

Maximização do rendimento no processamento de carne bovina (músculo *Semitendinosus*) pelo sistema *sous vide*

Yield maximization in sous vide cooked beef (Semitendinosus muscle)

Fabiane de Moraes^{1*}, Nilo Sérgio Sabbião Rodrigues¹

¹Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Departamento de Alimentos e Nutrição, Campinas/SP - Brasil

*Corresponding Author

Fabiane de Moraes, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Departamento de Alimentos e Nutrição, Rua Monteiro Lobato, 80, Cidade Universitária, CEP: 13083-862, Campinas/SP - Brasil, e-mail: fabiane@cotuca.unicamp.br

Cite as: *Yield maximization in sous vide cooked beef (Semitendinosus muscle)*. *Braz. J. Food Technol.*, v. 20, e2016048, 2017.

Received: Apr. 19, 2016; Accepted: Jan. 31, 2017

Resumo

A temperatura e o tempo de cozimento empregados no processamento da carne são fatores que interferem no seu rendimento. O sistema *sous vide* associa a pasteurização até 95 °C de alimentos embalados a vácuo e o controle das condições de processamento e estocagem, podendo propiciar aumento do rendimento da carne processada. Os objetivos deste trabalho foram a maximização do rendimento no processamento de fatias de carne bovina (músculo *Semitendinosus*) pelo sistema *sous vide* e a avaliação dos efeitos do tempo e da temperatura de cozimento sobre o líquido extraído da carne sob pressão, e sobre o pH, a cor e a força de cisalhamento. Foi realizado um delineamento composto central rotacional para duas variáveis independentes: temperatura e tempo de cozimento, totalizando 11 tratamentos. O rendimento de processamento da carne variou de 60,70 a 75,05%, sendo mais adequados menores temperaturas (próximas a 65 °C) e tempos de cozimento próximos a zero – quando atingida a temperatura desejada – para sua maximização. Nestas condições, foram obtidas maiores porcentagens de líquido extraído por pressão após a cocção, pois determinadas temperaturas e determinados tempos de cozimento favorecem a retenção de água na carne. A variação da temperatura de cozimento teve maior impacto no rendimento que a do tempo. O pH da carne processada foi de 5,73 a 6,49, sem correlação evidente com as condições de cozimento. Temperaturas intermediárias resultaram em carnes com valores maiores para o parâmetro L* e menores para a*. Todas as carnes tinham força de cisalhamento baixas, entre 1,19 a 2,31 kgf. A maior solubilização do colágeno em tempos prolongados de cozimento deve ter contribuído para as baixas forças de cisalhamento.

Palavras-chave: *Cozimento a vácuo; Músculo Semitendinosus; Rendimento; Força de cisalhamento; Cor.*

Abstract

The temperature and cooking time used in meat processing are factors that interfere with its yield. The *sous vide* system associates pasteurization of up to 95 °C of vacuum packed foods with the control of the processing and storage conditions. This system can provide an increase in the yield of processed meat. The objectives of the present study were to maximize the processing yield of beef slices (*Semitendinosus* muscle) using the *sous vide* system, and to assess the effects of cooking time and temperature on the water extracted under pressure, and on the pH, colour and shear strength. A central composite rotational design for two independent variables (temperature and cooking time) was used, totalizing eleven treatments. The meat processing yields ranged from 60.70 to 75.05%, and maximization was achieved at the lower temperatures (around 65 °C) with cooking times around zero (after reaching the required temperature). Under these conditions higher percentages of liquid were extracted under pressure after cooking, since they favoured water retention in the meat. The variation in cooking temperature had a greater impact on the yield than that of time. The pH of the processed meat ranged from 5.73 to 6.49, showing no apparent association with the cooking conditions. Cooking at intermediate temperatures resulted in meats with higher values for L* and lower values for a*. All the meat samples showed low shear strength values (between 1.19 and 2.31 kgf). The greater dissolution of the collagen during the prolonged cooking times must have contributed to the lower shear strength values under these conditions.

Keywords: *Vacuum cooking; Semitendinosus muscle; Yield; Shear strength; Colour.*



Maximização do rendimento no processamento de carne bovina (músculo *Semitendinosus*) pelo sistema *sous vide*

Moraes, F.; Rodrigues, N. S. S.

1 Introdução

O processamento pelo sistema *sous vide* consiste em cozinhar alimentos embalados a vácuo em bolsas termorresistentes a baixas temperaturas (65 a 95 °C) (BALDWIN, 2012; CINTRA, 2016).

O músculo *Semitendinosus*, popularmente conhecido como lagarto bovino, possui alto teor de colágeno (aproximadamente 4,5% em base seca) e cerca de 5% de gordura (DELLA TORRE; BERAQUET, 2005). Sua palatabilidade melhora com o aumento do tempo de cozimento e quando o processo é feito por imersão em água ou na presença de vapor de água (BALDWIN, 2012; POWELL et al., 2000).

A principal alteração na carne pelo efeito do calor é a desnaturação das proteínas miofibrilares, sarcoplasmáticas e do tecido conjuntivo. As proteínas miofibrilares incluem, principalmente, a actina (filamentos finos) e a miosina (filamentos grossos). As sarcoplasmáticas incluem a mioglobina e a hemoglobina, e o tecido conjuntivo é constituído principalmente de colágeno e elastina. A quebra de interações nessas moléculas resulta na expulsão de água, reduzindo o rendimento. A extensão da desnaturação proteica depende, sobretudo, da temperatura e do tempo de cozimento empregados, que acarretam o encolhimento das miofibrilas e a solubilização do colágeno, afetando a maciez (TORNBERG, 2005; NIKMARAM et al., 2011; KONG et al., 2007).

A desnaturação da miosina começa entre 54 e 58 °C, sendo completada a 60 °C, o que resulta na diminuição da solubilidade das proteínas miofibrilares. A actina é desnaturada entre 80 e 83 °C (CHRISTENSEN et al., 2011). As fibras musculares encolhem longitudinalmente acima de 60 °C, causando perda de água e endurecimento da carne; tal efeito aumenta com a elevação da temperatura (RUÍZ et al., 2013; GARCÍA-SEGOVIA et al., 2007).

As proteínas miofibrilares, especialmente a miosina, podem formar gel no cozimento. A actina, apesar do pouco potencial, pode aumentar a capacidade de formação de gel da miosina (SUN; HOLLEY, 2011), afetando a maciez da carne. Fatores, como, por exemplo, o aquecimento mais lento, a temperatura entre 60 e 70 °C, e o pH próximo a 6,0, podem resultar na formação de gel mais forte (XIONG, 1997).

O colágeno começa a se encolher a 60 °C e, acima de 70 °C, inicia-se o rompimento de suas ligações peptídicas (TAYLOR, 2004). Aos 80 °C, parte do colágeno é solubilizada, pois sua estrutura de hélice é rompida, transformando-o em espirais solúveis em água, a gelatina (BALDWIN, 2012).

Processamentos térmicos por tempos prolongados promovem maior solubilização do colágeno e redução da adesão entre as fibras musculares, favorecendo a maciez de cortes cárneos de maior dureza (RUÍZ, 2010).

As fibras de elastina, que estão em menor proporção no tecido conjuntivo, não são desnaturadas pelo efeito do calor, conferindo textura de borracha na carne cozida (BALDWIN, 2012).

Segundo Sun e Holley (2011), o colágeno é a proteína da carne com maior capacidade de formação de gel; no entanto, este gel é mais fraco que o formado pelas proteínas miofibrilares. Segundo Brewer et al. (2005), a combinação de proteínas miofibrilares e de colágeno resulta em maior enfraquecimento do gel formado do que se estas proteínas estivessem isoladas e na mesma concentração.

A redução da capacidade de retenção de água resulta em perda de umidade e, portanto, menor rendimento. Carnes com baixa capacidade de retenção de água têm maior perda por cocção (VAUDAGNA et al., 2002; DELLA TORRE; BERAQUET, 2005).

O pH da carne crua após o *rigor mortis* é de 5,3 a 5,8, devido à formação de ácido láctico na glicólise após o abate. Esse pH coincide com o ponto isoelétrico das proteínas miofibrilares, cuja solubilidade é mínima no meio, favorecendo a desnaturação e a exsudação de água (LAWRIE, 2005; SMULDERS et al., 1992).

A cor da carne é resultante do teor de mioglobina, cuja desnaturação começa entre 55 e 65 °C, sendo intensificada a 75 °C e com o aumento do tempo de cozimento. A mioglobina se oxida e a superfície da carne adquire cor marrom. A cor interna da carne irá variar com a intensidade do cozimento. O aumento rápido da temperatura resulta em carne mais avermelhada (KING; WHYTE, 2006; MANCINI; HUNT, 2005).

O estado da mioglobina na carne crua afetará a cor da carne cozida. Quanto maior o teor de oximioglobina e mioglobina, maior a quantidade de homocromo férrico formado no cozimento, conferindo cor marrom à carne (CORNFORTH, 2011; KING; WHYTE, 2006).

Neste trabalho, buscou-se a maximização do rendimento no processamento de lagarto bovino pelo sistema *sous vide*, utilizando um planejamento experimental fatorial e superfícies de resposta, tendo sido avaliados os efeitos do tempo e da temperatura de cozimento sobre o teor de líquido extraído sob pressão, bem como sobre o pH, a força de cisalhamento e a cor da carne cozida.

2 Material e métodos

Foram adquiridos, em um açougue local, de um único matadouro frigorífico, 100 kg de lagarto (músculo *Semitendinosus*) em peças inteiras, não maturadas, de bovinos machos da raça Nelore, e com peso líquido entre 2,2 e 2,7 kg por peça, visando ao processamento mais uniforme.

Maximização do rendimento no processamento de carne bovina (músculo *Semitendinosus*) pelo sistema *sous vide*

Moraes, F.; Rodrigues, N. S. S.

A carne foi transportada em caminhões refrigerados de 0 a 7 °C, recebida e imediatamente estocada em refrigerador a 2 ± 1 °C, com monitoramento da temperatura.

Foram retirados os tecidos conjuntivo e adiposo externos, etapa denominada toalete. As peças foram porcionadas manualmente, no sentido transversal às fibras, em fatias de 2,0 cm, resultando em uma porção aproximada de 160 g de carne bovina crua, que é o comumente servido em serviços de alimentação (OLIVEIRA; SILVA, 2016).

As 450 fatias obtidas foram pesadas em grupos de quatro unidades, para compor uma embalagem. Calculou-se o sal refinado para cada embalagem e foi pesado (1,30% m/m em relação à massa de carne) em balança semianalítica (marca Marte, modelo AM5500, série 201731, com divisão de 0,01 g). As fatias foram submetidas à salga seca com sal refinado (1,30% m/m), isto é, espalhamento manual do sal na superfície da carne, favorecendo a homogeneidade de sua distribuição. Em seguida, foram embaladas em bolsa plástica flexível de filme coextrusado de Nylon® e polietileno, de 16 micrômetros de espessura, seladas a vácuo em seladora marca Selovac, modelo CV 60, série 0938544 e estocadas a 2 ± 1 °C por 24 h.

Realizou-se o cozimento da carne em forno combinado marca Rational, modelo Clima Plus Combi 61, com capacidade para seis *gastronorms* (cubas em aço inox de tamanho padronizado, compatível com o equipamento). Este equipamento consiste em um forno que opera com ar seco e com injeção de vapor d'água ajustável de 0 a 100%, escala que se refere à capacidade que o equipamento tem para injetar vapor dentro da câmara de cozimento. A injeção de vapor no forno combinado foi controlada automaticamente pelo próprio equipamento. Neste caso, o ajuste para a injeção de vapor d'água foi fixado em 100% para todos os tratamentos, visando garantir a integridade do material de embalagem. Foram colocadas seis embalagens em cada *gastronorm*. Foram processados 11 tratamentos, sendo, para cada tratamento, dez ou 11 embalagens com quatro fatias de carne cada, com variações de temperatura e tempo de cozimento, de acordo com o planejamento experimental, segundo um delineamento composto central rotacional, apresentado na Tabela 1.

Após o cozimento, as *gastronorms* com as embalagens de carne cozida foram retiradas do forno combinado e imediatamente colocadas em resfriador rápido (marca SAGI, modelo AF2L, série 99092417201), ajustado na função de resfriador para o resfriamento das amostras até 10 °C – medido no centro geométrico da fatia por um termopar flexível do tipo T, com 1,29 mm de diâmetro e 1,5 m de comprimento, acoplado a um registrador de temperatura (*data logger*), marca Testo, modelo 177 T4 – em até duas horas, conforme determina a legislação brasileira (BRASIL, 2004; SÃO PAULO, 2013).

Tabela 1. Planejamento experimental para o processamento do músculo lagarto bovino pelo sistema *sous vide*.

Pontos	Tratamento	Variáveis independentes			
		Valores codificados		Valores reais	
		T	t	T (°C)	t (minutos)
principais	1	-1	-1	69,4	39
	2	1	-1	90,6	39
	3	-1	1	69,4	231
	4	1	1	90,6	231
axiais	5	-1,41	0	65,0	135
	6	1,41	0	95,0	135
	7	0	-1,41	80,0	0
	8	0	1,41	80,0	270
centrais	9	0	0	80,0	135
	10	0	0	80,0	135
	11	0	0	80,0	135

São variáveis independentes: T (temperatura de cozimento do meio de aquecimento) e t (tempo de cozimento depois de atingida a temperatura "T" no centro da fatia de carne).

Ambos os equipamentos (forno combinado e resfriador rápido) foram acionados 30 minutos antes dos processamentos para estabilização da temperatura e dispunham de dois termopares flexíveis do tipo T de 1,29 mm de diâmetro e 1,5 m de comprimento, acoplados a um registrador de temperatura (*data logger*), marca Testo, modelo 177 T4, para o ajuste do termostato do forno e o monitoramento. Foram inseridos outros dois termopares do mesmo tipo no centro geométrico de duas fatias para monitoramento da temperatura durante o cozimento e o resfriamento.

O fluxograma das etapas do processamento está apresentado na Figura 1.

De cada tratamento, foram amostradas aleatoriamente cinco embalagens para as análises, totalizando 20 fatias. Os resultados foram avaliados por análise de variância, através do software *Statistica 12*® (STATSOFT SOUTH AMERICA, 2016). Foram considerados significativos os parâmetros com nível de significância de até 10%, os quais foram incluídos no modelo preditivo.

2.1 Rendimento no processamento

O rendimento no processamento foi determinado pela relação entre o peso das fatias de carne cozidas e resfriadas, drenadas do exsudado que ficou dentro da embalagem, e o peso das fatias de carne cruas, medidos em balança semianalítica (marca Marte, modelo AM5500, série 201731, com divisão de 0,01 g). Foram analisadas cinco embalagens de cada tratamento, as quais foram posteriormente utilizadas para as demais análises

Maximização do rendimento no processamento de carne bovina (músculo *Semitendinosus*) pelo sistema *sous vide*

Moraes, F.; Rodrigues, N. S. S.

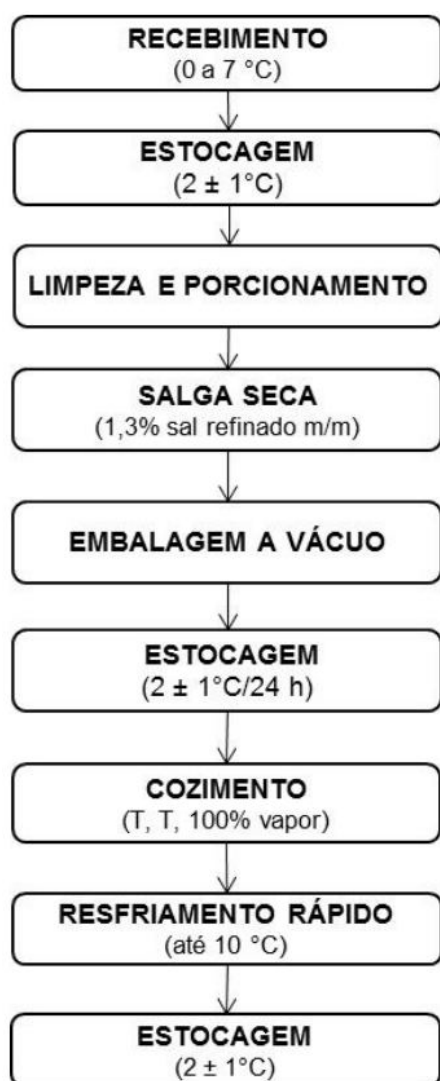


Figura 1. Fluxograma de processamento de lagarto pelo sistema *sous vide*. “T” (temperatura) e “t” (tempo) variaram conforme o planejamento experimental apresentado na Tabela 1.

Além da análise de dados citada, as médias de rendimento foram comparadas às médias de líquido extraído pelo cálculo do coeficiente de Pearson, obtendo-se o coeficiente de correlação e seu respectivo p-valor.

2.2 Líquido extraído da carne

Avaliou-se a porcentagem de líquido extraído de uma amostra de carne cozida em relação à sua massa inicial, pela aplicação de uma pressão padronizada sobre esta amostra.

Utilizou-se a metodologia desenvolvida por Hamm (1969) e citada por Silva Sobrinho (1999), que foi adaptada para carne cozida, a exemplo do que fizeram os autores Yau e Huang (2001). Foram amostradas quatro fatias (de embalagens diferentes) de cada tratamento e, de cada fatia de carne, dois cubos de carne com 500 mg

(aproximadamente 4 mm de aresta) foram retirados da parte central das fatias. Cada cubo foi pesado em balança semianalítica (marca Marte, modelo AM5500, série 201731, com divisão de 0,01 g) e, em seguida, colocado entre dois papéis de filtro qualitativos Whatman n.º 1, de 11 cm de diâmetro, e estes foram dispostos entre duas placas de policarbonato. O conjunto foi pressionado por um peso padrão de 5,0 kg por cinco minutos. Após isso, os cubos foram novamente pesados e a porcentagem de líquido extraído foi calculada (Equação 1).

$$\text{Líquido extraído (\%)} = \left(\frac{m_o - m_f}{m_o} \right) 100 \quad (1)$$

em que: m_o = peso inicial do cubo de carne; m_f = peso final do cubo de carne, após a aplicação da pressão.

2.3 Análise de pH

Foram amostradas quatro fatias de cada tratamento. As fatias tiveram as bordas desprezadas e foram moídas. O pH foi determinado em potenciômetro digital de bancada (marca Quimis, modelo Q400MT), conforme metodologia do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 1985).

2.4 Força de cisalhamento Warner-Bratzler

A força de cisalhamento foi medida segundo método da AMSA (1995), sendo obtida em texturômetro da marca Instron, modelo TA-XT 2i, com o acessório Warner-Bratzler, velocidade de corte de 3,5 mm/s, subida pós-corte de 5 mm/s e distância de ruptura de teste de 30 mm.

De cada tratamento, foram selecionadas seis fatias provenientes de três embalagens aleatórias. Foram retirados de cada fatia três corpos de prova cilíndricos no sentido das fibras, com 1,27 cm de diâmetro (conforme esquema ilustrado na Figura 2), com um vazador cilíndrico de aço inox, totalizando 18 corpos de prova por tratamento. Foram utilizadas fatias, cortadas transversalmente às fibras, com 2 cm de espessura (no sentido do comprimento do músculo), conforme esquema ilustrado na Figura 2. As amostras foram analisadas à temperatura ambiente.

Apesar de a metodologia prever a utilização de fatias de 2,5 cm, foram utilizadas fatias de 2 cm de espessura, porém a aplicação da força é no sentido transversal a esta espessura. Essa diferença eventualmente pode afetar a comparação com resultados de outros autores; no entanto, o tamanho da porção foi importante para reproduzir as condições reais de processamento e consumo deste corte de carne. Fatias de 2,0 cm resultaram em porções de carne crua com cerca de 160 g, as quais, segundo Fracasso (2005) e Oliveira e Silva (2016), correspondem à necessidade nutricional média de um adulto e é comumente servida em restaurantes.

Maximização do rendimento no processamento de carne bovina (músculo *Semitendinosus*) pelo sistema *sous vide*

Moraes, F.; Rodrigues, N. S. S.

2.5 Análise de cor objetiva

A cor objetiva foi medida com o colorímetro Hunter Lab, modelo Color Quest II, com escala CIE L*a*b*, 10° para o ângulo do observador e iluminante D65 sem brilho (HUNTER LAB, 1998). Realizaram-se cinco medições, sendo quatro nas bordas e uma central, em quatro fatias de cada tratamento.

3 Resultados e discussões

Os resultados do delineamento composto central rotacional estão apresentados na Tabela 2.

Nota-se que, conforme esperado, nos pontos centrais (tratamentos 9, 10 e 11), os resultados apresentados para rendimento e líquido extraído referem-se a valores intermediários (de 64,35 a 69,71% e de 19,88 a 24,58%, respectivamente) das faixas de resultados obtidos para estas variáveis (de 60,99 a 75,05% e de 13,69 a 31,08%, respectivamente).

3.1 Rendimento no processamento

Os rendimentos no processamento variaram de 60,70 a 75,05%, sendo, em sua maioria, superiores aos geralmente obtidos para o músculo *Semitendinosus*

processado por sistemas convencionais em serviços de alimentação.

Moraes (2013) obteve rendimento de $61,06 \pm 1,54\%$ para lagarto bovino em peças, cozido por imersão em água a 96 °C. Segundo Lawrie (2005), o músculo *Semitendinosus* tem formato fusiforme e é recoberto por um tecido conjuntivo denso. No estudo de Moraes (2013), o tecido conjuntivo externo ao músculo foi mantido no processamento e, neste estudo, o tecido conjuntivo foi removido na etapa da toailete da carne, o que deve ter afetado o rendimento, já que este forma uma película protetora que auxilia na retenção de líquidos no cozimento (LIGHT; CHAMPION, 1984). A embalagem a vácuo deve ter contribuído para os maiores rendimentos obtidos neste estudo.

Os dados obtidos no presente estudo indicam, segundo o coeficiente de Pearson, correlação positiva entre rendimento e o líquido extraído, com coeficiente de correlação igual a 0,94 (p -valor < 0,001). Tratamentos em que foram obtidos rendimentos maiores tiveram maior teor de líquido extraído e vice-versa. Isso ocorre porque, quanto maior é o encolhimento das fibras musculares, maior quantidade de água exsudam, acarretando em menor rendimento (ROLDÁN et al., 2013; VAUDAGNA et al., 2002).

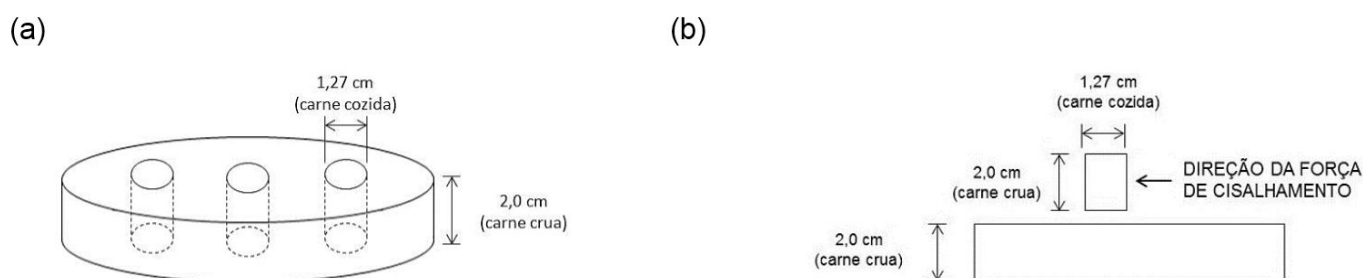


Figura 2. Esquema de amostragem para força de cisalhamento Warner Bratzler: posição (a) e dimensões (b) dos corpos de prova na fatia de carne.

Tabela 2. Médias das medições do delineamento composto central rotacional para lagarto bovino processado pelo sistema *sous vide*.

Tratamento	Variáveis independentes (valores reais)		Variáveis de resposta						
	T (°C)	t (minutos)	Rendimento (%)	Líquido extraído (%)	pH	Força de cisalhamento (kgf)	Cor objetiva		
							L*	a*	b*
1	69,4	39	73,39	29,06	5,74	2,31	43,48	8,28	22,90
2	90,6	39	62,80	19,17	5,80	2,13	43,20	7,46	23,36
3	69,4	231	67,00	27,56	5,90	1,75	36,79	9,39	30,26
4	90,6	231	60,99	15,21	5,82	1,57	43,11	8,86	25,04
5	65,0	135	75,05	30,94	6,03	1,80	30,51	10,97	26,27
6	95,0	135	60,70	13,69	6,17	1,19	36,91	8,48	26,06
7	80,0	0	71,55	31,08	5,96	1,77	44,32	7,37	22,65
8	80,0	270	66,27	21,22	6,31	1,62	43,53	6,28	27,11
9	80,0	135	64,35	19,88	5,78	2,31	45,19	5,07	23,93
10	80,0	135	69,71	24,58	6,49	1,76	41,34	7,45	25,83
11	80,0	135	64,90	21,05	5,73	2,00	45,19	5,80	21,12

São variáveis independentes: T (temperatura de cozimento do meio de aquecimento) e t (tempo de cozimento depois de atingida a temperatura "T" no centro da fatia de carne).

Maximização do rendimento no processamento de carne bovina (músculo *Semitendinosus*) pelo sistema *sous vide*

Moraes, F.; Rodrigues, N. S. S.

Foram considerados significativos o efeito principal, a temperatura (linear) e o tempo (linear) (R^2 igual a 87,33%). O modelo preditivo codificado reparametrizado é linear (Equação 2) e sua análise da variância indica uma porcentagem de variação explicada de 83,97%, além do $F_{\text{calculado}}$ altamente significativo. O erro puro (8,68%) e a falta de ajuste (10,42%) do modelo foram baixos em relação à regressão, assim como a variação nos pontos centrais ($66,32 \pm 2,95\%$). Portanto, como os resultados da regressão foram considerados válidos, foram construídas a superfície de resposta e a curva de contorno (Figura 3).

$$\text{Rendimento} = 66,97 - 9,23 T - 3,92 t \quad (2)$$

$$(R^2 = 83,97\%; F_{\text{calculado}} = 20,95; p\text{-valor } F_{\text{calculado}} = 0,05)$$

em que: T = temperatura do meio de aquecimento; t = tempo de cozimento depois de atingida a temperatura "T" no centro da fatia de carne.

A análise das curvas indicou que o rendimento aumentou com a utilização de menores temperaturas e tempos de cozimento, sendo máximo em temperaturas próximas a 65 °C e tempos mínimos, dentro das faixas estudadas.

A variação da temperatura teve maior impacto no rendimento do que a variação do tempo. Segundo Roldán et al. (2013) e Vaudagna et al. (2002), o aumento da temperatura promove encolhimento mais intenso das fibras musculares, que têm a capacidade de retenção de água diminuída, o que aumenta a exsudação, reduzindo o rendimento.

Resultados semelhantes foram obtidos por Roldán et al. (2013) em estudos com lombo de cordeiro processado pelo sistema *sous vide*. Os autores também reportaram que o rendimento diminuiu de 79,33 para 64,88% com o aumento da temperatura de cozimento de 60 para 80 °C, ambos por seis horas. Os autores atribuíram esse resultado ao encolhimento mais intenso das fibras musculares naquelas condições. O efeito do tempo também foi menos impactante que o da temperatura sobre o rendimento.

Vaudagna et al. (2002) obtiveram rendimentos de 80,59 a 92,44% em lagarto bovino processado pelo sistema *sous vide*. Conforme a temperatura de cozimento aumentou de 50 para 65 °C, houve diminuição do rendimento. Não houve efeito do tempo de cozimento sobre o rendimento. No entanto, o delineamento experimental, neste caso, foi por tentativa e erro.

3.2 Líquido extraído da carne

A perda de líquido da carne por extração variou de 13,69 a 31,08%, e foi diminuindo com a utilização de maiores temperaturas e tempos de cozimento. A variação desses resultados ocorre devido à variação do rendimento: quanto mais água é perdida no cozimento, menor é o rendimento e menos água restará para ser extraída.

O músculo *Semitendinosus* possui fibras musculares paralelas de estrutura compacta, o que pode resultar em baixo teor líquido extraído, quando comparado a outros cortes (LAWRIE, 2005). Foram considerados significativos o efeito principal, a temperatura (linear) e o tempo (linear) (R^2 igual a 92,99%). O modelo preditivo codificado reparametrizado é linear (Equação 3) e sua análise de

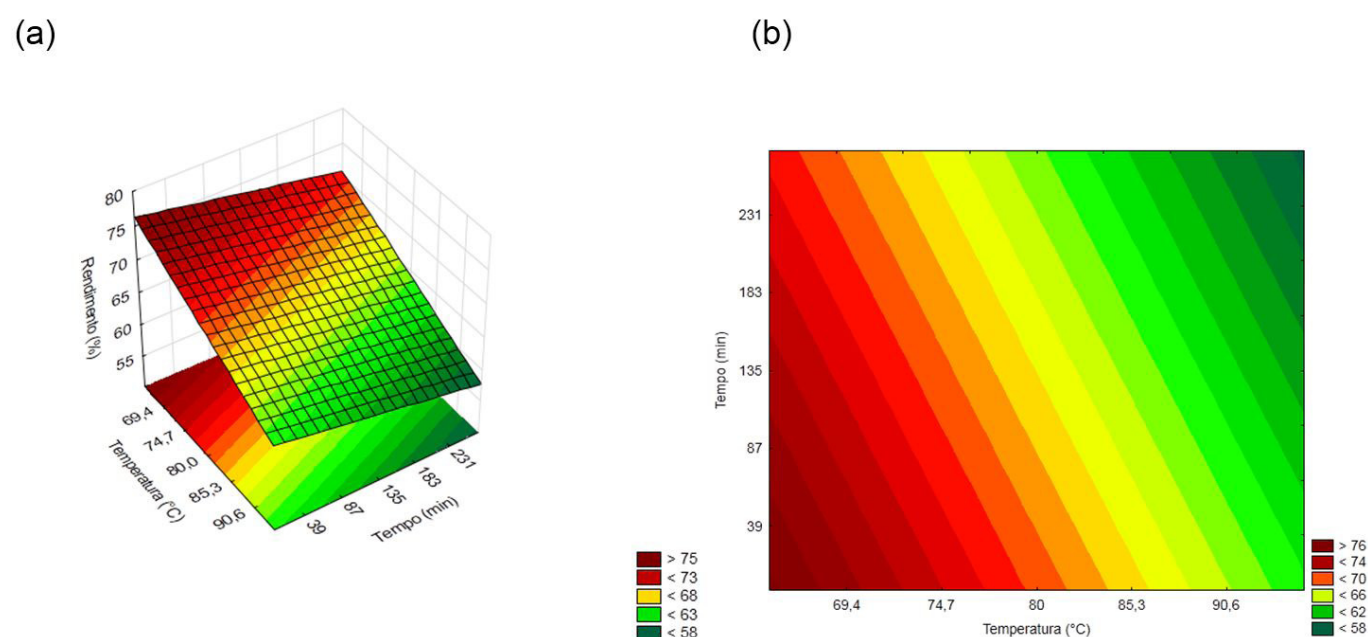


Figura 3. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) do rendimento de processamento em função da temperatura do forno combinado e do tempo de cozimento de lagarto bovino processado pelo sistema *sous vide*.

Maximização do rendimento no processamento de carne bovina (músculo *Semitendinosus*) pelo sistema *sous vide*

Moraes, F.; Rodrigues, N. S. S.

variância indica uma porcentagem de variação explicada de 86,86% e $F_{\text{calculado}}$ altamente significativo. O erro puro (3,74%) e a falta de ajuste (11,39%) do modelo foram baixos em relação à regressão, assim como a variação nos pontos centrais ($21,84 \pm 2,44\%$). Portanto, como os resultados da regressão foram válidos, construiu-se a superfície de resposta e a curva de contorno (Figura 4).

$$\text{Líquido extraído (\%)} = 23,04 - 11,68 T - 4,86 t \quad (3)$$

$$(R^2 = 86,86\%; F_{\text{calculado}} = 26,43; p\text{-valor } F_{\text{calculado}} = 0,02)$$

em que: T = temperatura do meio de aquecimento; t = tempo de cozimento depois de atingida a temperatura "T" no centro da fatia de carne.

As perdas por cozimento são economicamente importantes. Quanto maior a perda por cozimento, menor é o líquido extraído, resultando em uma carne mais seca, com menor maciez e valor nutricional, especialmente devido aos micronutrientes hidrossolúveis que migram para o exsudado (ROLDÁN et al., 2013; VAUDAGNA et al., 2002; DELLA TORRE; BERAQUET, 2005). Conforme observado nas curvas de contorno das Figuras 3b e 4b, carnes com maior rendimento apresentaram maior perda de líquido extraído. Segundo Hultin (1985), o aumento da temperatura e do tempo de cozimento (este, em menor proporção) resulta em maior desnaturação proteica. Com isso, a carne perde mais água no cozimento e o teor de água na carne processada deve ser menor. Consequentemente, o líquido extraído sob pressão também deve ser menor.

3.3 O pH

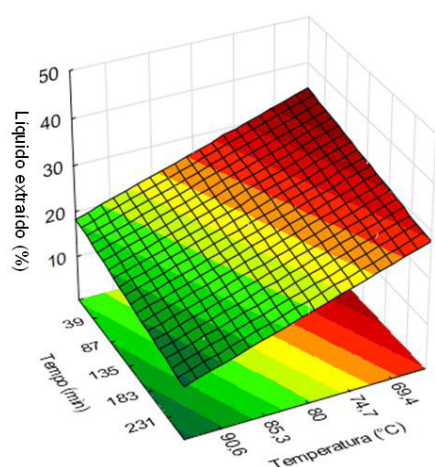
Na carne crua, o pH, medido no dia do processamento, foi $5,75 \pm 0,09$, estando de acordo com a faixa de 5,3 a 5,8 indicada por Lawrie (2005) e por Della Torre e Beraquet (2005), que obtiveram, para lagarto bovino, pH igual a 5,54.

O pH da carne cozida, medido no dia seguinte do processamento, variou de 5,73 a 6,49. Segundo Ledward (1979), o cozimento da carne a temperaturas entre 45 e 80 °C pode promover aumento de pH da ordem de 0,2 a 0,4, devido à liberação de grupamentos iônicos durante a desnaturação proteica, o que justifica parcialmente o aumento de pH nas carnes processadas deste trabalho.

Hansen et al. (1995) obtiveram pH $5,7 \pm 0,1$ em lagarto bovino cru e de 5,8 a 6,2 em lagarto cozido pelo sistema *sous vide* a 59 e a 62 °C, enquanto que Gonçalves (2009) obteve pH de 5,87 a 6,21 em lagarto bovino embalado e cozido por imersão a 70 ou 80 °C, sendo que foram utilizados sais de fosfato no referido estudo e o pH foi medido com eletrodo de punção.

Não houve efeito do tempo e da temperatura sobre o pH, sendo que não há bom ajuste dos valores experimentais ao modelo, com porcentagem de variação explicada de 11,02%. O pH da carne crua pode afetar o rendimento do produto processado, já que altera a solubilidade proteica (LAWRIE, 2005). Contudo, neste trabalho, para a carne cozida, não foram encontradas correlações entre o pH e o rendimento, assim como constatado por Zapata et al.

(a)



(b)

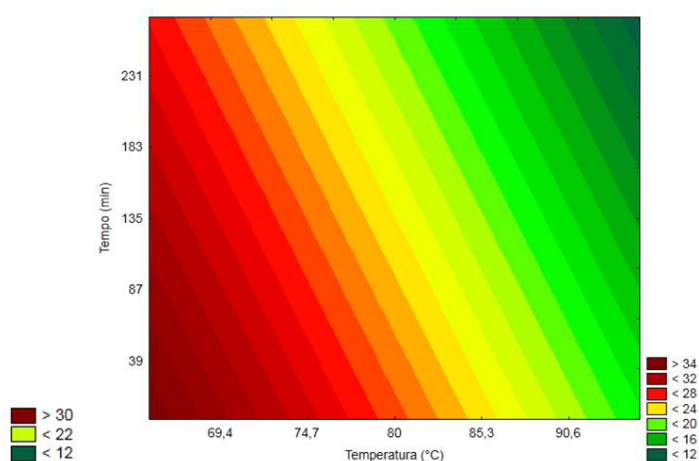


Figura 4. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) da porcentagem de líquido extraído função da temperatura do forno combinado (T) e do tempo de cozimento (t) de lagarto bovino processado pelo sistema *sous vide*.

Maximização do rendimento no processamento de carne bovina (músculo *Semitendinosus*) pelo sistema *sous vide*

Moraes, F.; Rodrigues, N. S. S.

(2006) e Almeida et al. (2002), em estudos com carne de frango.

Os pHs elevados encontrados (até 6,49) não foram considerados evidência de carne DFD (*dry, firm and dark*), já que, na carne crua, não foram observadas características sensoriais que indicassem esse problema, bem como o pH estava dentro da faixa esperada (LAWRIE, 2005). Foi realizada somente uma medição de pH em cada tratamento, conforme prevê a metodologia do planejamento fatorial, em que a variação de resultados é avaliada pelas medidas dos pontos centrais. Não foram observadas razões que possam ter contribuído para a variação do pH entre os tratamentos, já que não houve efeito do tempo ou da temperatura de cozimento sobre o pH da carne cozida.

3.4 Força de cisalhamento Warner-Bratzler

A força de cisalhamento variou de $1,19 \pm 0,19$ a $2,31 \pm 0,10$ kgf e as carnes de todos os tratamentos podem ser consideradas macias (Tabela 2). O músculo *Semitendinosus* é classificado como de maciez intermediária (SAVELL; SMITH, 1999). De acordo com Wheeler et al. (1994), o limite da força de cisalhamento para considerar este músculo macio é de 5,5 e 6,0 kgf.

Na medida em que apenas o efeito principal foi considerado significativo, com R^2 igual a 52%, não foram obtidos o modelo preditivo e a superfície de resposta para esta variável.

A textura da carne bovina é um parâmetro de difícil predição ou padronização, devido à variabilidade natural da matéria-prima (SMULDERS et al., 1992). Essa característica resulta de uma complexa interação de fatores, sendo necessários estudos para que esses mecanismos sejam mais bem compreendidos.

A força de cisalhamento para o músculo *Semitendinosus* cozido em água e a vapor d'água até temperatura interna da carne de 80 °C, obtida por Silva et al. (2007), foram, respectivamente, $5,8 \text{ kgf} \pm 2,5$ e $6,5 \text{ kgf} \pm 2,5$. Cardoso et al. (2004) obtiveram resultados para a força de cisalhamento que variaram de 8,40 a 11,82 kgf, ao estudarem o efeito da estimulação elétrica, do tipo de desossa e das taxas de resfriamento das carcaças na maciez de lagarto bovino cozido em banho-maria a 80 °C (temperatura interna da carne) por 60 min.

Em comparação com os resultados dos trabalhos dos autores acima citados, foram obtidas forças de cisalhamento menores (de $1,19 \text{ kgf} \pm 0,19$ a $2,31 \text{ kgf} \pm 0,09$). O processamento da carne em fatias, bem como o cozimento por tempos mais prolongados, quando comparados aos dos autores citados, podem ter contribuído para estes resultados, já que tais condições favorecem maior solubilização do colágeno. O processamento pelo sistema *sous vide* pode ter contribuído para maior maciez, em

comparação aos resultados dos trabalhos citados, devido ao cozimento a vácuo, que impede a evaporação do líquido exsudado no cozimento, evitando o ressecamento das proteínas miofibrilares. Consequentemente, foram obtidas carnes mais macias e com maiores rendimentos. Duarte et al. (2011) obtiveram correlação negativa entre o teor de colágeno solúvel e a força de cisalhamento em lagarto bovino. Assim, amostras que tinham maior teor de colágeno solubilizado apresentaram menores valores de força de cisalhamento.

A maciez da carne cozida é afetada pelo comportamento antagônico das proteínas miofibrilares e do colágeno. Enquanto as proteínas miofibrilares tendem a perder água e encurtar com a maior intensidade do cozimento, reduzindo a maciez e a suculência da carne, o colágeno tende a gelatinizar e aumentar a maciez (NIKMARAM et al., 2011).

A carne processada na temperatura máxima da faixa estudada (tratamento 6, a 95,0 °C) obteve força de cisalhamento mínima ($1,19 \text{ kgf} \pm 0,19$). Segundo Palka (2003), o aumento da temperatura de cozimento pode provocar desintegração das miofibrilas, devido à solubilização do colágeno que as envolve, aumentando a maciez da carne. Esse mesmo autor afirma que, no músculo *Semitendinosus*, a desintegração das miofibrilas se inicia a 70 °C, com maior efeito a 90 °C. Roldán et al. (2013) observaram a formação de espaços vazios entre as fibras musculares da carne processada a 60 °C. Já a carne processada a 70 °C, ou temperatura superior, apresentou esses espaços preenchidos pelo colágeno solubilizado, o que deve aumentar a maciez da carne. Em cortes cárneos de alto teor de colágeno, como o músculo *Semitendinosus*, o cozimento a 80 °C por tempo prolongado (até 270 minutos depois de atingida esta temperatura) favoreceu a maciez sem grande prejuízo para o rendimento. Isso pode ter ocorrido, nestas condições, devido à solubilização do colágeno sem intensificação do encolhimento das proteínas miofibrilares, preservando a retenção de água. O músculo *Semitendinosus* possui teor alto de elastina (40% do tecido conjuntivo) em relação aos demais músculos bovinos do traseiro e do lombo (5% do tecido conjuntivo), o que contribui para a dureza daquele músculo (BENDALL, 1973). Como a elastina não é desnaturada pelo calor (BALDWIN, 2012), a solubilização do colágeno é muito importante para a maciez da carne.

A formação de gel pelas proteínas miofibrilares, em especial a miosina, também pode ter afetado esses resultados. O aquecimento mais lento pode favorecer as interações entre moléculas proteicas, resultando em um gel mais forte (XIONG, 1997).

Além disso, a combinação das proteínas miofibrilares com o colágeno que há no músculo *Semitendinosus* pode ter resultado em gel mais fraco, reduzindo a dureza e a força de cisalhamento da carne (BREWER et al., 2005).

Maximização do rendimento no processamento de carne bovina (músculo *Semitendinosus*) pelo sistema *sous vide*

Moraes, F.; Rodrigues, N. S. S.

3.5 Cor objetiva

Os valores de cor objetiva nos 11 tratamentos variaram de 30,5 a 45,2 para o parâmetro L^* ; 5,1 a 11,0 para o parâmetro a^* , e 21,1 a 30,3 para o parâmetro b^* , indicando coloração levemente avermelhada e amarelada em todos os processamentos.

Foram considerados significativos para L^* : o efeito principal (43,99), a temperatura (linear) (3,77) e a temperatura (quadrática) (-8,81), com R^2 igual a 85%. Não há bom ajuste dos valores experimentais ao modelo, com porcentagem de variação explicada de 74,99%.

Para a^* : o efeito principal (6,11) e a temperatura (quadrática) (3,75), com R^2 igual a 80%. Não há bom ajuste dos valores experimentais ao modelo, com porcentagem de variação explicada de 65,84%.

Para b^* : o efeito principal (23,63) e o tempo (linear) (3,84), com R^2 igual a 77%. Não há bom ajuste dos valores experimentais ao modelo, com porcentagem de variação explicada de 47,79%.

Nos três parâmetros (L^* , a^* e b^*), o $F_{\text{calculado}}$ foi maior ou próximo ao $F_{\text{crítico}}$ (3,11): 11,99, 7,71 e 3,38, respectivamente. Além disso, o erro puro e a falta de ajuste dos modelos matemáticos foram altos quando comparados aos valores da regressão: 9,92% e 43,10% para L^* , 15,90% e 35,99% para a^* e 38,13% e 80,26% para b^* . Assim, apenas os efeitos foram utilizados para avaliar a influência da temperatura e do tempo de cozimento na cor objetiva da carne cozida.

Avaliando-se os efeitos quadráticos da temperatura, observa-se que houve aumento do parâmetro de cor objetiva L^* e diminuição de a^* , quando foram utilizadas temperaturas intermediárias de cozimento (cerca de 80 °C) dentro da faixa estudada, resultando em carne de cor mais clara. Não houve influência do tempo de cozimento sobre as alterações dos valores L^* e a^* . O parâmetro de cor b^* não foi afetado em função da temperatura ou do tempo de cozimento ($p < 0,10$).

A cor da carne é afetada pela desnaturação das proteínas sarcoplasmáticas (CHRISTENSEN et al., 2011). A desnaturação destas proteínas é intensificada com o aumento da temperatura, tornando-as menos pigmentadas, aumentando os valores de L^* e reduzindo os de a^* .

Efeito semelhante da temperatura de cozimento sobre o valor de L^* de carne bovina cozida pelo sistema *sous vide* foi observado por García-Segovia et al. (2007) e por Pulgar et al. (2012). Também Christensen et al. (2011) obtiveram resultados semelhantes ao estudar carne suína cozida pelo sistema *sous vide*. Estes autores atribuíram o aumento de L^* na elevação da temperatura de cozimento de 60 para 80 °C, devido ao menor teor de umidade da carne cozida, o que não permitiria penetração tão profunda da luz no tecido muscular.

Para King e Whyte (2006), a diminuição do valor a^* da carne cozida com o aumento da temperatura de cozimento ocorreu devido à maior desnaturação da mioglobina, nestas condições. Vaudagna et al. (2002) observaram que o parâmetro a^* diminuiu de 14,53 para 5,97, conforme a temperatura de cozimento de lagarto bovino pelo sistema *sous vide* aumentou de 50 para 65 °C. Os autores reportam que a carne processada a 50 °C apresentou cor interna vermelho brilhante, enquanto a processada a 60 e a 65 °C apresentou cor interna rósea.

Roldán et al. (2013) também observaram diminuição do valor a^* com o aumento da temperatura de cozimento de 60 para 80 °C em carne de cordeiro cozida pelo sistema *sous vide*, atribuindo este resultado à maior degradação da mioglobina com o aumento da temperatura.

Quanto mais rapidamente a temperatura aumenta, mais avermelhada se torna a carne cozida. E quanto mais tempo a carne permanece à determinada temperatura, mais clara a carne tende a ficar (CHARLEY; WEAVER, 1997). No entanto, a partir de 80 °C, supõe-se que o clareamento da carne não seja evidente (redução do valor L^*) devido ao seu menor rendimento (Figura 3), o que provoca ressecamento e conseqüente redução do valor do parâmetro L^* , isto é, redução da luminosidade da carne.

4 Conclusões

Os valores do rendimento (60,70 a 75,05%) das carnes processadas pelo sistema *sous vide* foram superiores aos obtidos no processamento por sistemas convencionais. O cozimento de 65 a 95 °C da carne embalada a vácuo favoreceu a retenção de água e, conseqüentemente, o rendimento, que foi maximizado com a utilização de temperatura e tempo de cozimento mais baixos, dentro das faixas estudadas. A perda de água da carne foi mais afetada pela variação da temperatura do que pelo tempo de cozimento. A força de cisalhamento variou de 1,19 a 2,31 kgf e o menor valor foi obtido no cozimento a 95 °C; apesar disso, o modelo matemático teve baixo ajuste. Temperaturas intermediárias de cozimento resultaram em carne com cores mais claras e o vermelho menos intenso, sem correlações com a tonalidade amarela. Tempos de cozimento maiores aumentaram a palidez da carne. As condições de temperatura e tempo de cozimento não afetaram o pH da carne cozida.

Agradecimentos

À prefeitura da Unicamp.

Referências

ALMEIDA, I. C. L.; MENDES, A. A.; OLIVEIRA, E. G.; GARCIA, R. G.; GARCIA, E. A. Efeito de dois níveis de lisina e do sexo sobre o rendimento e qualidade da carne de peito de frangos de corte.

Maximização do rendimento no processamento de carne bovina (músculo *Semitendinosus*) pelo sistema *sous vide*

Moraes, F.; Rodrigues, N. S. S.

Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1744-1752, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982002000700017>.

AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION – AMSA. **Research guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat**. 1. ed. Chicago: AMSA, 1995. 15 p.

BALDWIN, D. E. *Sous vide* cooking: a review. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, Amsterdam, v. 1, n. 1, p. 15-30, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijgfs.2011.11.002>.

BENDALL, J. R. Postmortem changes in muscle. In: BOUME, G. H. (Ed.). **The structure and function of muscle**. New York: Academic Press, 1973. v. 2, p. 243-309. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-119102-3.50012-4>.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004. Dispõe sobre regulamento técnico de boas práticas para serviços de alimentação. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 set. 2004. 12 p.

BREWER, M. S.; PETERSON, W. J.; CARR, T. C.; MCCUSKER, R.; NOVAKOFSKI, J. Thermal gelation properties of myofibrillar protein and gelatin combinations. **Journal of Muscle Foods**, Connecticut, v. 16, n. 2, p. 126-140, 2005. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4573.2005.09204.x>.

CARDOSO, S.; BERAQUET, N. J.; PINTO NETO, M. Low voltage electrical stimulation, hot boning and high temperature conditioning of longissimus lumborum muscle from *Bos indicus*: drip and cooking loss, water holding capacity and colour. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 50., 2004, Helsinki. **Abstracts...** Helsinki: Helsinki University Press, 2004.

CHARLEY, H.; WEAVER, C. **Foods: a scientific approach**. 3rd ed. London: Prentice-Hall, 1997. 582 p.

CHRISTENSEN, L. B.; ERTBJERG, P.; AASLYNG, M. D.; CHRISTENSEN, M. Effect of prolonged heat treatment from 48 °C to 63 °C on toughness, cooking loss and color of pork. **Meat Science**, Barking, v. 88, n. 2, p. 280-285, 2011. PMID:21256682. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.12.035>.

CINTRA, P. **Qualidade e redução de custos em alimentos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Rubio, 2016. 143 p.

CORNFORTH, D. Spectrophotometric and reflectance measurements of pigments of cooked and cured meats. **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**, New York, v. 3, n. 2, p. F:F3:F3.2, 2011.

DELLA TORRE, J. C. M. D.; BERAQUET, N. J. Composição centesimal e teor de colágeno em carne bovina moída. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 64, n. 2, p. 223-231, 2005.

DUARTE, M. S.; PAULINO, P. V. R.; FONSECA, M. A.; DINIZ, L. L.; CAVALI, J.; SERÃO, N. V. I.; GOMIDE, L. A. M.; REIS, S. F.; COX, R. B. Influence of dental carcass maturity on carcass traits and meat quality of Nelore bulls. **Meat Science**, Barking, v. 88, n. 3,

p. 441-446, 2011. PMID:21333459. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.01.024>.

FRACASSO, P. **Minimização de custos para refeições coletivas da USP-SP**. São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.sbmac.org.br/eventos/cnmac/cd_xxviii_cnmac/posters/066poster_CNMAC2005_paulo_fracasso.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2016.

GARCÍA-SEGOVIA, P.; ANDRÉS-BELLO, A.; MARTÍNEZ-MONZÓ, J. Effect of cooking method on mechanical properties, colour and structure of beef muscle (*M. pectoralis*). **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 80, n. 3, p. 813-821, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.07.010>.

GONÇALVES, J. R. **Qualidade da carne bovina (M. Semitendinosus) injetada, acondicionada em embalagem cook in e cozida sob diferentes regimes de cocção**. 2009. 95 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos)-Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

HAMM, R. Properties of meat proteins. In: LAWRIE, R. A. **Proteins as human food**. Wesport: AVI Publishing, 1969. cap. 5, p. 167-185.

HANSEN, T. B.; KNOCHER, S.; JUNCHER, D.; BERTELSEN, G. Storage characteristics of *sous vide* cooked roast beef. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 30, n. 3, p. 365-378, 1995. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1995.tb01384.x>.

HULTIN, H. O. Características del tejido muscular. In: FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1985. cap. 12, p. 815-888.

HUNTER LAB. **User's manual with universal software versions 3.5**. Reston, 1998. Paginação irregular.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ – IAL. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo, 1985. 360 p. v. 1.

KING, N. J.; WHYTE, R. Does it look cooked? A review factors that influence cooked meat color. **Journal of Food Science**, Champaign, v. 71, p. 31-40, 2006. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00029.x>.

KONG, F. B.; TANG, J. M.; RASCO, B.; CRAPO, C. Kinetics of salmon quality changes during thermal processing. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 83, n. 4, p. 510-520, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.04.002>.

LAWRIE, R. A. **Ciência da carne**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 384 p.

LEDWARD, D. A. Meat. In: PRIESTLEY, R. J. (Ed.). **Effects of heating on foodstuffs**. England: Applied Science Publishers, 1979. p. 121-157.

LIGHT, N.; CHAMPION, A. N. Characterization of muscle epimysium, perimysium and endomysium collagens. **Journal of Food Biochemistry**, London, v. 219, n. 3, p. 1017-1026, 1984. PMID:6743238.

Maximização do rendimento no processamento de carne bovina (músculo *Semitendinosus*) pelo sistema *sous vide*

Moraes, F.; Rodrigues, N. S. S.

- MANCINI, R. A.; HUNT, M. C. Current research in meat color: a review. **Meat Science**, Barking, v. 71, n. 1, p. 100-121, 2005. PMID:22064056. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.03.003>.
- MORAES, F. **Aplicação do sistema cook chill no preparo de lagarto bovino (músculo *Semitendinosus*) em restaurantes de coletividade**. 2013. 154 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição)-Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.
- NIKMARAM, P.; YARMAND, M. S.; EMAMJOMEH, Z.; DAREHABI, H. K. The effect of cooking methods on textural and microstructure properties of veal muscle (*Longissimus dorsi*). **Global Veterinaria**, Pakistan, v. 6, p. 201-207, 2011.
- OLIVEIRA, T. C.; SILVA, D. A. **Administração de unidades produtoras de refeições: desafios e perspectivas**. Rio de Janeiro: Rubio, 2016. 201 p.
- PALKA, K. The influence of post-mortem ageing and roasting on the microstructure, texture and collagen solubility of bovine *Semitendinosus* muscle. **Meat Science**, Barking, v. 64, n. 2, p. 191-198, 2003. PMID:22062866. [http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00179-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00179-1).
- POWELL, T. H.; DIKEMAN, M. E.; HUNT, M. C. Tenderness and collagen of beef *Semitendinosus* roasts cooked by conventional convective cooking and modeled, multi-stage, convective cooking. **Meat Science**, Barking, v. 55, n. 4, p. 421-425, 2000. PMID:22061574. [http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740\(99\)00171-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00171-0).
- PULGAR, J. S.; GÁZQUEZ, A.; RUIZ-CARRASCAL, J. Physico-chemical, textural and structural characteristics of *sous-vide* cooked pork cheeks as affected by vacuum, cooking temperature, and cooking time. **Meat Science**, Barking, v. 90, n. 3, p. 828-835, 2012. PMID:22154568. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.11.024>.
- ROLDÁN, M.; ANTEQUERA, T.; MATÍN, A.; MAYORAL, A. I.; RUIZ, J. Effect of different temperature-time combinations on physicochemical, microbiological, textural and structural features of *sous vide* cooked Lamb loins. **Meat Science**, Barking, v. 93, n. 3, p. 572-578, 2013. PMID:23273466. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.11.014>.
- RUÍZ, J. Cocina al vacío y a temperaturas controlada. **Revista de la Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular**, Barcelona, v. 166, p. 11-14, 2010.
- RUÍZ, J.; CALVARRO, J.; SÁNCHEZ DEL PULGAR, J.; ROLDÁN, M. Science and technology for new culinary techniques. **Journal of Culinary Science & Technology**, Binghamton, v. 11, n. 1, p. 66-79, 2013. <http://dx.doi.org/10.1080/15428052.2013.755422>.
- SÃO PAULO. Secretaria de Estado da Saúde. Portaria CVS nº 5, de 09 de abril de 2013. Aprova o regulamento técnico sobre boas práticas para estabelecimentos comerciais de alimentos e para serviços de alimentação. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, SP, 9 abr. 2013. 29 p.
- SAVELL, J. M.; SMITH, G. C. Chapter anatomy. In: SAVELL, J. M.; SMITH, G. C. **Meat science laboratory manual**. Texas: College Station, Texas A&M University, 1999. 48 p.
- SILVA SOBRINHO, A. G. **Body composition and characteristics of carcass from lambs of different genotypes and ages at slaughter**. Palmerston North: Massey University, 1999.
- SILVA, M. L.; CONTRERAS-CASTILLO, C. J.; ORTEGA, E. M. M. Efeito do cozimento na qualidade do músculo *Semitendinosus*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 441-445, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612007000300003>.
- SMULDERS, F. J. M.; TOLDRÁ, F.; FLORES, J.; PRIETO, M. **New technologies for meat and meat products**. Utrecht: Audet Tijdschriften, 1992. p. 182-188.
- STATSOFT SOUTH AMERICA. **Statistica 12®**: versão 12. São Caetano do Sul: Dell Inc., 2016. Disponível em: <<http://www.statsoftcursos.com.br/download.php>>. Acesso em: 20 fev. 2016.
- SUN, X. D.; HOLLEY, R. A. Factors influencing gel formation by myofibrillar proteins in muscle foods. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Chicago, v. 10, p. 33-51, 2011.
- TAYLOR, R. G. Connective tissue structure, function and influence on meat quality. In: JENSEN, W. K.; DEVINE, C.; DIKEMAN, M. (Ed.). **Encyclopedia of meat sciences**. Oxford: Academic Press, 2004. p. 306-313.
- TORNBERG, E. Effect of heat on meat proteins: implications on structure and quality of meat products. **Meat Science**, Barking, v. 70, n. 3, p. 493-508, 2005. PMID:22063748. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.11.021>.
- VAUDAGNA, S. R.; SÁNCHEZ, G.; NEIRA, M. S.; INSANI, E. M.; PICALLO, A. B.; GALLINGER, M. M.; LASTA, J. A. *Sous vide* cooked beef muscles: effects of low temperature-long time (LT-LT) treatments in their quality characteristics and storage stability. **International Journal of Food Science & Technology**, Oxford, v. 37, n. 4, p. 425-441, 2002. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2621.2002.00581.x>.
- WHEELER, T. L.; CUNDIFF, L. V.; KOCH, R. M. Effect of marbling degree on beef palatability in *Bos Taurus* and *Bos indicus* cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 12, p. 3145-3151, 1994. PMID:7759364.
- XIONG, Y. L. Structure-functionality relationships of muscle proteins. In: DAMODARAN, S.; PARAF, A. (Ed.). **Food proteins and their applications**. New York: Marcel Dekker, 1997. p. 341-392.
- YAU, N. J. N.; HUANG, Y. J. Effect of thawing methods on textural quality of *sous-vide* stewed beef assessed by sensory and instrumental analyses. **Journal of Food Quality**, Malden, v. 24, n. 5, p. 375-387, 2001. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4557.2001.tb00617.x>.
- ZAPATA, J. F. F.; ANDRADE, A. A.; ASSUNÇÃO, G. B.; BARRETO, S. C. S.; ABREU, V. K. G.; FUENTES, M. F. F.; FREITAS, E. R.; GARRUTI, D. S. Avaliação preliminar do armazenamento em congelamento sobre a qualidade da carne de peito de frangos de dois tipos genéticos. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 9, n. 3, p. 185-191, 2006.