

FATORES ANTE E *POST MORTEM* QUE INFLUENCIAM NA QUALIDADE DA CARNE BOVINA

Pedro Eduardo de Felício*

1. INTRODUÇÃO

Um produto de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, acessível, segura, e, no tempo certo, às necessidades do cliente¹. No caso do produto ser um alimento como a carne bovina, e o cliente ser um consumidor moderno, muito seletivo, poder-se-ia adaptar esta definição de modo a incluir valor nutritivo, sanidade e características organolépticas.

Ao abordar o mesmo tema em outro evento², em 1993, os atributos de qualidade da carne foram classificados em: a) qualidade visual: aspectos que atraem ou repelem o consumidor que vai às compras; b) qualidade gustativa: atributos que fazem com que o consumidor volte ou não a adquirir o produto; c) qualidade nutricional: nutrientes que fazem com que o consumidor crie uma imagem favorável ou desfavorável da carne como alimento compatível com suas exigências para uma vida saudável, e d) segurança: aspectos higiênico-sanitários e a presença ou não de contaminantes químicos, como resíduos de pesticidas.

Depois, os fatores que influenciam na qualidade visual e gustativa foram subdivididos em duas categorias: os *ante mortem*, ou intrínsecos, e os *post mortem*, ou extrínsecos. Na primeira categoria, encontram-se os fatores vinculados ao genótipo dos animais e às condições ambientais em que se desenvolveram. Na segunda, estão aqueles que se confundem com os procedimentos técnicos adotados pelos matadouros-frigoríficos e demais segmentos, até o consumidor final.

Neste trabalho pretende-se apresentar uma revisão atualizada do anterior, seguida de algumas considerações gerais sobre confiabilidade, qualidade nutricional e segurança.

2. PROPRIEDADES FÍSICAS DA CARNE

Logo após o abate do animal, tem início, na musculatura estriada, uma série de transformações químicas e físicas que culminam na rigidez da carcaça, é o *rigor mortis*. Este processo, denominado conversão do músculo em carne, não pára aí, mas prossegue com degradações enzimáticas e desnaturação protéica, causando uma pseudo-resolução do *rigor mortis*, que tornará menos rígida a carcaça. Pardi et al.³ assinalaram que o referido processo tem duração variável, podendo conduzir a carne à elementarização, dependendo dos métodos de conservação utilizados.

O processo de conversão do músculo em carne, com diferentes graus de degradação enzimática e desnaturação de proteínas, pode resultar em marcantes

* Professor do Departamento de Tecnologia de Alimentos da FEA-Unicamp, CP 6121 Campinas SP.
FELICIO, P.E. de. Fatores que Influenciam na Qualidade da Carne Bovina. In: A. M. Peixoto; J. C. Moura; V. P. de Faria. (Org.). Produção de Novilho de Corte. 1.ed. Piracicaba: FEALQ, 1997, v. Único, p.79-97.

variações nas propriedades da carne, como a capacidade de retenção de água, cor e firmeza da carne fresca; maciez, sabor e suculência da carne preparada para consumo, e capacidade de emulsificação das matérias primas, rendimentos de processo e cor dos produtos processados.⁴ Essas últimas propriedades, referentes ao processamento, são comumente agrupadas sob o termo: qualidade tecnológica da carne, cujo estudo foge ao escopo deste trabalho, principalmente porque suas alterações atingem com maior intensidade e frequência a carne da espécie suína.

Embora existam alguns fatores, como a idade ou maturidade fisiológica e os métodos de cocção, que influenciam nas propriedades físicas da carne sem afetar o processo de conversão, praticamente todos os outros causam alterações no processo, seja porque modificam a curva de declínio de pH em função do tempo *post mortem*, seja porque promovem - ou permitem que ocorra - o encolhimento das miofibrilas (estrutura contrátil da célula muscular), em grau variável, durante o estabelecimento do *rigor mortis*, ou, ainda, porque influenciam na velocidade ou na extensão da proteólise enzimática, durante a maturação.

3. FATORES ANTE MORTEM

Dentre os vários fatores intrínsecos ao animal, que constituem a expressão de seu genótipo e das interações desse com o meio ambiente, serão discutidos aqui o efeito do estresse, da genética (raças), da alimentação e da idade de abate. O fator sexo/idade da castração de machos, embora importante, não será apresentado neste trabalho, exceto por uma ou outra observação indispensável.

3.1. Estresse e declínio de pH

Se, por um lado, o estresse que atinge os suínos - horas ou segundos - antes do abate, constitui-se na mais marcante causa de variação das propriedades da carne dessa espécie, por outro lado, nos bovinos, tal influência é muito menos importante. Mesmo assim, alguns agentes de estresse, como transporte, jejum prolongado, condições climáticas severas, e o comportamento sexual dos machos inteiros, podem resultar em *rigor mortis* atípico, com grandes prejuízos da qualidade da carne.

Quando os bovinos são acometidos de estresse pré-abate, a reserva de glicogênio dos músculos desses animais pode ser parcial ou totalmente exaurida. Como consequência, o estabelecimento do *rigor mortis* se dá na primeira hora, mesmo antes da carcaça ser levada à câmara fria, porque a reserva energética não é suficiente para sustentar o metabolismo anaeróbio e produzir ácido lático capaz de fazer baixar o pH a 5,5 na 24^a hora *post mortem*.

A carne resultante desse processo terá pH > 5,8 (Tarrant⁵), que proporciona às proteínas musculares uma alta capacidade de retenção de água, mas será escura, com vida de prateleira mais curta, que, segundo Gil & Newton⁶, se dá porque na ausência de ácido lático e glicose livre as bactérias utilizam os aminoácidos da carne com produção de odores desagradáveis. Para Shorthose⁷, essa carne com pH alto também pode apresentar uma descoloração esverdeada, causada por bactérias que produzem H₂S.

A esse tipo de anomalia dá-se o nome de “Dark-cutting beef” (carne bovina de corte escuro) ou DFD (“dark , firm and dried”, ou escura, firme e seca).

No Brasil, não há estatísticas de ocorrência de DFD, mas nos Estados Unidos a incidência é de 3% dos bovinos abatidos, ficando o valor das carcaças reduzido em 20-40%⁴. Na Finlândia, um estudo de 1979 revelou uma incidência de 26,3% das carcaças de 6909 tourinhos, 13,6% em 3042 vacas e 12,6% em 1735 novilhas⁸. Depois da introdução de uma série de modificações no manejo pré-abate a incidência de DFD caiu para 5% em tourinhos e <2% em outras categorias. O autor salientou que mais de 50% da carne produzida na Finlândia provém de tourinhos, que, segundo ele, são sujeitos ao estresse hierárquico.

Shorthose⁷ relatou que cerca de 8% do gado abatido na Austrália, excluindo-se animais de um ano e machos inteiros, apresentam carne com $pH_{24h} > 6,0$. Relatou também pesquisa feita com 3.000 bovinos, terminados em pastagem ou confinamento, abatidos em diversos lotes. Somente 16% dos lotes de pastagem, contra 70% dos lotes de confinamento, tinham menos de 5% de incidência de DFD ($pH > 5,7$). O autor atribuiu a diferença ao temperamento mais calmo dos animais de confinamento.

3.2. Genética

Embora seja possível que existam diferenças genéticas capazes de afetar a extensão do metabolismo *post mortem* e, conseqüentemente, as propriedades físicas da carne bovina, referências a elas não estão disponíveis na literatura usualmente consultada, exceto por algumas menções à maior incidência de DFD em espécimes de dupla musculatura. Não se descarta, entretanto, a possibilidade de que os modernos e eficientes métodos de seleção venham a produzir alterações bioquímicas na capacidade de estocar e mobilizar glicogênio. Inclusive, porque há evidências de que raças ou linhagens que se caracterizam pela facilidade de metabolizar gordura sejam mais susceptíveis ao estresse do que aquelas que acumulam gordura⁵.

A herança genética também parece ter uma grande influência na velocidade e extensão da proteólise que se verifica no processo de conversão do músculo em carne, ocasionando diferenças consideráveis na maciez da carne. Para Koochmarai⁹, 85% da variabilidade na maciez podem ser atribuídos às variações no processo enzimático que leva à tenderização da carne bovina, conhecido como maturação. Os 15% restantes seriam devidos às diferenças em “marbling” (gordura intramuscular) e colágeno. Note-se que o autor deve estar se referindo aos cortes de preparação rápida com calor seco, como o contrafilé (músculo *L. dorsi*), pois, nos cortes usualmente empregados em preparações lentas, com umidade, o colágeno é preponderante.

Segundo Whipple et al.¹⁰, a carne de gado europeu (*Bos taurus*) já estaria passando por um processo de maturação nas 24 primeiras horas *post mortem*, enquanto a de *Bos indicus* e seus mestiços teria um processo mais lento nas semanas seguintes e, ao que parece, quanto maior a participação de *Bos indicus* no genótipo, menor a velocidade e a extensão dos efeitos da maturação.

Norman¹¹, trabalhando no Brasil com as raças Nelore, Guzará, Charolesa e Canchim, verificou que os zebuínos tinham carne mais dura do que as raças

Charolesa e Canchim. Luchiari Filho¹² também relatou resultados de uma pesquisa conduzida por ele, R.C. Margarido, P.R. Leme e C. Boin, com 270 novilhos que haviam sido confinados por 90 dias, em que a carne dos nelores foi mais dura do que a média de cada um dos sete grupos de cruzados 1/2 e 3/4 nelore e um grupo de bubalinos - média de força de cisalhamento WB de 4,5kg contra 3,3 a 4,0kg.

Crouse et al.¹³ relataram que a participação de *Bos indicus* (0,25, 50 e 75% Brahman ou Sahiwal) nos cruzamentos resultou em carne mais dura. Comparados aos mestiços de raças britânicas, com média de força de cisalhamento do músculo *L. dorsi*, de 4,4kg, os mestiços 1/4, 1/2 e 3/4 Brahman ou Sahiwal deram médias de 5,2, 5,8 e 6,7kg ou 5,6, 6,6 e 8,4kg, respectivamente. O mesmo grupo de pesquisadores encontrou uma explicação para o fato na maior atividade bioquímica de um fator inibidor de proteases cálcio-dependentes (CDPI e CDPII) nos zebuínos.

Tal fator inibiria a degradação de certas proteínas miofibrilares, retardando a maturação da carne de *Bos indicus*. Oliveira¹⁴ não encontrou diferenças significativas entre os grupos genéticos Nelore e Canchim-Nelore na maciez do contrafilé (5,9 vs. 5,3kg) e coxão mole (5,8 vs. 5,5kg) de novilhos de 24-30 meses de idade terminados em confinamento, provavelmente devido ao tamanho da amostra estudada (20 de cada grupo) .

Coeficientes de herdabilidade na faixa de 0,10 a 0,60 são encontrados na literatura para as características: gordura subcutânea e intramuscular, concentração de mioglobina e maciez da carne.¹⁵ Entretanto, é pouco provável que os criadores venham a selecionar ou orientar acasalamentos com base nessas características, com tantas outras, produtivas e reprodutivas, a serem consideradas no melhoramento genético de bovinos de corte.

As raças também diferem quanto às curvas de crescimento dos tecidos e, conseqüentemente, ao menor ou maior acúmulo de gordura, ou ainda, quanto ao peso e espessura dos músculos ou cortes cárneos a um determinado peso de carcaça. Essas características são interligadas aos atributos visuais e organolépticos da carne, sendo apreciadas ou discriminadas dependendo do mercado que se considera. Assim, no futuro, para as exportações de carne desossada do Brasil para a União Européia, é provável que se dê preferência para os cruzamentos de zebuínos com raças de acabamento tardio, que dão carne relativamente magra e cortes mais pesados do que os cruzados de raças britânicas.

Diferenças genéticas também se verificam na cor da carne. Alguns autores demonstraram maiores concentrações de mioglobina e, conseqüentemente, menores índices de reflexão de luz nas raças Simental, Chianina, Nelore e Guzerá, do que nas raças Limousine, Charolês e Canchim.

3.3. Alimentação

Os efeitos dos sistemas de alimentação e dos níveis nutricionais nas características das carcaças bovinas são fartamente documentados na literatura. Sabe-se, por exemplo, que sempre que o nível energético da ração excede as exigências mínimas para o desenvolvimento muscular, verificam-se acúmulos de gordura na carcaça. Desse modo, a influência da alimentação é confundida com o grau de acabamento.

A exigência de acabamento nas carcaças é bem conhecida dos pecuaristas brasileiros, mormente após o Plano Real que estabilizou o preço da arroba de gado mantendo altas as taxas de juros. Como decorrência, eles têm procurado aumentar a produtividade dos rebanhos vendendo bovinos jovens para abate, mas têm encontrado resistência nos compradores que, entre outras coisas, alegam falta de acabamento nas carcaças de menos de 16 arrobas (240kg). Essa falta de acabamento é um fato inegável, principalmente quando se trata de novilhos cruzados de raças européias continentais, ou machos inteiros, zebuínos ou não. Para apresentar acabamento, esses animais deveriam ser abatidos ao atingirem 500kg de peso vivo¹⁶.

Nas últimas três décadas, a gordura de cobertura vem se tornando um importante indicador de qualidade, primeiro, porque aponta para o tipo de alimentação recebida pelo bovino, que parece influir na solubilidade do colágeno da carne. Segundo, porque afeta diretamente a velocidade de resfriamento da carcaça, comportando-se como um isolante térmico e interferindo no processo de conversão do músculo em carne, como será visto mais adiante.

Além disso, carcaças com melhor acabamento tendem a apresentar um maior teor de gordura intramuscular, “marbling”, ou gordura entremeada, que é depositada com maior intensidade na fase de engorda dos bovinos, após o término da fase de crescimento, sempre na dependência da raça e do nível energético da dieta, sendo a última na escala de prioridades. Atualmente, a importância do “marbling” é discutível. A sua presença em proporções visíveis a olho nu (>4% de extrato etéreo na matéria original) indica que o animal foi bem alimentado e deixa a carne mais macia, saborosa e suculenta. Porém, a tendência no Brasil como na Europa e numa parte da população norte-americana, é de que tais vantagens sejam trocadas pelo consumidor por um produto inferior nesse aspecto, porém, tido como mais saudável, qual seja, a carne desprovida de gordura visível.

Num levantamento de opinião de gerentes de estabelecimentos que vendem carne no varejo, em Campinas e região, constatou-se que nas casas de carne e nos supermercados existe um consenso de que os consumidores não gostam de carne com gordura entremeada, embora três de seis gerentes de hipermercados tenham se expressado favoravelmente a essa característica.¹⁷

Medeiros et al.¹⁸ fizeram uma pesquisa muito interessante, contrastando os escores e opiniões entre um painel de degustadores treinados, um painel de donas-de-casa e um grupo de pessoas que participaram de teste mercadológico, a respeito de maciez, sabor/aroma, suculência e aceitação global da carne de dois grupos de bovinos jovens. Um dos grupos foi terminado durante o verão em regime de pasto irrigado, e abatido com peso médio de carcaça de 235kg e 0,38cm de gordura subcutânea. O outro, terminado em 100 dias de confinamento com ração de alta energia contendo 80% de concentrado, foi abatido com peso médio de 336kg de carcaça, 1,09cm de gordura.

O painel de degustadores treinados foi capaz de detectar diferenças de maciez, suculência e sabor/aroma favoráveis à carne de contrafilé do gado confinado, mas não acusou diferenças de maciez e suculência do coxão mole, apenas de sabor/aroma.

As donas-de-casa tiveram a chance de comprar um traseiro ou um dianteiro, sem saber a que grupo pertencia e depois de comer a carne atribuíram notas. Neste caso também foram atribuídos maiores escores de maciez, suculência e sabor/aroma

aos cortes de carne do gado confinado e 100% das que compraram essa carne (gorda) disseram que comprariam novamente, contra 73% das que compraram carne (magra) do gado de pastagem.

No teste mercadológico os pesquisadores usaram material publicitário para atrair os consumidores para a carne magra. O material descrevia essa carne como sendo de “baixo teor de gordura” e “natural”, assim: “A porção comestível do Wyoming Lean Beef contém somente 3,5% de gordura. Uma porção (90g) dessa carne tem menos de 150 calorias. Essa carne não contém ingredientes artificiais...”, ou então: “De todo o Wyoming, vem o gado escolhido com muito critério para ser comercializado como Wyoming Lean Beef. Essa carne é inspecionada pelo USDA. Pesquisas feitas na Universidade do Wyoming demonstraram o baixo teor de gordura do Wyoming Lean Beef”.

Resultado: as compras dessa carne foram o dobro das de carne de gado confinado. Quem comprou a carne magra disse nas entrevistas que teve uma reação positiva ao material promocional e gostou da aparência do produto, em termos de cor, ausência de desperdício, “valor nutritivo” e da não utilização de hormônio e antibióticos, conforme indicava o material. Após repetirem a compra do mesmo tipo de carne algumas vezes, 68% dos consumidores diziam estar completamente satisfeitos, 30% moderadamente satisfeitos e somente 2% insatisfeitos. Os consumidores diziam apreciar a carne magra, exceto pela textura um pouco dura, mas assim mesmo compravam porque essa era “natural, com baixo teor de gordura, e com marca do produtor”. Concluiu-se que enquanto os provedores julgavam características sensoriais apenas, os consumidores davam prioridade para o que consideravam ser bom para a saúde.

3.4. Idade ou maturidade

Dependendo do tipo de alimentação fornecida, os bovinos atingem o peso desejável de abate mais jovens ou mais velhos. Quanto mais velhos maior será a concentração de mioglobina nos músculos e, portanto, mais escura será a carne. A cor da gordura também é afetada pela idade de abate, ficando amarelada como decorrência da deposição prolongada de carotenóides oriundos das forragens.

A influência da idade, ou maturidade, tem sido motivo de boas discussões há muito tempo, com os pecuaristas reclamando melhores preços para carcaças de bovinos jovens. Depois, com os programas de incentivos fiscais para estimular a produção de novilhos “precoces”. E, mais recentemente, com a necessidade premente que os pecuaristas estão sentindo de reduzir a idade de abate dos bovinos como consequência do plano de estabilização da economia. Em todas as oportunidades, argumenta-se que a carne de gado jovem é de melhor qualidade, sem definir qualidade, ou então, alega-se que é uma carne mais macia, sem apresentar dados que justifiquem a afirmação.

O fator maturidade é comum a todos os sistemas de tipificação de carcaça bovina, porque há evidências de que a qualidade organoléptica da carne, principalmente a maciez, piora com o avanço da idade¹⁹, possivelmente em decorrência de alterações que ocorrem no colágeno intramuscular.²⁰

Smith et al.²¹ demonstraram que enquanto a maturidade das carcaças passa de USDA²² A (aproximadamente 2 anos), para B (até 42 meses), a força de cisalhamento (WB) do contrafilé maturado por 8-10 dias aumentou de 3,23 para 3,39kg, os escores de sabor/aroma, maciez e aceitação global tiveram uma pequena redução, e a suculência não foi afetada. Passando de B para C (>42 meses), de C para D (\cong 4 anos), e de D para E (\cong 5 anos), ocorreram sucessivos incrementos na força WB e reduções nos escores de maciez e aceitação global, como se vê na Tabela 1.

Considerando que na tipificação americana somente as carcaças de maturidade A e B podem ser enquadradas nos melhores tipos (Prime, Choice, Select e Standard), sendo as demais rebaixadas para os tipos inferiores (Commercial, Utility, Cutter e Canner), os autores chamaram a atenção para o fato de que as diferenças são muito pequenas, e não ocorrem abruptamente, a ponto de justificar um corte tão drástico como esse.

Tabela 1. Médias dos escores de análise sensorial e força de cisalhamento (WB) de bifes de contrafilé, por grupo de maturidade USDA, segundo Smith et al.²¹

Maturidade USDA	N	Análise sensorial*				Força WB (kg)
		"Flavor"	Suculência	Maciez	Global	
A	60	6,31 ^a	6,74 ^a	7,02 ^a	6,58 ^a	3,23 ^a
B	28	5,76 ^b	6,64 ^a	6,48 ^b	6,12 ^b	3,39 ^b
C	47	5,68 ^{bc}	6,46 ^{ab}	6,14 ^c	5,77 ^c	3,71 ^c
D	39	5,45 ^c	6,34 ^b	5,89 ^c	5,55 ^c	4,13 ^d
E	21	5,53 ^{bc}	6,45 ^{ab}	5,10 ^d	5,17 ^d	4,72 ^e

a,b,c,d Médias na mesma coluna seguidas de uma letra comum, não diferem ($P>0,05$).

*1= extrem. indesejável em flavor, seca, dura ou indesejável no global; 9= extrem. desejável em flavor, suculenta, macia ou desejável no global.

Ainda a respeito do trabalho de Smith et al.²¹, é interessante salientar que: 1) todas as carcaças selecionadas tinham "marbling" USDA "slight", "small" e "modest" (diferentemente do que ocorre com o gado zebu brasileiro, que raras vezes atinge o grau "small"); 2) todas as classes de maturidade deram carne numa faixa de valores aceitáveis de maciez (WB<5,0 e maciez sensorial >5,0), mas principalmente as classes A, B e C, portanto, animais de até quatro anos podem ter carne macia, e 3) mesmo as classes de maturidade D e E deram contrafilés maturados tão ou mais macios do que os de zebuínos comumente encontrados no Brasil, o que pode estar mostrando que há outros fatores que exercem mais influência na maciez do contrafilé do que a maturidade da carcaça.

Um outro trabalho muito interessante a esse respeito é de Gullett, Jones & Hines²³. Esses pesquisadores da Universidade de Guelph compararam contrafilés, de fêmeas de descarte de gado leiteiro, com quatro incisivos permanentes (\cong 36 meses), tipificadas como Canadá C1, com os de outras com oito dentes (>60 meses),

tipificadas como D1. As vacas foram compradas ainda magras e alimentadas nas mesmas condições. Eles concluíram que não houve diferença na textura (força de cisalhamento - WB) das amostras (cilindros de 2,54cm de diâmetro) de contrafilés assados no forno a 169°C, até a temperatura interna de 65-68°C, entre os grupos de carcaças C1 e D1.

Em estudo realizado no Estado de São Paulo²⁴, com três grupos de carcaças, denominados I, II e III, maturidade óssea USDA²² A, C e E, respectivamente, nenhuma diferença significativa foi encontrada entre os grupos nas comparações de força de cisalhamento (WB) ou na avaliação organoléptica dos bifes de contrafilé. As carcaças dos grupos II e III eram mais pesadas e mais gordas do que as do grupo I. Verificou-se também um aumento do teor de lipídios intramusculares (I=2,2%, II=3,5% e III=3,6%) com o avanço da maturidade, e uma correlação negativa entre teor de lipídios e WB ($r = -0,49$). Assim, é possível que qualquer vantagem potencial do grupo I tenha se perdido em decorrência da falta de acabamento das carcaças desse grupo.

É importante salientar que esses trabalhos foram destacados de uma série mais ampla, sobre o mesmo assunto, com o propósito de mostrar que a influência da idade do bovino, ou da maturidade da carcaça, é uma questão muito mais complexa do que parece àqueles que clamam por melhores preços para o gado jovem de abate. Certamente, existem outros artigos científicos em que se pode constatar um apreciável efeito da idade, especialmente após os 42 meses, mas é preciso manter sob controle os fatores *post mortem*, para que os efeitos da idade se manifestem.

4. FATORES POST MORTEM

Dentre os fatores *post mortem*, ou extrínsecos, isto é, aqueles que estão fora do controle do pecuarista, destacam-se o resfriamento e a estimulação elétrica das carcaças, a maturação e o método de cocção da carne. Exceto por esse último, os demais exercem a sua influência nas propriedades físicas da carne bovina durante ou após o desenvolvimento do *rigor mortis*.

4.1. Resfriamento

O resfriamento rápido das carcaças é desejável para se ter redução de perdas de peso, de desnaturação de proteínas e de proliferação de microrganismos, e maior oxigenação da mioglobina da superfície dos músculos, conferindo-lhes a cor vermelho vivo.

Entretanto, o abaixamento rápido da temperatura dos músculos, no início do desenvolvimento do *rigor mortis*, pode provocar o endurecimento da carne. A explicação desse fenômeno, denominado “cold shortening” (encurtamento pelo frio), pode ser encontrada no trabalho de Marsh²⁵. Segundo esse autor, os músculos da carcaça são estimulados a contrair quando expostos a baixas temperaturas na fase que antecede o *rigor mortis*. Para ele, o “cold shortening” é um problema de origem recente, que tem suas causas associadas às exigências de rapidez no resfriamento.

A capacidade do músculo para contrair pelo estímulo do frio declina com o passar do tempo *post mortem*. E, quando os filamentos contrácteis de actina e miosina formam actomiosina, antes da temperatura muscular cair abaixo de 10°C, não mais ocorre “cold shortening”. Assim, a solução para evitá-lo seria deixar as carcaças a temperaturas acima de 10°C até o estabelecimento do *rigor mortis* (50% do ATP inicial, pH=6,0 ou 10 horas após a sangria) e, então, reduzir rapidamente a temperatura. Tal prática foi adotada na Nova Zelândia, entre 1968 e 1977, para evitar o endurecimento da carne de ovinos exportada para a América do Norte, enquanto os pesquisadores daquele país procuravam soluções econômicas para o problema, já que esse sistema de resfriamento lento é considerado anti-econômico pela indústria de abates.

Ao final da década de 70, o professor Marsh visitou abatedouros do Estado de São Paulo, fez medições de temperatura e concluiu que o “cold shortening” é uma constante nas carcaças relativamente leves e magras do nosso mercado, em virtude dos eficientes sistemas de refrigeração aqui empregados. A sua recomendação, publicada com Cia e Takahashi, foi para se desligar os forçadores de ar da câmara durante o carregamento, quando a temperatura estiver abaixo de +5°C, e voltar a ligar a ventilação após completar a carga da câmara.²⁶

Bouton et al.²⁷ demonstraram que em carcaças leves e magras, resfriadas em câmara fria entre 0 e +5°C, e velocidade do ar de 0,8m/s, qualquer vantagem da carne de bovinos jovens, em termos de maciez, será perdida para o “cold shortening”, fazendo, inclusive, que essa carne seja mais dura do que a de bovinos mais velhos que, geralmente, são mais pesados e têm melhor acabamento.

4.2. Estimulação elétrica

A estimulação elétrica (EE) das carcaças, com aparelhos de baixa voltagem, nos primeiros 10 minutos após a sangria, ou com altas voltagens na primeira hora *post mortem*, constitui uma técnica desenvolvida e patenteada por Harsham & Deatherage²⁸ com o objetivo de tornar a carne mais macia. É interessante salientar que à época do registro de patente (1951) o fenômeno do “cold shortening” ainda não era conhecido.

Na década de 70, a EE foi redescoberta por pesquisadores neo-zelandeses que precisavam encontrar uma solução eficaz para o problema da falta de maciez da carne ovina, motivo de muitas reclamações dos importadores. E, depois disso, foi objeto de pesquisas em diversos países, inclusive no Brasil²⁹, sempre com o objetivo de acelerar o *rigor mortis*, de modo a evitar o encurtamento das fibras musculares e o conseqüente endurecimento da carne durante o resfriamento, ou congelamento, comprovando-se sua eficácia restrita aos músculos mais superficiais, como é o caso do L. dorsi (contrafilé).

A EE das carcaças também exerce influência positiva na cor da carne, porque acelera o declínio de pH, provavelmente aumentando a desnaturação de proteínas. Além disso, a EE pode ser uma alternativa de baixo custo, que seria de extrema utilidade para melhorar a qualidade da carne produzida no Brasil, principalmente no que se refere às carcaças de bovinos jovens com acabamento insuficiente.

4.3. **Maturação**

A tenderização da carne que ocorre após o *rigor mortis*, durante a estocagem refrigerada, denominada maturação, é conhecida desde o início do século. Porém, as explicações para as modificações na estrutura das miofibrilas que tornam mais macia a carne maturada são recentes.

A maturação é um processo complexo, afetado por muitas variáveis, tais como a idade e espécie - ou raça - do animal, velocidade de glicólise, quantidade e solubilidade do colágeno, comprimento do sarcômero das miofibrilas, força iônica e degradação das proteínas miofibrilares.

Koohmaraie³⁰ resumiu as modificações químicas e estruturais do processo de maturação da carne, no que diz respeito ao componente miofibrilar, como segue:

1. Enfraquecimento e/ou degradação do disco Z.
2. Degradação da proteína desmina, provavelmente com ruptura de pontes entre as miofibrilas.
3. Degradação da proteína titina, que liga filamentos de miosina, no sentido longitudinal das miofibrilas.
4. Degradação da proteína nebulina (ligações transversais na banda I dos sarcômeros).
5. Desaparecimento de troponina T e aparecimento simultâneo de polipeptídeos com peso molecular entre 28 e 32 kDa.
6. Aparecimento de um polipeptídeo com PM de 95 kDa.
7. As proteínas contrácteis miosina e actina não são afetadas.

Segundo esse autor, os itens 1 e 2, e, provavelmente o 3, são os responsáveis pela crescente fragilidade das miofibrilas durante o processo de maturação.

Muito tem sido escrito desde o início dessa década sobre o envolvimento de um sistema enzimático denominado “calpaínas”, como o principal responsável pela proteólise que conduz à tenderização da carne. Tal sistema seria formado de duas calpaínas (I e II) ativadas pelo cálcio livre (não retido no retículo sarcoplasmático ou nas mitocôndrias) e inibidas por uma outra enzima denominada calpastatina. Dransfield³¹, por exemplo, demonstrou que 65% da variação na maciez da carne maturada pode ser explicada pela variação na atividade da calpaína I. Depois, em 1993, publicou um modelo de tenderização de carne baseado na ativação das calpaínas, pelo aumento na concentração de cálcio livre, no desenvolvimento do *rigor mortis* - o declínio de pH de 6,5 a 5,7 aumenta a atividade da calpaína I, de 15 a 97% da atividade máxima da enzima. O modelo compreende ainda a inibição das calpaínas pela calpastatina e a inativação de calpaínas e calpastatina por autólise, na medida em que se dá a tenderização.³²

Considerando que o nível de atividade da calpastatina na 24^a hora *post mortem* é altamente correlacionado com a maciez da carne maturada por 14 dias, medida pela força de cisalhamento ($r=0,66$), isto é, quanto maior a atividade de calpastatina mais dura será a carne, Whipple et al.¹⁰ postularam que seria essa a razão das diferenças na maciez da carne entre *Bos indicus* e *Bos taurus*. Diante disso, o grupo de pesquisadores do USMARC (United States Meat Animal Research Center) passou a trabalhar com a hipótese de que a seleção contra elevados índices

de atividade de calpastatina poderia levar a uma melhoria na maciez da carne e conduziram uma pesquisa para determinar as herdabilidades dessa característica e da força de cisalhamento, e a correlação genética entre elas, tendo encontrado valores de 0,65 e 0,53 para as herdabilidades e 0,50 para a correlação (Schackelford et al.³³).

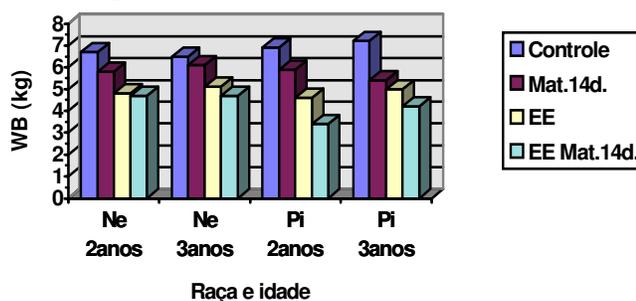
Ormenese³⁴ comparou a eficácia de dois processos de maturação: o convencional da carne embalada à vácuo, e o Tender-Tainer® de acondicionamento sob pressão positiva em tanques especiais, mantidos a -1 a 2°C, por períodos de 1, 14, 21 e 28 dias de maturação. Utilizou 16 meias carcaças de machos castrados da raça Nelore, de quatro anos de idade e comparou os processos e períodos através da força de cisalhamento e análise sensorial dos músculos *L. dorsi* (Ld, contrafilé), *Gluteus medius* (Gm, alcatra), *Semimembranosus* (Sm, coxão mole), *Semitendinosus* (St, lagarto) e *Vastus lateralis* (VI, patinho). Ambos os processos melhoraram continuamente a maciez da carne de Ld, Gm e Sm. A melhoria foi pequena para St e não significativa para VI. Verificou-se que existe uma correlação positiva ($r=0,77$; $p<0,001$) entre os valores de WB dos dias 1 e 28, que permitiria classificar, no primeiro dia *post mortem*, a carne resfriada quanto ao resultado esperado após a maturação.

No trabalho de Ormenese, está assinalado que foram necessários 28 dias de maturação para que a força de cisalhamento do contrafilé (Ld) caísse de $72,4\pm 11,8$ N (cada N equivale a 10kg) para $50,9\pm 12,8$ N, e, o mesmo período para que a da alcatra (Gm) caísse de $70,8\pm 14,4$ N para $50,0\pm 11,2$ N, o que significa que aproximadamente 50% das amostras de contrafilé e alcatra chegaram ao limite de 50N, considerado aceitável pelos provadores. Os outros cortes estudados não atingiram esse limite mesmo após 28 dias.

Há evidências de que a maturação pode melhorar em cerca de 25% a maciez da carne, mas sua eficácia é bem menor em carcaças de bovinos de quatro ou mais anos, bem como naquelas que sofreram um rigoroso “cold shortening”.

Em experimento realizado em Campinas-SP³⁵, com novilhos Nelore e Pitangueiras de dois e três anos de idade, verificou-se que as amostras de contrafilé das meias carcaças do grupo controle foram muito duras, independentemente da raça ou idade de abate. Nas meias carcaças correspondentes, a estimulação elétrica (EE) reduziu em 21-33% a força necessária (Warner Bratzler, kg) para cisalhar cilindros de 1,27cm de diâmetro de bifés assados de contrafilé. A maturação por 14 dias, em embalagem à vácuo e câmara fria à temperatura de 0 a 2C, foi menos eficaz do que a EE, porém, quando os dois fatores foram combinados, a carne ficou ainda mais macia, principalmente nas carcaças dos novilhos Pitangueiras (5/8 Red poll 3/8 Zebu) de dois anos de idade, como está demonstrado na Figura 1.

Figura 1. Textura do contrafilé de novilhos Nelore (Ne) e Pitangueiras (Pi), de 2 e 3 anos de idade.



4.4. Métodos de cocção

O método de cocção tem uma influência marcante na qualidade organoléptica da carne. Um método inadequado pode por a perder todo o esforço feito nos segmentos de produção, abate e comercialização, para se ter uma carne de boa qualidade. Pode, por exemplo, promover o endurecimento, o ressecamento e a perda de sabor e aroma da carne preparada para consumo.

A temperatura, a presença ou não de umidade, o tempo de cozimento e a temperatura final no interior da carne são importantes variáveis que devem ser controladas de acordo com o tipo de músculo, para se aproveitar ao máximo as propriedades de cada corte cárneo. Obviamente, isso tudo é feito nas cozinhas domésticas ou de restaurantes, de um modo muito prático, sem qualquer sofisticação técnica. Entretanto, é importante saber que alguns cortes cárneos, com menor teor de colágeno, como o filé, contrafilé e alcatra, devem sofrer uma cocção rápida com calor seco, até 62-70°C, de acordo com a preferência por “mal passado”(cor rosada), médio (cor rosa acinzentado), ou “bem passado” (cor marrom acinzentado), enquanto outros, com maior teor, como o coxão duro, acém e músculo, devem ser cozidos na presença de líquido (ou vapor), que pode ser o da própria carne embalada em material impermeável, pelo tempo necessário para gelatinizar o colágeno.

Judge et al. ⁴ assinalaram que certos procedimentos, que causam desidratação, resultam em perda de suculência da carne. A temperatura interna ao final do processo também exerce grande influência no teor de umidade restante, e, conseqüentemente, na suculência da carne. Os mesmos autores deram como exemplo uma carne contendo 68-75% de umidade, que, depois de assada em forno até temperaturas internas de 60, 70 ou 80°C, conterà 70, 65 ou 60% de umidade, respectivamente.

5. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Neste trabalho foram apresentados os mais importantes fatores que influenciam na qualidade organoléptica (visual e gustativa) da carne bovina. Com exceção da idade de abate e do método de cocção, os fatores *ante* e *post mortem* discutidos aqui exercem, direta ou indiretamente, alguma influência no processo de estabelecimento e resolução do *rigor mortis*.

O segmento de produção de bovinos pode ter um papel importante na melhoria da qualidade organoléptica da carne, aprendendo a controlar as variáveis causadoras de estresse; fazendo melhoramento genético para características produtivas e reprodutivas, e adotando sistemas de manejo e alimentação que possibilitem o abate de tourinhos de 18 a 24 meses e de novilhos(as) de 24 a 30 meses, com peso de carcaça compatível com as necessidades mínimas de acabamento. Esse peso mínimo deverá variar com o sexo, idade de castração, raça ou cruzamento, e sistema de alimentação, sendo que as combinações mais interessantes dessas variáveis, para maximizar o resultado econômico, sem comprometer a qualidade da carne, terão que ser encontradas em trabalhos colaborativos com o segmento industrial.

O segmento industrial, para ser competitivo, terá que se modernizar, incorporando pessoal de nível universitário, potencialmente capaz de compreender as causas de variação dos atributos qualitativos da carne, para que possa exercer uma ação efetiva nos processos de melhoria da qualidade. Terá ainda que, em conjunto com o segmento de comercialização, detectar tendências nas preferências dos consumidores, transmitindo suas impressões aos pecuaristas através de um sistema de classificação de carcaças, que possa funcionar como linguagem comum a todos os segmentos que compõem a cadeia produtiva.

Entretanto, tudo que foi tratado aqui é pouco diante da problemática da (falta de) confiabilidade que vem abalando o setor. Isto diz respeito à crescente desconfiança quanto à qualidade higiênico-sanitária da carne, decorrente do distanciamento do Ministério da Agricultura do seu papel como responsável pela inspeção dos abates. Diz respeito, ainda, à falta de organização do setor para se contrapor, com informações científicas seguras, às investidas da mídia, que procura relacionar doenças humanas, principalmente as coronarianas, com o consumo de carnes vermelhas.

É preciso chamar a atenção para o fato de que as carnes vermelhas são amplamente reconhecidas como as principais fontes de proteínas de alto valor biológico, minerais - ferro, zinco, fósforo e magnésio - e vitaminas como tiamina, riboflavina, niacina, B6 e B12, tudo isso compondo um alimento de alta densidade nutricional, isto é, de baixo valor calórico.

Essas e outras situações que, justa ou injustamente, colocam o setor na defensiva, estão à espera de ações eficazes de gerenciamento da qualidade em toda a cadeia produtiva, que deverão ser implementadas pelo conjunto das lideranças de todos os segmentos que compõem o setor da carne bovina.

NOTAS BIBLIOGRÁFICAS**(na ordem em que aparecem no texto)**

- ¹ Campos, V.F. 1992. Controle da Qualidade Total (no estilo japonês). 3^aed. Belo Horizonte-MG: Fundação Cristiano Ottoni, 220p.
- ² Felício, P.E. de. 1993. Fatores ante e post-mortem que influenciam na qualidade da carne vermelha. Anais dos Simpósios da 30a.Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Rio de Janeiro-RJ, p.43-52.
- ³ Pardi, M.C. et al. 1993. Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne - Vol. 1. Editora Universitária (Eduff) e Editora UFG, Goiânia-Go, p.77
- ⁴ Judge, M. et al. 1989. Principles of Meat Science. Kendall/Hunt Publishing Co., 2nd ed., Dubuque, Iowa.
- ⁵ Tarrant, P.V. 1989. Animal behaviour and environment in the dark-cutting condition. In: Proceedings of an Australian Workshop. Australian Meat and Live-stock Research and Development Corp. Sydney South, p.8-18.
- ⁶ Gil, C.O. & Newton, K.G. 1981. Microbiology of DFD beef. In: The Problem of Dark-cutting in Beef (Hood, D.E. & Tarrant, P.V. eds.). Martinus Nijhoff, The Hague, p.305-21.
- ⁷ Shorthose, W.R. 1989. Dark-cutting in beef and sheep carcasses under the different environment of Australia. In: Proceedings of an Australian Workshop. Australian Meat and Live-stock Research and Development Corp. Sydney South, p.68-73.
- ⁸ Puolanne, E. 1988. Reducing the incidence of dark-cutting beef in Finland - a systematic approach. In: Proceedings of an Australian Workshop. Australian Meat and Live-stock Research and Development Corp. Sydney South, p.32-7.
- ⁹ Koohmaraie M. 1992. Role of the neutral proteinases in postmortem muscle protein degradation and meat tenderness. In: Proc. Rec. Meat Conference, Colorado State University, 45: 63-71.
- ¹⁰ Whipple G. et al. 1990. Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in Bos taurus and Bos indicus cattle. J. Anim. Sci. 68: 2716-28.
- ¹¹ Norman, G. 1982. Effect of breed and nutrition on the productive traits of zebu, charolais and crossbreed beef cattle in south-east Brazil. III - Meat quality. Meat Sci.6:79.
- ¹² Luchiarri Filho, A. 1994. A importância das raças zebuínas no desenvolvimento da pecuária de corte brasileira. In: Anais do I Congresso Brasileiro das Raças Zebuínas, ABCZ, Uberaba-MG, p.72-9.
- ¹³ Crouse, J.D. et al. 1989. Comparison of Bos indicus and Bos taurus inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. J. Anim. Sci. 67: 2661.
- ¹⁴ Oliveira, A. de L. 1993. Efeito do peso de abate nos rendimentos, características de carcaça e qualidade da carne de novilhos nelore e mestiços canchim-nelore. Tese de mestrado defendida na FEA/Unicamp. Campinas-SP, 130pp.
- ¹⁵ Dikeman, M.E. 1990. Genetic effects on the quality of meat from cattle. In: Proceedings of the 4th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Edinburgh, UK, p.521.
- ¹⁶ Felício, P.E. de. 1996. Proposta do DTA/FEA/Unicamp ao Grupo de Trabalho para Desenvolvimento do Programa de Análise de Rebanhos de Corte, da Associação Brasileira de Criadores. São Paulo-SP. Mimeo.
- ¹⁷ Felício, P.E. de. 1995. A carcaça nelore para o desossador. In: Anais do V Seminário Manah "O Nelore para Carne". Fazenda Mundo Novo, Brotas SP, p.18-27.
- ¹⁸ Medeiros, L.C. et al. 1987. Evaluation of range-grazed and concentrate-fed beef by a trained sensory panel, a household panel and a laboratory test market group. J. Sensory Studies 2:259-272.
- ¹⁹ Walter, M.J. et al. 1965. Effects of marbling and maturity on beef muscle characteristics. Food Technol. 19:841.

- ²⁰ Lockett, R.I. et al. 1975. Tenderness studies in straightbred and crossbred steers. J. Anim. Sci. **40**:468.
- ²¹ Smith, G.C. et al. 1988. USDA maturity indices and palatability of beef rib steaks. J. Food Quality **11**:1-13.
- ²² USDA. 1975. Official United States standards for grades of carcass beef. (Title 7, Ch. 1, Pt. 53, Sections 53, 100-105) Agri. Marketing Service, USDA, Washington, DC.
- ²³ Gullett, E. A., Jones, S.D.M. & Hines, R.J. 1983. Palatability of Longissimus dorsi roasts of young and mature dairy cows. Can. Inst. Food Sci. Technol. J. **16**(1):019-024.
- ²⁴ Felício, P.E. de, Allen, D.M. & Corte, O.O. 1982. Influência da maturidade da carcaça sobre a qualidade da carne de novilhos zebu. Coletânea, Itai, Campinas-SP, **12**:137-49.
- ²⁵ Marsh, B.B. 1977. Symposium The Basis of Quality in Muscle Foods - The Basis of Tenderness in Muscle Foods. J. Food Sci. **42**: 295.
- ²⁶ Marsh, B.B., Cia, G. & Takahashi, G. 1978. Influência da velocidade do resfriamento da carcaça bovina na maciez da carne: conhecimentos recentes e pesquisas em andamento. Bol. Téc. do CTC, número 2, p. 43-50.
- ²⁷ Bouton, P.E. et al. 1978. Influence of animal age on the tenderness of beef: muscle differences. Meat Sci. **2**: 301.
- ²⁸ Harsham, A. & Deatherage, C. 1951. Tenderization of meat. U.S. Patent 2544681.
- ²⁹ Cia, G.; Corte, O.O.; Delazari, I. & Felício, P.E. de. 1981/1982. Desossa a quente da carcaça bovina estimulada: efeitos sobre a qualidade da carne congelada. Coletânea, Itai, Campinas-SP, **12**:219-42.
- ³⁰ Koohmaraie, M. 1994. Muscle proteinases and meat aging. Meat Sci. **36**: 93-104.
- ³¹ Dransfield, E. 1992. Modeling post-mortem tenderization. III - Role of calpain I in conditioning. Meat Sci. **31**: 85-94.
- ³² Dransfield, E. 1993. Modeling post-mortem tenderization. IV - Role of calpain and calpastatin in conditioning. Meat Sci. **34**: 217-234.
- ³³ Shackelford S.D. et al. 1993. Heritabilities and phenotypic and genetic correlations for bovine postrigor calpastatin activity, intramuscular fat content, Warner-Bratzler shear force, retail product yield, and growth rate. J. Anim. Sci. **72**: 857-63.
- ³⁴ Ormenese, F.M. 1995. Efeito do processo Tender Tainer[®] de maturação sob pressão na maciez da carne bovina. Tese de mestrado defendida na FEA-Unicamp. Campinas-SP, 99pp.
- ³⁵ Felício, P.E. de. Efeito de raça, idade, estimulação elétrica e maturação na qualidade da carne de novilhos nelore e pitangueiras. Não publicado.