, physical–chemical and sensory spoilage during the refrigerated storage of cooked pork loin processed by the sous vide method. **Meat Science**, Barking, v. 80, n. 2, p. 287-292, Oct. 2008.

DRAUDT, H. N. Changes in meat during cooking. In: RECIPROCAL MEATS CONFERENCE AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION, 25., Philadelphia, 1972. **Proceedings...** Philadelphia: National Live Stock, 1972. p. 243-259.

FERNADEZ, L. C. **Efeito do cozimento de carne bovina em forno micro-ondas na avaliação da força de cisalhamento pelo protocolo Warner-Blatzer**. 2012. 38 p. Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

FRANCIS, S. J. et al. The effect of corring method on beef longissimus shear force values. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 52, n. 6, p. 1294-1297, June 1981.

GARRUTI, R. S. **Metodologia na seleção seqüencial e não seqüencial para equipes de provadores**. 1976. 180 p. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1976.

GRAYSON, A. L. et al. The effects of freezing and thawing or freezing, thawing, and aging effects on beef tenderness. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 92, n. 6, p. 2735-2740, June 2014.

HEDRICK, H. B. et al. Comparison of factors affecting Warner-Bratzler shear values of beef steaks. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 27, n. 3, p. 628-631, May 1968.

HEINEMANN, R. J. B.; PINTO, M. F.; ROMANELLI, P. F. Fatores que influenciam a textura da carne de novilhos Nelore e cruzados Limousin-Nelore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 8, p. 963-971, ago. 2003.

HILDRUM, K. I. et al. Classification of different bovine muscles according to sensory characteristics and Warner Bratzler shear force. **Meat Science**, Barking, v. 83, n. 2, p. 302-307, Oct. 2009.

HONIKEL, K. O.; HAMM, R. Measurement of water holding capacity and juiciness. In: PEARSON, A. M.; DUTSON, T. R. (Ed.). **Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products**. Glasgow: Blackie Academic, 1994. chap. 5, p. 125-161.

HOPKINS, D. L.; LITTLEFIELD, P. J.; THOMPSON, J. M. A research note on factors affecting the determination of myofibrillar fragmentation. **Meat Science**, Barking, v. 56, n. 1, p. 19-22, Sept. 2000.

HOSTETLER, R. L.; DUTSON, T. R. Investigation of a rapid method for meat tenderness evaluation using microwave cookery. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 43, n. 1, p. 304-306, July 1978.

HOSTETLER, R. L.; RITCHEY, S. J. Effect of coring methods on shear values determined by Warner-Bratzler shear. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 29, n. 5, p. 681-685, Sept./Oct. 1964.

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

IVERSEN, P. et al. Tenderisation of pork as affected by degree of cold-induced shortening. **Meat Science**, Barking, v. 40, n. 2, p. 171-181, 1995.

JAMES, C.; JAMES, S. J. Freezing/Thawing In: TOLDRÁ, F. (Ed.). **Handbook of meat processing**. New York: John Wiley, 2010. p. 105-124.

JEREMIAH, L. E.; MURRAY, A. C. The influence of anatomical location within the *longissimus dorsi* muscle on overall tenderness and on the concentration and solubility of intramuscular collagen. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 64, n. 4, p. 1045-1047, Dec. 1984.

KADIM, I. T. et al. The influence of season on quality characteristics of hot-boned beef m. longissimus thoracis. **Meat Science**, Barking, v. 66, n. 4, p. 831-836, Apr. 2004.

KERTH, C. R.; BLAIR-KERTH, L. K.; JONES, W. R. Warner-Bratzler shear force repeatability in beef longissimus steaks cooked with a convection oven, broiler, or clam-shell grill. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 68, n. 6, p. 668-670, Mar. 2003.

KINGSTON, H. M.; JASSIE, L. B. (Ed.). **Introduction to microwave sample preparation: theory and practice**. Ann Arbor: American Chemical Society, 1988. 263 p.

KOOHMARAIE, M.; GEESINK, G. H. Contribution of post mortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. **Meat Science**, Barking, v. 74, n. 1, p. 34-43, Sept. 2006.

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

LAWRENCE, T. E. et al. Evaluation of electric belt-grill, forced-air convection oven, and electric broiler cookery methods for beef tenderness research. **Meat Science**, Barking, v. 58, n. 2, p. 239-246, July 2001.

LORENZEN, C. L. et al. Beef customer satisfaction: cooking method and degree of doneness effects on the top loin steak. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, n. 3, p. 637-644, Mar. 1999.

LORENZEN, C. L. et al. Beef customer satisfaction: trained sensory panel ratings and Warner-Bratzler shear force values. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 1, p. 143-149, Jan. 2003.

MARSHALL, D. M. Breed differences and genetic parameters for body composition traits in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 10, p. 2745-2755, Oct. 1994.

MCDONAGH, M. B. et al. Meat quality and the calpain system of feedlot steers following a single generation of divergent selection for residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 41, n. 7, p. 1013-1021, 2001.

MCKENNA, D. R.; KING, D. A.; SAVELL, J. W. Comparison of clam-shell cookers and electric broilers and their effects on cooking traits and repeatability of Warner-Bratzler shear force values. **Meat Science**, Barking, v. 66, n. 1, p. 225-229, Jan. 2004.

MONSÓN, F.; SAÑUDO, C.; SIERRA, I. Influence of cattle breed and ageing time on textural meat quality. **Meat Science**, Barking, v. 68, n. 4, p. 595-602, Dec. 2004.

MOODY, W. G.; BEDAU, C.; LANGLOIS, B. E. Beef thawing and cookery methods: effect of thawing and cookery methods, time in storage and breed on the microbiology and palatability of beef cuts. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 43, n. 3, p. 834-838, May 1978.

MURANO, P. **Understanding food science and technology**. California: Thompson Wadsworth, 2003. 449 p.

MURRAY, A. C.; MARTIN, A. H. Effect of muscle fiber angle on Warner-Bratzler shear values. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 45, n. 5, p. 1428-1429, Sept. 1980.

NEELY, T. R. et al. Beef consumer satisfaction: role of cut, USDA quality grade, and city on in-home consumer ratings. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 4, p. 1027-1032, Apr. 1998.

NEELY, T. R. et al. Beef customer satisfaction: cooking method and degree of doneness effects on the top round steak. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, n. 3, p. 653-660, Mar. 1999.

NOWAK, D. Enzymes in tenderization of meat-the system of calpains and other systems: a review. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, Olsztyn, v. 61, n. 4, p. 231-237, 2011.

OBUZ, E.; DIKEMANA, M. E.; LOUGHIN, T. M. Effects of cooking method, reheating, holding time, and holding temperature on beef longissimus lumborum and biceps femoris tenderness. **Meat Science**, Barking v. 65, n. 2, p. 841-851, Oct. 2003.

OBUZ, E. et al. Beef longissimus lumborum, biceps femoris, and deep pectoralis Warner-Bratzler shear force is affected differently by endpoint temperature, cooking method, and USDA quality grade. **Meat Science**, Barking, v. 68, n. 2, p. 243-248, Oct. 2004.

OFFER, G. et al. The structural basis of the water-holding, appearance and toughness of meat and meat-products. **Food Microstructure**, New York, v. 8, n. 1, p. 151-170, 1989.

OFFER, G. Progress in the biochemistry, physiology and structure of meat. In: EUROPEAN MEETING OF MEAT RESEARCH WORKERS, 30., Bristol, 1984. **Proceedings...** Bristol, 1984. p. 217-234.

PENFIELD, M. P.; BARKER, C. L.; MEYER, B. H. Tensile properties of beef semitendinosus muscle as affected by heating rate and point temperature. **Journal of Texture Studies**, Westport, v. 7, n. 1, p. 77-85, June 1976.

PENFIELD, M. P.; CAMPBELL, A. M. **Experimental food science**. 3rd ed. San Diego: California Academic, 1990. 541 p.

POSTE, L. M. et al. Correlations of sensory and instrumental meat tenderness values as affected by sampling techniques. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 4, n. 4, p. 207-214, 1993.

POWELL, T. H. et al. The effect of impingement cookery on selected chemical, physical, and sensory characteristics of beef top loin steaks. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 68, n. 1, p. 321-324, 1990. Supplement.

QUENZER, N. M.; BUMS, E. E. Effect of the microwave steam and water blanching on freeze dried spinach. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 46, n. 2, p. 410-413, Mar. 1981.

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

REES, M. P.; TROUT, G. R.; WARNER, R. D. Tenderness, ageing rate and meat quality of pork M. longissimus thoracis et lumborum after accelerated boning. **Meat Science**, Barking, v. 68, n. 2, p. 113-124, Oct. 2002.

RIFFERO, L. M.; HOLMES, Z. A. Characteristics of pre-rigor pressurized versus conventionally processed beef cooked by microwaves and by broiling. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 48, n. 2, p. 346-350, Mar. 1983.

RILEY, D. G. et al. Factors influencing tenderness in steaks from Brahman cattle. **Meat Science**, Barking, v. 70, n. 2, p. 347-356, June 2005.

ROWE, R. W. D. Electron microscopy of bovine muscles: II the effects of heat denaturation on post rigor sarcolemma and endomysium. **Meat Science**, Barking v. 26, n. 4, p. 281-294, 1989.

SAVELL, J. et al. **Standardized Warner-Bratzler shear force procedures for genetic evaluation**. Austin, 1999. Disponível em: <<http://meat.tamu.edu/research/shear-force-standards/>>. Acesso em: 03 jan. 2014.

SHANKS, B. C. et al. Increasing tenderness of beef round and sirloin muscles through prerigor skeletal separations. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, n. 1, p. 123-128, Jan. 2002.

SHIROSE, I. Análise sequencial de Wald e sua aplicação à seleção de julgadores para avaliação organoléptica. **Boletim do ITAL**, Campinas, v. 50, p. 57-77, mar./abr. 1977.

SHORTHOSE, W. R.; HARRIS, P. V. Effects on growth and composition on meat quality. In: PEARSON, A. M.; DUTSON, T. R. (Ed.). **Growth regulation in far animals**. London: Elsevier Science, 1991. p. 515-555. (Advances in Meat Research, 7).

SILVA, D. R. G. **Avaliação do método de cozimento em micro-ondas na determinação da Slice Shear Force (SSF) de carne bovina**. 2012. 40 p. Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

SILVA, D. R. G. et al. Comparison of Warner-Bratzler shear force values between round and square cross-section cores from cooked beef and pork Longissimus muscle. **Meat Science**, Barking, v. 103, p. 1-6, May 2014.

SMITH, G. C.; CARPENTER, Z. L.; KING, G. T. Considerations for beef tenderness evaluations. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 34, n. 6, p. 612-618, Nov. 1969.

THIEL, R. L.; BROWNLEE, J. M.; PARRISH JÚNIOR, F. C. Comparison of round and square cores in the determination of beef tenderness by Warner-Bratzler and Instron. **Beef Research Report**, Iowa, v. 30, 1997. Disponível em: <http://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1029&context=beefreports_1997>. Acesso em: 03 mar. 2014.

TORNBERG, E. Effects of heat on meat proteins: implications on structure and quality of meat products. **Meat Science**, Barking v. 70, n. 3, p. 493-508, July 2005.

VAN OECKEL, M. J.; WARNANTS, N.; BOUCQUE, C. V. Comparison of different methods for measuring water holding capacity and juiciness of pork versus on-line screening methods. **Meat Science**, Barking v. 51, n. 4, p. 313-320, Apr. 1999.

VIEIRA, C. et al. Effect of frozen storage conditions (temperature and length of storage) on microbiological and sensory quality of rustic crossbred beef at different states of ageing. **Meat Science**, Barking, v. 83, n. 3, p. 398-404, Nov. 2009.

WATKINS, K. W. Heating in microwaveovens: a exampleofdipolemoments in action. **Journal of Chemical Education**, Easton, v. 60, n. 12, p. 1043, Dec. 1983.

WHEELER, T. L. et al. Effects of cooking and shearing methodology on variation in Warner-Bratzler shear force values in beef. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 9, p. 2325-2330, Sept. 1994.

WHEELER, T. L.; SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M. Cooking and palatability traits of beef *longissimus* steaks cooked with a belt grill or an open hearth electric broiler. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 11, p. 2805-2810, Nov. 1998.

WHEELER, T. L.; SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M. Sampling, cooking and coring effects on Warner-Bratzler shear force values in beef. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, n. 7, p. 1553-1562, July 1996.

WHEELER, T. L.; SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M. Standardizing collection and interpretation of Warner-Bratzler shear force and sensory tenderness data. In: ANNUAL RECIPROCAL MEAT CONFERENCE, 50., Chicago, 1997. **Proceedings...** Chicago: National Live Stock, 1997. p. 68-77.

WHEELER, T. L.; SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M. Tenderness classification of beef: III effect of the interaction between end point temperature and tenderness on Warner-Bratzler shear force of beef longissimus. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, n. 2, p. 400-407, Feb. 1999.

WHIPPLE, G. et al. Evaluation of attributes that affect *longissimus* muscle tenderness in *Bostaurus* and *Bosindicus* cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, n. 9, p. 2716-2728, Sept. 1990.

WILLIAMS, J. C.; FIELD, R. A.; RILEY, M. L. Influence of storage time after cooking on Warner-Bratzler shear values of beef roasts. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 48, n. 1, p. 309-310, Jan. 1983.

YANCEY, J. W. S.; WHARTON, M. D.; APPLE, J. K. Cookery method and end-point temperature can affect the Warner-Bratzler shear force, cooking loss, and internal cooked color of beef *longissimus* steaks. **Meat Science**, Barking, v. 88, n. 1, p. 1-7, May 2011.

YARMAND, M. S.; HOMAYOUNI, A. Effect of microwave cooking on the microstructure and quality of meat in goat and lamb. **Food Chemistry**, London, v. 112, n. 4, p. 782-785, Feb. 2009.

YARMAND, M. S.; HOMAYOUNI, A. Quality and microstructural changes in goat meat during heat treatment. **Meat Science**, Barking, v. 86, n. 2, p. 451-455, Oct. 2010.

YILMAZ, I.; ARICI, M.; GÜMÜS, T. Changes of microbiological quality in meatballs after heat treatment. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 221, n. 3/4, p. 281-283, Aug. 2005.

ZLOTORZYNSKI, A. The application of microwave radiation to analytical and environmental chemistry. **Critical Reviews in Analytical Chemistry**, Boca Raton, v. 25, n. 1, p. 43-76, 1995.