

EFEITOS DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA DE BAIXA VOLTAGEM SOBRE A QUALIDADE DA CARNE DE BOVINOS¹

GELSON LUÍS DIAS FEIJÓ² e LAURO MÜLLER³

RESUMO - Foram avaliados os efeitos da estimulação elétrica sobre a qualidade da carne bovina. Utilizaram-se 36 novilhos Polled Hereford, abatidos com 24 meses de idade e peso médio ao abate de 436 kg. A estimulação elétrica (21 V e 0,25 Amp em onda quadrada), foi aplicada três minutos após a sangria, através de eletrodo nasal, por 18 segundos. A queda da temperatura durante as primeiras 24 horas de resfriamento ($P < 0,0001$) foi mais lenta nas carcaças estimuladas, mas não houve efeito do estímulo sobre a queda do pH ($P > 0,3803$), cor do músculo resfriado ou congelado e grau de exsudação ($P > 0,70$). Não houve diferença na quebra ao descongelamento ($P > 0,4260$), porém a estimulação promoveu maior quebra à cocção ($P < 0,0348$). O estímulo elétrico não alterou a maciez, suculência e palatabilidade ($P > 0,25$), assim como a força de cisalhamento ($P > 0,7357$) e comprimento de sarcômero ($P > 0,4627$). Pode-se concluir que a estimulação não afetou a qualidade da carne. Sugere-se que processos de eletroestimulação de baixa voltagem, semelhantes ao utilizado, devem ser modificados quanto ao método e tempo de aplicação ou quanto à voltagem, já que do modo como são aplicados mostram-se ineficazes.

Termos para indexação: novilhos, carne macia.

EFFECTS OF LOW VOLTAGE ELECTRICAL STIMULATION ON BEEF QUALITY

ABSTRACT - Thirty-six Polled Hereford steers averaging two years of age and 436 kg live weight were used to verify the effects of low voltage electrical stimulation on meat quality. The stimulation (21 V and 0.25 Amp on squared wave) was applied three minutes after bleeding, with nasal electrode for 18 seconds. The drop in temperature, during 24 hours post-mortem, was slower in the stimulated carcasses ($P < .0001$) but did not affect the pH fall ($P > .3803$), the chilled or frozen muscle color and degree of exsudation ($P > .70$). No difference was observed in thawing losses ($P > .4260$), but stimulation promoted more cooking losses ($P < .0348$). Electrical stimulation did not affect tenderness, juiciness and palatability ($P > .25$), as well the shear force ($P > .7357$) and sarcomere length ($P > .4627$). It can be concluded that the electrical stimulation had no effect in the quality of the meat. It is suggested that low voltage electrical stimulation as used must be modified, with respect to method and time of application or voltage, since the process applied inefficient.

Index terms: steers, tender meat.

INTRODUÇÃO

Estimulação elétrica (EE) é o processo no qual uma carcaça é percorrida, em algum ponto da linha de abate, por uma corrente elétrica de forma a induzir contrações musculares e acelerar os even-

tos bioquímicos e físicos que ocorrem no músculo após a morte (West, 1982).

Os efeitos da EE, conforme Eikelenboom (1993), podem ser resumidos em cinco itens: 1º aceleração da glicólise *post-mortem*, através de um maior consumo de ATP, resultando em uma rápida queda do pH até o valor final; 2º espera-se um aumento na temperatura muscular logo após o estímulo; 3º aumento da percentagem de exsudação e perdas à cocção, causadas pela desnaturação protéica e conseqüente menor capacidade de retenção de água; 4º melhora na coloração, tornando-a mais brilhante, fato, este, devido a uma melhor reflexão, em função de trocas na microestrut-

¹ Aceito para publicação em 14 de outubro de 1994.
Extraído da Dissertação de Mestrado em Zootecnia do primeiro autor, UFSM, com apoio financeiro da FAPERGS.

² Méd. Vet., M.Sc. em Produção Animal, Rua Senador Casiano do Nascimento, nº 85, Apto. 301. CEP 97050-680, Santa Maria, RS.

³ Eng. Agr., Ph.D., Prof.-Titular, Dep. Zoot., UFSM, CEP 97119-900, Santa Maria, RS.

tura tecidual e por inibição da respiração mitocondrial, que aumenta a pressão de oxigênio na superfície muscular, ocasionando melhor oxigenação da mioglobina. Esta cor, entretanto, pode ser considerada como um pouco menos estável; 5° em resfriamento rápido, a carcaça contrai-se menos, resultando em carnes mais macias.

Há uma alta correlação entre o pH e a glicólise muscular com formação de lactato (Hofmann, 1988). Seguindo esta teoria, vários pesquisadores afirmam que a eficiência do processo de EE pode ser monitorada através da velocidade de queda do pH (Bouton et al., 1980; Solomon, 1986; Berry et al., 1988; Garcia et al., 1990 e Taylor & Martoccia, 1992). Observa-se uma sensível queda do pH com a estimulação, havendo um pico no momento da aplicação (aumento de 100 a 150 vezes na velocidade de queda do pH), seguido de uma queda ligeiramente mais rápida que a dos não estimulados, após o estímulo (1,5 a 2 vezes), não havendo, porém, alteração no pH final (Corte et al., 1980 e Chrystall & Devine, 1982).

Segundo Savell (1982), os efeitos da eletroestimulação sobre a maciez são bem visíveis em carcaças que normalmente produzem carne dura, porém há pouca influência sobre carnes macias. Rudéris & Fabiansson (1982) afirmam que a maior utilidade da EE é padronizar a maciez da carne, já que quando não é utilizada as carnes podem ser tão macias quanto carnes estimuladas, ou apresentar a metade da maciez destas.

Para Takahashi et al. (1984), a maciez de carcaças estimuladas com baixa voltagem só será evidenciada quando não existirem condições propícias ao encurtamento pelo frio, já que este tipo de estimulação não exerce ação sobre a estrutura miofibrilar. Dados semelhantes são apresentados por Eikelenboom & Smulders (1982), Smulders & Eikelenboom (1987) e Eikelenboom (1989), que observaram carcaças estimuladas não apresentaram diminuição no comprimento de sarcômero após resfriamento e congelamento. Alguns estudos anteriores, entretanto, não demonstraram ser o estímulo elétrico capaz de evitar o encurtamento pelo frio (Dutson et al., 1980; Judge et al., 1980).

Aplicando EE (70 V por 60 s) 5 a 10 minutos após o abate de novilhas, Eikelenboom &

Smulders (1982), observaram cor mais clara, maior exsudação e maiores perdas na cocção em relação às não estimuladas. Segundo os mesmos autores, certo grau de desnaturação protéica seria responsável pelos efeitos da EE sobre a cor e a capacidade de retenção de água. Lüdden et al. (1983) e Eikelenboom (1989) concluíram que a melhor cor de carnes estimuladas seria o principal aspecto qualitativo a influenciar a preferência do consumidor.

Utilizando um sistema de eletroestimulação de baixa voltagem (40 V e 13,8 Hz) por diferentes tempos de aplicação (30, 60 e 90 segundos) 5 minutos após a sangria, Mikami & Miura (1988), observaram que o estímulo elétrico, independentemente do tempo de aplicação, provocou degradação de proteínas sarcoplasmáticas, originando alguns peptídeos e aminoácidos, influem na palatabilidade da carne.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizaram-se 36 bovinos machos, castrados, da raça Polled Hereford, com idade média de 24 meses e peso ao abate de 436 kg. Os animais foram abatidos no Frigorífico CICADE Industrial de Carnes Ltda., município de Bagé, RS, seguindo o fluxo operacional próprio desse frigorífico, constando de jejum e dieta hídrica por mais de 12 horas, banho com água hiperclorada, insensibilização, sangria, eletroestimulação, esfolagem, evisceração, inspeção, pesagem e condução ao resfriamento.

Os novinhos foram divididos aleatoriamente em estimulados e não estimulados, sendo que a EE utilizada constava de uma corrente de 21 V e 0,25 Amp em onda quadrada, por 18 segundos, aplicada cerca de três minutos após a sangria. O processo foi executado através de aparelho, com acionamento manual e desligamento automático, marca JARVIS, modelo BV-80. A aplicação foi através de eletrodo colocado na fossa nasal (tipo pinça), o qual constituiu o pólo positivo, com a corrente passando pelo animal e dissipando-se nos materiais metálicos das instalações. A escolha do processo de estimulação de baixa voltagem deu-se em função de ele já ser normalmente utilizado pelo frigorífico, de forma que sua aplicação não implicou qualquer alteração do fluxo de abate.

Todas as carcaças foram mantidas em resfriamento por 24 horas, em câmara apropriada medindo 520 m³ (16,90 x 5,80 x 5,30 m) e com capacidade de resfriamento de 22 toneladas (cerca de 100 carcaças). O resfriamento foi o usualmente utilizado pelo frigorífico, em

que a temperatura na câmara foi em torno de 0 °C, com umidade relativa variando de 85% a 90% e velocidade do ar de 0,5 a 3,0 m/s.

A avaliação da cor e espessura da gordura foi realizada no músculo *Longissimus*, entre a 12ª e 13ª costela (Müller, 1987). Nesta mesma porção, também mediu-se a temperatura e o pH durante o período de *rigor mortis*. As tomadas foram realizadas através de termômetro eletrônico marca GULTAN, modelo D-1200, com sensor metálico de penetração e com potenciômetro digital marca ANALION, modelo PM 603, com eletrodo/sensor de vidro para penetração, modelo V-620. As tomadas foram: 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 24 horas após o abate.

Após o término das avaliações, os músculos foram acondicionados em saco próprio para embalagem a vácuo (termo-encolhível, com múltiplas camadas e alta barreira à passagem do oxigênio, marca CRIOVAC/GRACE), e levados ao congelamento usualmente utilizado pelo frigorífico (túneis de congelamento à temperatura de -35°C, por 36 horas, e depois, mantidos em câmara de estocagem a -18 °C). Uma vez congelados, foram transportados ao Laboratório de Carnes do Departamento de Zootecnia, sendo assim mantidos até a realização das análises organolépticas.

As análises organolépticas, conforme Müller (1987), constaram da avaliação da coloração (CorCong) e grau de exsudação (Exsud) após o congelamento (Em 5 categorias, onde o valor 5 significava cor clara e sem exsudação, enquanto o valor 1 era carne escura e extremamente exsudada), cálculo da quebra do descongelamento (Qdesc), e à cocção (Qcoc), através da diferença de peso apresentada por bifes de 2,5 cm de espessura pesados em estado de congelados, após o descongelamento, e após atingirem a temperatura interna de 70°C, com cocção em forno a gás. Fez-se a avaliação da palatabilidade (Palat), suculência (Sucul) e maciez, através de painel de degustação com escala de 9 valores, sendo o valor 1 para carnes sem sabor, extremamente duras e secas, enquanto o valor 5 indicava a média, e o valor 9, carnes extremamente saborosas, macias e suculentas. Foi também medida a força de cisalhamento (Fcis), pelo aparelho "Warner-Bratzler shear".

Fez-se a medição do comprimento do sarcômero, seguindo a técnica utilizada por Müller (1974). Tomou-se uma amostra de 5 g, homogeneizou-se em 35 ml de solução 0,1 M de sacarose e levou-se ao laboratório Hormolab (Santa Maria), onde se observou em imersão (1000X). Foi medido o comprimento de 10 sarcômeros e calculada a média, repetindo-se o procedimento em 30 fibras por músculo.

Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos: com ou sem estimulação elé-

trica. As variáveis foram estudadas através da análise de variância, seguindo o modelo:

$$Y_{ij} = M + A_i + E_{ij}$$

Onde: Y_{ij} = observação referente ao animal j do tratamento i

M = média das observações

A_i = efeito da estimulação elétrica i , variando i de 1 (com estímulo) a 2 (sem estímulo).

E_{ij} = erro aleatório para o animal j de estimulação i

Foram realizados estudos de correlação entre todas as variáveis avaliadas, e análise de regressão para a avaliação da queda da temperatura e do pH em função do tempo e dos tratamentos, utilizando-se ou não a espessura da gordura de cobertura e o peso da carcaça quente como co-variáveis. Todos os cálculos foram executados no Núcleo de Processamento de Dados (NPD) da UFSM, utilizando-se o programa "Statistical Analysis System", versão 6.0 (SAS, 1990).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do estímulo elétrico ocasionou uma curva de queda de temperatura mais branda, apresentando temperaturas mais elevadas em todas as medições realizadas (Tabela 1). Através da regressão da temperatura em função do tempo e do estímulo elétrico, observou-se que houve efeito significativo da estimulação sobre a queda da temperatura (Tabela 2), e foi encontrada a seguinte equação: $Y = 20,247165 - 0,961821 T$ com $r^2 = 87,17\%$ e $P < 0,0001$.

Espera-se um incremento na temperatura muscular após o estímulo, mas este aumento é somen-

TABELA 1. Temperaturas médias observadas nas 24 horas após o abate, para carcaças eletro ou não estimuladas.

Temperaturas (°C)	Com estímulo n = 18	Sem estímulo n = 18	P < F
2 h após Abate	22,04	21,51	0,5692
4 h após Abate	19,17	16,98	0,0054
6 h após Abate	15,42	13,46	0,0005
8 h após Abate	12,93	11,52	0,0047
10 h após Abate	10,87	9,01	0,0001
12 h após Abate	8,51	6,52	0,0010
24 h após Abate	0,23	-0,74	0,0006

te por um período relativamente curto e muitas vezes restrito à área de aplicação do estímulo elétrico (Kostov et al., 1987a; Pedersen et al., 1993). Não há registros bibliográficos que expliquem a menor velocidade de queda da temperatura nas 24 horas após o abate sob ação da EE.

Conforme Bendall (1972), Moreno (1982) e Fisher et al. (1992), a queda de temperatura está relacionada com fatores próprios de cada carcaça, como peso e grau de acabamento. Nos resultados obtidos, a diferença no peso de carcaça quente foi de 4,77 kg, e no grau de acabamento foi de 1,3 cm, ambos favoráveis às carcaças eletroestimuladas. Apesar de não serem estatisticamente diferentes, é possível que estas diferenças tenham contribuído para uma queda mais lenta da temperatura.

Na análise de regressão múltipla, tendo o peso de carcaça quente como variável independente, observou-se o seu efeito não significativo ($P > 0,05$). Já no modelo contendo a espessura de gordura, apesar de esta ter efeito significativo ($P < 0,0001$), a estimulação elétrica permaneceu significativa ($P < 0,0131$).

Na Tabela 3, são apresentadas as medições do pH em diferentes tempos após o abate. Não se observou influência do estímulo elétrico sobre a curva de queda do pH, tanto no início do processo de *rigor mortis* quanto ao final. A análise de regressão (Tabela 4) mostra que a curva de queda do pH somente foi influenciada pelo tempo, sendo encontrada a seguinte equação: $Y = 6,290703 - 0,03914 T$ com $r^2 = 57,89\%$ e $P < 0,0001$.

A principal ação da EE é a aceleração do *rigor mortis*, através da intensificação da glicólise, refletindo-se na maior velocidade de queda do pH (Chrystall & Devine, 1982; Kostov et al., 1987b e Garcia et al., 1990), porém os resultados obtidos não mostram qualquer influência do estímulo elétrico sobre o pH, de forma que se supõe ineficiência do processo utilizado.

Rudérus & Fabiansson (1982) definem como uma eletroestimulação aplicada de forma ineficiente, aquela que promove uma lenta queda do pH, onde se encontra um pH de 6,5 uma hora após o abate, e 24 horas depois, sendo considerado normal. O pH medido às 2 horas foi de 6,40 quanto a

carcaças estimuladas, e 6,42 quanto a não estimuladas, enquanto que 24 horas após o abate, na mesma ordem, foi de 5,52 e 5,54.

Outra indicação da ineficiência da EE aplicada foi a velocidade de queda do pH, pois, conforme Chrystall & Devine (1982), após um estímulo elétrico espera-se uma queda de 0,7 unidades de pH na primeira hora, e, logo em seguida, um ritmo de 0,3 unidades por hora, enquanto que, normalmente, observa-se uma queda de 0,18 unidades de pH por hora quando não existe o estímulo, sendo o pH 6,0 atingido em torno da sétima hora *post-mortem*. A velocidade da queda do pH para as carcaças do presente experimento assemelha-se ao comportamento normalmente encontrado em carcaças não estimuladas, já que na sexta hora *post-mortem* o pH era 6,07 e 6,00, respectivamente, para as carcaças estimuladas e não estimuladas.

TABELA 2. Análise de regressão para queda da temperatura, em carcaças eletro ou não estimuladas.

Fonte	GL	SQ	QM	F	P < F
Tempo	1	10581,0153	10581,0153	1667,66	0,0001
Eletro	1	153,6914	153,6914	24,22	0,0001
Erro	249	1579,8604	6,3448		
Total	251	12314,5671			CV=21,06%

TABELA 3. pH médio observado nas 24 horas após o abate, para carcaças eletro ou não estimuladas.

Temperaturas (°C)	Com estímulo	Sem estímulo	P < F
pH 2 horas	6,40	6,42	0,7695
pH 4 horas	6,28	6,26	0,7482
pH 6 horas	6,07	6,00	0,2112
pH 8 horas	5,90	5,86	0,3840
pH 10 horas	5,87	5,79	0,1820
pH 12 horas	5,62	5,59	0,6256
pH 24 horas	5,52	5,54	0,6289

TABELA 4. Análise de regressão relativa à curva de queda do pH em função do tempo e da estimulação.

Fonte	GL	SQ	QM	F	P < F
Tempo	1	17,5221	17,5221	341,60	0,0001
Eletro	1	0,0396	0,0396	0,77	0,3803
Erro	249	12,7655	0,0513		
Total	251	30,3337			CV=3,82%

Na Tabela 5, observam-se os efeitos da eletroestimulação sobre as características organolépticas da carne. A cor da carne das carcaças estimuladas não foi diferente da cor apresentada pelas não estimuladas, e existe discordância em relação aos resultados obtidos por Eikelenboom & Smulders (1982), Savell (1982), Solomon (1986) e Mikami & Miura (1988), que encontraram melhor cor em carnes estimuladas.

A ação da EE sobre a retenção de líquidos é variável, porém vários autores afirmam haver aumento da exsudação com o uso do estímulo elétrico (Penny, 1972 e Taylor, 1990). A maior exsudação decorre de lesões na estrutura muscular pela situação de baixo pH e alta temperatura, observados principalmente nas estimulações de alta voltagem. Rudéris & Fabiansson (1982) e Kostov et al. (1987b), entretanto, afirmam ser a estimulação de baixa voltagem impotente em causar alterações suficientes para originar um aumento na exsudação. Existe, desta maneira, respaldo para a semelhança encontrada no grau de exsudação e pequena diferença na quebra ao descongelamento.

Para Eikelenboom & Smulders (1982), a EE promove maior quebra à cocção em decorrência de uma diminuição da capacidade de retenção de água, fato que pode explicar a diferença encontra-

da no presente trabalho. Kostov et al. (1987b) e Rudéris & Fabiansson (1982) afirmam, entretanto, que a estimulação de baixa voltagem não aumenta a quebra da cocção.

A palatabilidade e a suculência não foram alteradas pela estimulação aplicada. Resultados idênticos foram obtidos por Jones et al. (1991), que utilizaram semelhante processo de EE (21 V, onda quadrada, 18 segundos de aplicação). West (1982) afirma que os efeitos da eletroestimulação sobre a palatabilidade e suculência são heterogêneos e inconsistentes; apesar disso, Mikami & Miura (1988) e Mikami et al. (1993) encontraram influência efetiva da EE sobre o aparecimento de peptídeos ligados à palatabilidade.

A aplicação da EE não alterou a maciez da carne, sendo que a inexistência de efeito amaciante pela eletroestimulação de baixa voltagem, seguida de um resfriamento rápido, também foi encontrado por Berry & Ray (1981). A maioria dos autores, entretanto, afirma que a estimulação é eficiente sobre a maciez; resultados negativos estão relacionados com problemas de aplicação, e não, à ineficiência da corrente (Enamorado et al., 1981; Kostov et al., 1987b e Laack & Smulders, 1988).

O efeito "uniformidade de maciez através da estimulação elétrica", descrito por Rudéris & Fabiansson (1982), não foi encontrado, já que houve grande variabilidade na maciez das carcaças estimuladas. Obteve-se, nos estimulados, valores de maciez pelo painel de 4,0 a 8,6 e força de cisalhamento entre 6,50 e 13,22, enquanto os não estimulados apresentaram de 3,2 a 8,0 na maciez pelo painel, e 6,39 a 13,58 na força de cisalhamento.

Segundo Barnier et al. (1992) e Eikelenboom (1993), a EE torna a maciez ideal quando o processo glicolítico é realizado a uma velocidade intermediária (pH3 em torno de 6,1). Os resultados mostram que a glicólise foi mais lenta que o ideal, tanto para estimulados quanto para não estimulados, já que o pH 6,1 só foi atingido entre a quinta e sexta hora após a morte.

Para Eikelenboom & Smulders (1982), o efeito amaciante da EE está relacionado com a diminuição do encurtamento pelo frio. Este comportamento não foi encontrado no presente trabalho, já que

TABELA 5. Características sensoriais e rendimentos da carne de novilhos com ou sem eletroestimulação.

Características	Com estímulo n = 18	Sem estímulo n = 18	P < F
Cor resfriada*	4,61	4,67	0,7730
Cor congelada*	3,61	3,56	0,7294
Quebra descongel. (%)	5,42	5,91	0,4260
Quebra Cocção (%)	32,50	30,55	0,0348
Grau de exsudação**	3,89	3,89	0,9219
Suculência***	5,83	5,66	0,4643
Patabilidade***	6,06	5,84	0,2623
Maciez***	5,94	5,70	0,5540
Força cisalhamento (kgf)	9,52	9,75	0,7357
Comp. sarcômero (u)	1,72	1,74	0,4627
* 5 - vermelho brilhante	4 - Vermelho	3 - Vermelho lev. escuro	
** 5 - Sem exsudação	4 - Leve Exsud.	3 - Exsudação mediana	
*** 7 - Macia, suculenta e saborosa	6 - Levemente acima da média	5 - Média	

se observou um comprimento do sarcômero ligeiramente menor nas carcaças eletroestimuladas.

Conforme Olsson et al. (1991), sob uma temperatura de resfriamento de 1 a 4°C, mesmo sendo previamente utilizada a EE, espera-se um encurtamento de sarcômero e conseqüente endurecimento da carne, o que está em desacordo com os resultados de Petrovic et al. (1991), que encontraram maior comprimento de sarcômero e melhor maciez em carcaças estimuladas.

Para músculos com baixa taxa de glicólise (pH3 acima de 6,0), Barnier et al. (1992), encontraram alta correlação entre o comprimento de sarcômero e a maciez ($r=0,84$), mas esta correlação torna-se insignificante quando a taxa glicolítica é alta (pH3 menor que 6,0). A correlação encontrada quanto ao comprimento do sarcômero e maciez avaliada pelo painel não foi alta, mas mostrou-se significativa ($r^2 = 0,44$ com $P<0,01$).

CONCLUSÃO

A estimulação elétrica não influenciou a qualidade da carne.

REFERÊNCIAS

- BARNIER, V.M.H.; GEESINK, G.H.; SMULDERS, F.J.M.; LOGTESTIJN, J.G. Van. Rate of glycolysis, chilling rate and beef quality; an inventory of potential consequences. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 38., 1992, Clermont-Ferrand. **Proceedings...** Clermont-Ferrand, France: [s.n.], 1992. v.3, p.321-324.
- BENDALL, J.R. Calculated post-mortem heating. In: MEAT RESEARCH INSTITUTE SYMPOSIUM, "MEAT CHILLING - WHY AND WHO?", 2., 1972, Bristol. **Proceedings...** Langford, Bristol, U.K.: Agricultural Research Council, 1972. p.12.1-12.3.
- BERRY, B.W.; LEDDY, K.F.; BOND, J.; RUMSEY, T.S.; HAMMOND, A.C. Effects of silage diets and electrical stimulation on the palatability cooking and pH characteristics of beef loin steaks. **Journal Animal Science**, Champaign, v.66, n.4, p.892-900, 1988.
- BERRY, B.W.; RAY, E.E. Factors affecting the sensory and shear properties of pre and postgrigor cooked beef roasts. In: EUROPÄISCHER FLEISCHFORSCHER - KONGRESS, 27, 1981, Wien. **Proceedings...** Wien, Austria: Egermann Druckereigesellschaft, 1981. v.2, p.546-549.
- BOUTON, P.E.; SHAW, F.D.; HARRIS, P.V. Electrical stimulation of beef carcass in Australia. In: EUROPEAN MEETING OF MEAT RESEARCH WORKERS, 26., 1980, Colorado Springs. **Proceedings...** Chicago, USA: American Meat Science Association, 1980. v.2, p.23-25.
- CHRYSSTALL, B.B.; DEVINE, C.E. Electrical stimulation in New Zeland. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 1982, Lincoln. **Proceedings...** Chicago, Illinois: National Live Stock and Meat Board, 1982. p.115-136.
- CORTE, O.O.; CIA, G.; PICHIL, V.; PROCKNOR, M.L.S.C.; DELAZARI, I. Electrical stimulation and hot boning of beef carcass associated with chilling or freezing. In: EUROPEAN MEETING OF MEAT RESEARCH WORKERS, 26., 1980, Colorado Springs. **Proceedings...** Chicago, USA: American Meat Science Association, 1980. v.2, p.53-56.
- DUTSON, D.T.; SMITH, G.C.; SAVELL, J.W.; CARPENTER, Z.L. Possible mechanisms by which electrical stimulation improves meat tenderness. In: EUROPEAN MEETING OF MEAT RESEARCH WORKERS, 26., 1980, Colorado Springs. **Proceedings...** Chicago, USA: American Meat Science Association, 1980. v.2, p.84-86.
- EIKELENBOOM, G. Efecto de la estimulación eléctrica y el procesamiento inmediato sobre la terneza de la carne. **Fleischwirtschaft Español**, Frankfurt, n.1, p.24-25, Mar. 1989.
- EIKELENBOOM, G. Effects of various processing methods on the quality of beef and pork. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 39., 1993, Calgary. **Review Papers**. Calgary, Alberta, Canadá: [s.n.], 1993. p.95-106.
- EIKELENBOOM, G.; SMULDERS, F.J.M. El efecto de la estimulación eléctrica sobre la calidad de la carne de ternera. In: EUROPEAN MEETING OF MEAT RESEARCH WORKERS, 28., 1982, Madrid. **Proceedings...** Madrid, España: Instituto del Frio (C.S.I.C.), 1982. p.95-100.

- ENAMORADO, R.; DIAZ, R.; GUTIERREZ, F.; RODRIGUEZ, R. An integrate study of meat processing: electrical stimulation, rapid refrigeration, boning immediately after slaughter, quick freezing and quick vacuum thawing. In: EUROPAISCHER FLEISCHFORSCHER - KONGRESS, 27, 1981, Wien. **Proceedings...** Wien, Austria: Egermann Druckereigesellschaft, 1981. p.161-164.
- FISHER, A.V.; NUTE, G.R.; FURSEY, G.A.J.; CUTHBERTSON, A. The relative effects of animal production and carcass processing factors on beef tenderness. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 38., 1992, Clermont-Ferrand. **Proceedings...** Clermont-Ferrand, France: [s.n.], 1992. v.3, p.359-362.
- GARCIA, M.; CASALS, C.; ANDUJAR, G.; CASTRILLON, R. Effect of low voltage electrical stimulation on the tenderness of slowly refrigerated beef. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 36., 1990, Havana. **Proceedings...** Havana, Cuba: [s.n.], 1990. v.2, p.375-379.
- HOFMANN, K. El pH - una característica de calidad de la carne. **Fleischwirtschaft Español**, Frankfurt, n.1., p.13-18, Mar. 1988.
- JONES, S.D.M.; JEREMIAH, L.E.; TONG, A.K.W.; LUTZ, S.; ROBERTSON, W.M. The effect of marbling, electrical stimulation and post-mortem aging on the palatability of beef rib eye steaks. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 37., 1991, Kulmbach. **Proceedings...** Kulmbach, Germany: [s.n.], 1991. v.1, p.265-268.
- JUDGE, M.D.; REEVES, E.S.; ABERLE, E.D. Effect of electrical stimulation on thermal shrinkage temperature of bovine muscle collagen. In: EUROPEAN MEETING OF MEAT RESEARCH WORKERS, 26, 1980, Colorado Springs. **Proceedings...** Chicago, USA: American Meat Science Association, 1980. v.2, p.74-76.
- KOSTOV, A.; HOWARY, M.; DANCHEV, S. Thermographic method of determination the effect of low voltage electric stimulation of sheep. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 33., 1987, Helsinki. **Proceedings...** Helsinki, Finland: Multi-print-Helsinki, 1987a. v.1, p.137-138.
- KOSTOV, A.; VHULKOVA, K.; DANCHEV, S. Effect of low voltage electric stimulation on the hydrophilic and organoleptic properties of beef. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 33., 1987, Helsinki. **Proceedings...** Helsinki, Finland: Multi-print-Helsinki, 1987b. v.1, p.131-132.
- LAACK, R.L.J.M. Van; SMULDERS, F.J.M. The practical significance of high temperature conditioning for the tenderness of hot boned beef and veal. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 34., 1988, Brisbane. **Proceedings...** Brisbane, Australia: [s.n.], 1988. Part A, p.247-248.
- LÜDDEN, C.L.; MARCELIA, M.A.; GAMBARUTO, M. Efecto de la estimulación eléctrica sobre la calidad de la carne. **Fleischwirtschaft Español**, Frankfurt, v.2, p.32-37, Out. 1983.
- MIKAMI, M.; MIURA, H. Effects of electrical stimulation on post-mortem changes in myofibrillar and sarcoplasmic proteins of beef. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 34., 1988, Brisbane. **Proceedings...** Brisbane, Australia: [s.n.], 1988. Part A, p.257-258.
- MIKAMI, M.; NAGAO, M.; SEKIKAWA, M.; MIURA H. Contents of peptides and free amino acid in electrically stimulated beef. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 39., 1993, Calgary. **Proceedings...** Calgary, Alberta, Canadá: [s.n.], 1993. Em disquete, file S3P15. WP.
- MORENO, J. Algunos factores que influyen en el consumo de energía durante el tratamiento frigorífico de la carne. In: SIMPÓSIO "FRIO, CARNE Y ENERGIA" - CONGRESO EUROPEO DE INVESTIDORES DE LA CARNE, 28., 1982, Madrid. **Anais...** Madrid, España: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1982. p.15-22.
- MÜLLER, L. **Indices of meatiness and tenderness in cow carcasses**. Flórida: University of Florida, 1974. 141 p. Ph.D. Dissertation.
- MÜLLER, L. **Normas para avaliação de carcaças e concurso de carcaça de novilhos**. 2. ed. Santa Maria: Imprensa Univesitária-UFSM, 1987. 31p.
- OLSSON, U.; HERTZMAN, C.; TORNBERG, E. The influence of low voltage, type of muscle and electrical stimulation on the course of rigor and tenderness of two beef muscles. In:

- INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 37., 1991, Kulmbach. **Proceedings...** Kulmbach, Germany: [s.n.], 1991. v.1. p.440-443.
- PEDERSEN, L.; HALD, T.L.; OSTDAL, H.; MOLLER, A.J. Effects of local electrical stimulation on tenderization of beef. In: INTERNACIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 39., 1993, Calgary. **Proceedings...** Calgary, Alberta, Canadá: [s.n.], 1993. Em disquete, file S3P16. WP.
- PENNY, I.F. Prediction of cooling rate for minimum drip from rate of pH fall. In: MEAT RESEARCH INSTITUTE SYMPOSIUM, "MEAT CHILLING - WHY AND WHO?", 2., 1972, Bristol. **Proceedings...** Langford, Bristol, U.K.: Agricultural Research Council, 1972. p.5.51-5.52.
- PETROVIC, M.; ZLENDER, B.; PETROVIC, L.; MILIN, J. Structural and biochemical changes during aging of hot deboned and electrically stimulated bovine muscles. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 37., 1991, Kulmbach. **Proceedings...** Kulmbach, Germany: [s.n.], 1991. p.285-288.
- RUDÉRUS, H.; FABIANSSON, S. Electrical stimulation in Sweden. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 1982, Lincoln. **Proceedings...** Chicago, Illinois: National Live Stock and Meat Board, 1982. p.101-105.
- SAS Institute Inc. **SAS Language Reference**, Version 6. Cary, NC, 1990. 1042p.
- SAVELL, J.W. Electrical stimulation: an overview of the worldwide science and technology associated with its use to improve meat quality and palatability. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 1982, Lincoln. **Proceedings...** Chicago, Illinois: National Live Stock and Meat Board, 1982. p.79-89.
- SMULDERS, F.J.M.; EIKELENBOOM, G. Electroestimulación de reses - Desarrollo de nuevos equipos automáticos. **Fleischwirtschaft Español**, Frankfurt, n.1, p.4-8, Mar. 1987.
- SOLOMON, M.B. Responses of bovine muscle to restraint and electrical stimulation. **Journal Animal Science**, Champaign, v.62, n.1, p.147-154, 1986.
- TAKAHASHI, G.; LOCHNER, J.V.; MARSH, B.B. Effects of low-frequency electrical stimulation on beef tenderness. **Meat Science**, England, v.11, p.207-225, 1984.
- TAYLOR, A.A. Developments in fresh meat technology. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 36., 1990, Havana. **Proceedings...** Havana, Cuba: [s.n.], 1990. v.2, p.346-365.
- TAYLOR, A.A.; MARTOCCIA, L. The effect of low voltage and high voltage electrical stimulation on pork quality. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 38., 1992, Clermont-Ferrand. **Proceedings...** Clermont-Ferrand, France: [s.n.], 1992. v.3, p.431-434.
- WEST, R.L. Electrical stimulation - United State. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 1982, Lincoln. **Proceedings...** Chicago, Illinois: National Live Stock and Meat Board, 1982. p.91-100.