

8

CAPÍTULO

INFLUÊNCIA DO TEMPO E DO TIPO DE PAPEL NA METODOLOGIA DE CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA (CRA) POR COMPRESSÃO DE HAMM

Paulo Vinicius de Carvalho Barbetta

Ramon Grigio

Mayka Reghiany Pedrão

1 INTRODUÇÃO

Os processos metabólicos que ocorrem após a morte do animal podem afetar atributos de qualidade como maciez, sabor e produtividade no processamento

(BARBUT, 1993). Animais expostos ao estresse antes do abate geralmente produzem carne mais dura e com queda de pH mais acentuada em comparação a animais não submetidos ao estresse (FRONING; BABJI; MATHER, 1978). Além disso, peitos de animais abatidos no verão em geral possuem luminosidade maior quando comparados aos dos animais abatidos no inverno, o que indica que as altas temperaturas do verão prejudicam a qualidade da carne, por submeter aves a um estresse que acentua a queda de pH (BARBUT, 1996). Tais adversidades, inicialmente observadas em suínos, começaram a ganhar importância nos anos 1990, quando o problema recebeu dimensões na indústria de perus (STRASBURG; XIONG; CHIANG, 2007). Características como essa evidenciam problemas de qualidade da carne que caracterizam o grupo de carnes PSE, termo do inglês que indica carnes “*pale, soft, exudative*” – pálidas, moles e exsudativas.

As mudanças ocorridas após a morte do animal são similares entre aves e mamíferos. A diferença estaria no tipo de músculo, vermelho ou branco, e, portanto, na via metabólica tomada para obtenção de energia *post-mortem*.

Além do mais, a CRA (capacidade de retenção de água) ou WHC (*water holding capacity*) é uma das características mais importantes na determinação da qualidade de carne (HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005). Ao longo dos anos, inúmeros trabalhos têm se dedicado a explicar quais fatores influenciam na CRA (MELODY et al., 2004).

A capacidade que a carne tem de reter água é estudada extensivamente, principalmente por sua enorme importância econômica (TROUT, 1988). A perda de peso por falta de habilidade do tecido de reter água pode chegar, em média, de 1% a 3% do corte fresco (OFFER; KNIGHT, 1998), mas pode alcançar 10% em produtos PSE (MELODY et al., 2004). Considerando um crescimento médio anual próximo de 4,2% para o próximo decênio (BRASIL, 2013; TRIBALLEAU, 2013), quaisquer perdas na cadeia de produção de carne de frango podem representar perdas econômicas representativas para o Brasil.

Com o aumento da produção e das vendas de carne, o Brasil se vê cada vez mais preocupado em diminuir as perdas na cadeia, conseqüentemente, retendo mais água no interior do tecido muscular após o abate.

As perdas por más condições de transporte, condição pré-abate (SCHWARTZKOPF-GENSWEIN et al., 2012), temperatura inadequada e umidade relativa (MARCHI et al., 2010) são relatadas na literatura como predisposições que contribuem para a redução da capacidade da carne de reter água.

Existem formas de medir a capacidade do tecido cárneo em reter água. Dentre os vários métodos amplamente utilizados atualmente, pode-se citar o método de Hamm (1960), adaptado por Wilhelm et al. (2010), conhecido por método de compressão; Barbut (1993), conhecido por método por centrifugação, e o método de perda por gotejamento, descrito por Boccard et al. (1981).

Nas metodologias que utilizam o papel para absorver a água liberada quando submetida a uma compressão, é possível observar que o papel utilizado nas metodologias não tem recebido a devida atenção. Enquanto alguns autores se atentam para o detalhe do papel (DÍAZ et al., 2010; WHITMAN et al., 1996), outros utilizam diferentes tempos na metodologia (JAY, 1965) ou diferentes formas de uso do papel (HENCKEL et al., 2003), assim como diferentes papéis e diferentes pesos, por isso a necessidade de entender como o tempo e o tipo de papel são importantes nos resultados finais.

Assim, este trabalho teve como objetivo comparar como o tempo e o tipo de papel interferem nos resultados utilizando o método por compressão.

2 CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA

A CRA (capacidade de retenção de água) é um termo utilizado para descrever a capacidade de um material de reter água em sua estrutura, podendo ser utilizado para diferentes matrizes de alimentos (KNEIFEL et al., 1991; RAMASWAMY et al., 2013; MAO et al., 2001) e até mesmo para análise de solo (PIEDALLU et al., 2011).

CRA em carne foi originalmente utilizada para descrever a habilidade do tecido muscular de ligar água em condições dependentes do método. A primeira metodologia descrita para CRA foi desenvolvida por Childs e Baldelli em 1934, e foi sofrendo modificações e atualizações com o tempo (TROUT, 1988).

Para Hamm (1960), a CRA significa a habilidade da carne de reter água durante a aplicação de qualquer tipo de força, portanto pode ser expressa como a quantidade de água perdida em relação à quantidade de água retida no músculo ou proteínas do músculo. É basicamente a habilidade da carne de reter água frente a forças de compressão, gravidade e cisalhamento, e pode compreender processamentos tecnológicos, como maturação, cozimento e congelamento (SILVA SOBRINHO et al., 2005).

O método por compressão consiste em submeter uma quantidade cúbica de carne com peso previamente conhecido a uma força externa de compressão, com o objetivo de retirar uma parte do líquido retido no tecido. Uma amostra de $2,0 \pm 0,10$ g na forma de cubo é primeiro cuidadosamente colocada entre dois papéis filtros qualitativo número 1 da Whatman, e duas placas acrílicas de 15 cm de lado e deixada por 5 minutos sob peso de 10 kg (HAMM, 1960). O método por centrifugação consiste em observar a quantidade de água capaz de continuar retida à amostra cárnea após a força centrípeta promovida pelas rotações em altas velocidades e sob condição de hiperosmolalidade de solução. Dezesesseis mililitros de NaCl 0,6 M são adicionados a 10 gramas de amostras cárneas moídas, sendo incubadas por 30 minutos a 4 °C e, então, centrifugadas a 7.000 g por 15 min (BARBUT, 1996). Os métodos utilizam pequenas quantidades de carne, e per-

mitem somar evidências para explicar comportamentos bioquímicos durante a transformação do músculo em carne.

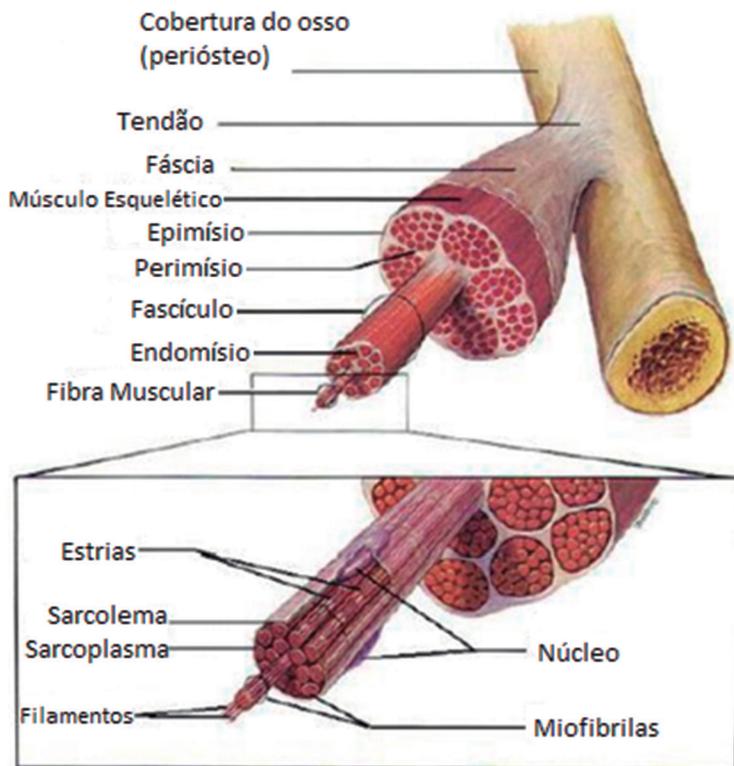
Grande parte da água encontrada retida nos alimentos pode ser classificada como fisicamente capturada. A literatura divide a água presente nos alimentos em água livre, parcialmente ligada e ligada. Essas definições possuem certa validade em algumas condições, mas a terminologia água ligada não pode ser facilmente definida. O termo, por ser controverso, é sugerido por muitos cientistas que não seja mais utilizado (FENNEMA; DAMODARAN; PARKIN, 2007). Falhas na capacidade do alimento de reter água exercem grandes defeitos sobre o alimento. Exsudação no descongelamento de carnes e desempenho inferior de tecidos animais resultantes de acentuado declínio do pH muscular pós-morte são exemplos de problemas tecnológicos (FENNEMA; DAMODARAN; PARKIN, 2007) que resultam em cores menos atraentes no ato de escolha do corte cárneo pelo consumidor e texturas desagradáveis após o cozimento. Por isso a mensuração de quanto líquido é perdido quando o tecido cárneo e exposto à forças extrínsecas é amplamente utilizada atualmente.

2.1 Estrutura muscular

O tecido muscular estriado esquelético constitui a maior parte da musculatura do corpo dos animais vertebrados, e o maior volume do tecido que se transforma em carne. O tecido muscular esquelético é um complexo organizado responsável por transmitir força originada nas miofibrilas por todo músculo eficientemente (HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005). A menor unidade que forma o músculo é a miofibrila. Revestindo cada miofibrila, está o endomísio, e organizando um grupo de várias miofibrilas (fascículo), está o perimísio. O epimísio é uma camada mais espessa de tecido conectivo que envolve todo o músculo (BAILEY; LIGHT, 1989).

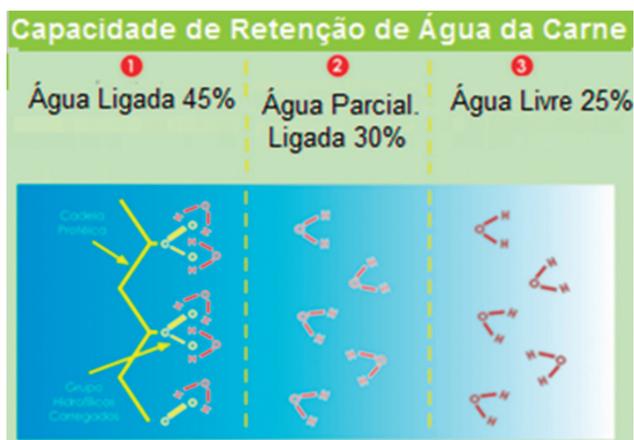
Toda água do tecido muscular está presente nesse sistema. A água presente nas camadas mais extracelulares estará mais suscetível à exsudação que a água presente nos compartimentos mais internos (HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005).

A água representa de 65% a 80% do total da massa muscular, e tem importante função celular. Em geral, todas as propriedades funcionais são influenciadas por interações de proteínas com a água. Boa parte da água dentro das células está fortemente ligada a diversas proteínas, mas apregoa-se que aproximadamente 24% são retidas por forças capilares e podem exsudar sobre pressão (OLIVO, 2006). Segundo o mesmo autor, se as proteínas não estão desnaturadas, elas continuam a ligar água durante a conversão do músculo em carne e, por extensão, durante as diversas fases do processamento, distribuição e cozimento. Assim, a habilidade de reter água é uma habilidade da carne essencialmente importante, principalmente sob o aspecto sensorial e econômico.



Fonte: Adaptado de Sobiologia, 2016.

Figura 8.1 Unidades estruturais que formam o músculo



Fonte: Olivo (2006).

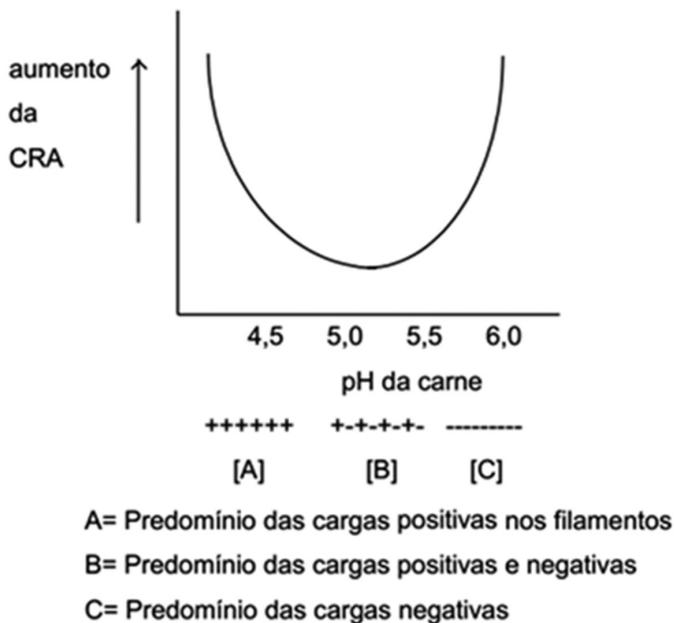
Figura 8.2 Esquema de como a água está presente na estrutura muscular (carne)

2.2 Efeitos da transformação do músculo em carne na capacidade de retenção de água

Devido à distribuição dos elétrons, as moléculas de água possuem carga neutra, mas são polares e podem associar-se a grupos reativos das proteínas musculares carregadas eletricamente. Do total de água no músculo, 4% a 5% se apresenta ligada. Os grupos hidrofílicos das proteínas musculares atraem água, formando uma capa de moléculas, fortemente unidas e que se orientam de acordo com sua polaridade e com o grupo carregado. Forma-se uma capa imobilizada, cuja orientação é independente do grupo carregado (FORREST et al., 1979).

A formação do ácido lático e a consequente queda do pH *post-mortem* são responsáveis pela diminuição da capacidade de reter água da carne. Essas reações causam uma desnaturação e perda da solubilidade das proteínas musculares, ou seja, o número de cargas negativas. Consequentemente, esses grupos não têm capacidade de atrair água, pois somente os grupos hidrofílicos carregados possuem essa capacidade. O efeito do pH na capacidade de retenção de água é denominado *efeito de carga neutra*. A capacidade de retenção de água é menor em pH 5,4, ou seja, no pI (ponto isoelétrico) da maior parte das proteínas musculares.

Se o pH fica acima do pI, desaparecem as cargas positivas, ficando um excesso de cargas negativas que determinam a repulsão dos filamentos, deixando mais espaço para as moléculas de água (OFFER, 1991).



Fonte: Pedersen et al., 1976.

Figura 8.3 Efeito do pH sobre a capacidade de retenção de água da carne

Em carne normal, somente uma parte da capacidade de retenção de água se deve à queda do pH pela instalação do *rigor mortis*. Certos íons, especialmente cátions divalentes como o cálcio e o magnésio, têm a propriedade de combinar-se com os grupos relativos das proteínas carregados negativamente, aproximando as cadeias proteicas entre si, impedindo que os grupos hidrofílicos liguem água (RAMOS, 2005).

A falta de espaço para as moléculas de água na estrutura proteica é conhecida como *efeito estérico* da retenção de água. As proteínas musculares produzem efeitos elétricos em proporção direta com a degradação do ATP no *post-mortem*.

Como dito anteriormente, no tópico estrutura muscular, grande porcentagem da água muscular encontra-se nas miofibrilas. Boa parte dessa água é mantida por forças de capilaridade que ocorrem pelo arranjo dos filamentos finos e grossos dentro das miofibrilas. Em um músculo vivo, foi mostrado que os sarcômeros mantêm-se isovolumétricos durante a contração e o relaxamento (MILLMAN; RACEY; MATSUBARA, 1981).

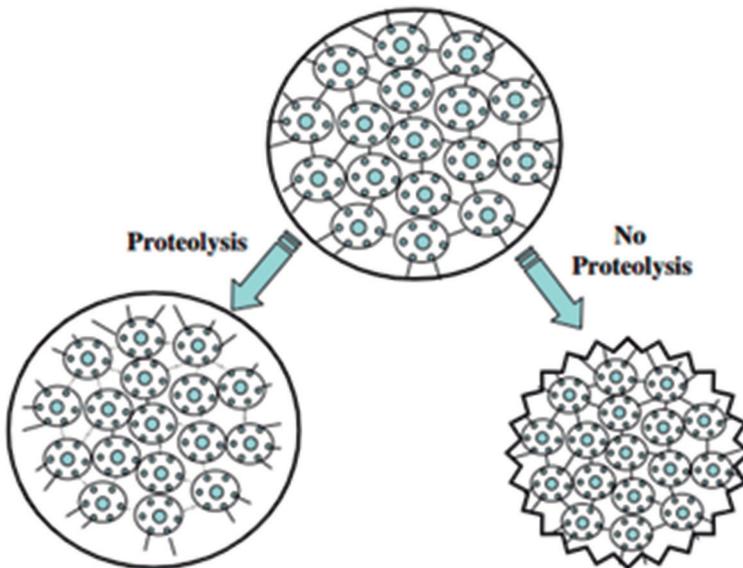
Isso indicaria que, em um músculo vivo, a quantidade de água dentro da estrutura filamentosa da célula não iria necessariamente mudar. No entanto, a localização dessa água pode ser afetada pelas mudanças no volume assim que o músculo sofre rigor. Assim que o músculo sofre rigor, pontes cruzadas formam-se entre os filamentos finos e grossos, reduzindo dessa maneira o espaço disponível para a água residir (OFFER; TRINICK, 1983). Foi mostrado que o pH do músculo suíno é reduzido de valores fisiológicos para 5,2-5,5 (próximo ao ponto isoelétrico da miosina) e que a distância entre os filamentos grossos se reduz em média 2,5 nm (DIESBOURG; SWATLAND; MILLMAN, 1988). Essa redução no espaço pode forçar o fluido entre os miofilamentos para o espaço extramiofibrilar.

Durante o desenvolvimento do rigor, o diâmetro das células musculares mostrou-se reduzir (HEGARTY, 1970), e é provavelmente resultado do encolhimento lateral das miofibrilas da célula inteira (DIESBOURG; SWATLAND; MILLMAN, 1988). Adicionalmente, durante o desenvolvimento do rigor, os sarcômeros podem encolher, reduzindo também o espaço disponível para a água dentro da miofibrila. De fato, mostrou-se que a perda por gotejamento pode aumentar proporcionalmente com a redução no comprimento dos sarcômeros nas células musculares (HONIKEL; KIM, 1986).

Todos os processos mencionados anteriormente influenciam na quantidade de água na miofibrila. É importante notar que apenas o encolhimento da rede miofibrilar não poderia ser a única responsável pelo movimento de fluidos para o espaço extracelular e, finalmente, para fora do músculo (Figura 8.4). As miofibrilas são ligadas umas às outras e com a membrana celular via conexões proteicas (WANG; RAMIREZ-MITCHELL, 1983). Essas conexões, se mantidas intactas

no músculo *post-mortem*, transfeririam a redução no diâmetro das miofibrilas para a célula muscular (DIESBOURG; SWATLAND; MILLMAN, 1988).

O encolhimento da miofibrila pode ser traduzido como a constrição da célula muscular inteira, criando, dessa maneira, canais entre as células e entre feixes de células que podem conduzir o gotejamento para fora do produto (OFFER; KNIGHT, 1988).



Fonte: Huff-Lonergan; Lonergan (2005).

Figura 8.4 Esquema das potenciais mudanças no diâmetro da célula muscular durante a maturação *post-mortem* influenciada por proteólise

O espaço extracelular em volta das fibras aumenta continuamente até 24 h *post-mortem*, mas espaços entre os feixes de fibras musculares reduzem levemente entre 9 h e 24 h *post-mortem*, talvez devido à saída de fluido desses canais (SCHAFER et al., 2002).

Uma vez que foi levantada a hipótese de que as ligações proteicas intracelulares podem influenciar a perda por gotejamento, é importante investigar os fatores regulando a proteólise *post-mortem* das proteínas.

O sistema calpaína endógeno tem um papel importante na regulação da proteólise das proteínas musculares em condições *post-mortem* (HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005). Proteínas que são substratos das calpaínas incluem proteínas, como desmina, synemina, talina e vinculina, que formam a armação do citoesqueleto da célula muscular (BILAK et al., 1988). Esse sistema é composto de várias isoformas de cisteína-proteases cálcio-dependentes (calpaínas), e seus

inibidores específicos (calpastatina). As duas melhores isoformas caracterizadas de calpaínas são a u-calpaína e a m-calpaína, as quais ambas degradam o mesmo conjunto de proteínas miofibrilares e citoesqueléticas que são degradadas conforme o músculo é convertido em carne (GEESINK; KOOHMARAIE, 1999). Conforme progride o período *post-mortem*, mudanças dramáticas ocorrem dentro do microambiente da célula muscular (queda de pH, aumento na força iônica etc.), que podem afetar a atividade das calpaínas (WINGER; POPE, 1981). Conforme o músculo é convertido em carne, várias mudanças ocorrem, incluindo: (1) redução gradual da energia disponível; (2) mudança do metabolismo aeróbico para o anaeróbico, favorecendo a produção de ácido láctico, resultando na queda do pH do tecido de próximo da neutralidade para 5,4-5,8; (3) um aumento na força iônica, em parte pela inabilidade das bombas de sódio e potássio ATP dependentes de funcionarem; e (4) um aumento na inabilidade da célula de manter condições redutoras.

Ambas, u-calpaína e m-calpaína, possuem atividade mais lenta contra os substratos (proteínas miofibrilares) em valores de pH e força iônica similares àqueles encontrados em músculo *post-mortem* (GEESINK; KOOHMARAIE, 1999). Alterações no pH e/ou força iônica podem causar mudanças conformacionais que permitem um aumento na hidrofobicidade e agregação da enzima. Dessa maneira, mudanças no pH e força iônica podem alterar a conformação das proteínas-substrato e deixá-las menos suscetíveis à clivagem pela u-calpaína.

Existe evidência experimental que suporta a ideia que a proteólise de proteínas citoesqueléticas chave, como a proteína do filamento intermediário, desmina, pode ser relacionada com a produção do gotejamento. Essas proteínas foram encontradas degradadas após apenas 45 min a 6 h *post-mortem* em alguns músculos (MELODY et al., 2004). A degradação tão precoce dessas proteínas poderia permitir que a água que é expelida dos espaços intramiofibrilares remanescesse na célula por um período de tempo maior. O resumo dessa ideia é que uma reduzida degradação das proteínas que ligam as miofibrilas na membrana celular (como a desmina) resulta em um aumento do encolhimento da célula muscular, que se traduz finalmente em perda por gotejamento. A desmina não é a única proteína envolvida; outras proteínas são afetadas, como a talina e a vinculina (BEE; LONERGAN; HUFF-LONERGAN, 2004).

Uma vez que a rápida proteólise das proteínas do filamento intermediário (como a desmina) em carne foi associada a uma melhoria na capacidade de retenção de água em suínos (MELODY et al., 2004) e uma vez que existe forte evidência que as enzimas calpaínas são responsáveis pela proteólise *post-mortem* observada em músculos pré e pós-rigor (HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 1999) é importante considerar o inibidor endógeno das u e m-calpaínas, a calpastatina. A calpastatina é um eficiente regulador da atividade da calpaína no músculo *post-mortem* (KOOHMARAIE, 1992). Existe uma ligação entre alta atividade da

calpastatina, limitada proteólise *post-mortem* da troponina T e alta força de cisalhamento (KOOHMARAIE, 1992; LONERGAN et al., 2001).

Melody e colaboradores (2004) documentaram diferenças na atividade da calpastatina entre músculos medidos entre 6 e 24 h *post-mortem* no *semimembranosus* (mais alta), *longissimus dorsi* (intermediária) e *psaos major* (mais baixa). Essas diferenças correspondem a diferenças significativas na degradação da desmina entre o *psaos major* e o *semimembranosus*, fornecendo evidência que a variação na atividade da calpastatina pode prover uma explicação parcial para a variação na proteólise observada. Em muitos casos, a explicação fisiológica da variação na atividade da calpastatina não foi alcançada. Foi hipotetizado que pode haver um componente genético para a variação na atividade da calpastatina contra a calpaína. Duas mutações foram identificadas no gene calpastatina (R249K e S638R) para classificar quatro halótipos, três dos quais foram responsáveis pela maior parte da variação nas populações comerciais examinadas nas indústrias dos Estados Unidos. O halótipo 1 (249K-638R) foi descoberto como sendo um halótipo favorável, uma vez que estava associado com a suculência e maciez do suíno (CIOBANU et al., 2004).

Mudanças *post-mortem* no músculo também são acompanhadas por um aumento considerável nos índices de oxidação (HARRIS et al., 2001). Uma outra mudança que ocorre no músculo *post-mortem* durante o envelhecimento dos produtos do músculo é o aumento da oxidação das proteínas miofibrilares, resultando na conversão de alguns resíduos de aminoácidos, incluindo histidina, a derivados carbonil, e podem causar a formação de pontes cruzadas de disulfeto intra ou interproteína (MARTINAUD et al., 1997). No geral, mudanças como essa reduzem a funcionalidade das proteínas (XIONG; DECKER, 1995).

Uma vez que as enzimas u-calpaína e m-calpaína contém tanto histidina e resíduos de cisteína contendo SH nos seus sítios ativos, elas podem ser particularmente suscetíveis à inativação por oxidação. Dessa maneira, condições oxidantes no músculo *post-mortem* podem levar à inativação ou modificação da atividade da calpaína. De fato, evidências sugerem que condições oxidantes inibem a proteólise pela u-calpaína, mas podem não inibir completamente a autólise (GUTTMANN; JOHNSON, 1998).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados 25 peitos esquerdos provenientes de carcaças de frangos de corte abatidos de acordo com prática padrão de abate de um frigorífico da região de Londrina, Paraná, no final da primavera de 2013. Os peitos foram identificados e armazenados em embalagens plásticas transparentes a 3 ± 2 °C até momento das análises.

Para compressão das amostras, foram utilizadas duas placas acrílicas quadradas de 10 cm de medida lateral, um peso de 10 kg, papel filtro comum quanti-

tativo circular de 9 cm de diâmetro, para os tratamentos T0, T1, T2 T3, T4 e T5, e papel qualitativo Whatman nº 1 para o tratamento TW.

3.1 Capacidade de retenção de água

O método de Hamm (1960), adaptado por Wilhelm et al. (2010), utiliza de uma amostra de carne de 2,0g ($\pm 0,10$) cortada em cubo da parte cranial do filé (para uniformização das amostras). Em seguida, a amostra é colocada entre dois papéis filtros e posteriormente colocada entre duas placas de acrílico. Este sistema é então deixado sob um peso de 10 kg por 5 minutos em temperatura ambiente. Em seguida, as amostras são pesadas e a CRA é determinada pela porcentagem de água exsudada por meio da equação a seguir, onde P_i e P_f são os pesos iniciais e finais, respectivamente:

$$100 - [(P_i - P_f/P_i) \times 100]$$

Cada um dos 25 peitos foram submetidos a cada um dos tratamentos, sendo que os tratamentos diferiram somente de acordo com o tempo sob o peso.

3.2 Avaliação do tempo de compressão

Para análise da influência do tempo de compressão sobre a determinação da capacidade de retenção de água, as amostras de cubos de carne foram submetidas ao sistema de compressão (HAMM, 1960), utilizando papel filtro comum, distinguindo apenas o tempo de compressão entre os seis diferentes tratamentos, sendo T0 o tratamento submetido ao tempo de 30 segundos, T1 = 1 minuto, T2 = 2 minutos, T3 = 3 minutos, T4 = 4 minutos, T5 = 5 minutos. Foram realizadas duplicatas de cada amostra para cada tratamento.

3.3 Avaliação do tipo de papel

Para análise da influência do tipo de papel sobre a determinação da capacidade de retenção de água, as amostras foram analisadas comparando-se dois tratamentos, o tratamento 5 (T5) com papel filtro qualitativo comum de 9 cm de diâmetro, e o tratamento W (TW), utilizando papel Whatman nº 1 com 9 cm de diâmetro. Foram realizadas duplicatas para cada amostra em cada tratamento.

3.4 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa Statistica 8-Portable®. O teste de Tukey e t-Student a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$) foram usados para comparar os resultados entre os tratamentos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito dos diferentes tempos sobre a capacidade do tecido de reter água é mostrado na Figura 8.5. Os valores obtidos de capacidade de retenção de água estão em acordo com o obtido após 5 minutos por outros pesquisadores utilizando a mesma metodologia (KISSEL et al., 2009; GARCIA et al., 2010).

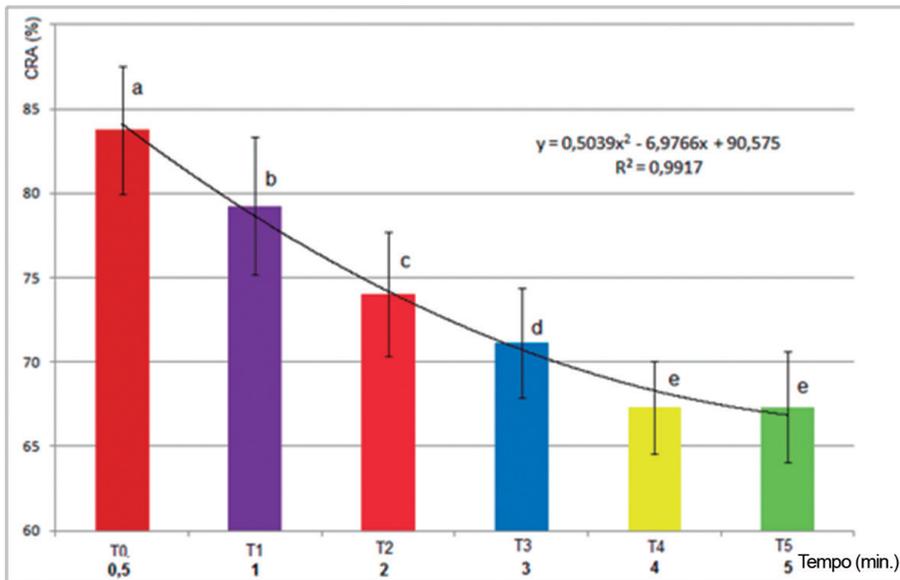


Figura 8.5 CRA média das amostras de acordo com respectivos tempos

A CRA das amostras submetidas à compressão por apenas 30 segundos (T0) foram as que retiveram maior quantidade de líquido ($83,75 \pm 3,79\%$), seguidas pelas amostras submetidas ao método por 1, 2 e 3 minutos ($79,24 \pm 4,07\%$, $74,01 \pm 3,70\%$ e $71,15 \pm 3,24\%$ respectivamente). As amostras submetidas à compressão por 4 minutos ($67,33 \pm 2,74\%$) diferiram das amostras submetidas a tempos inferiores, mas não tiveram diferença em relação ao tempo de 5 minutos ($67,33 \pm 3,28\%$). A diminuição da capacidade de retenção de água é inicialmente dependente do tempo de exposição à compressão, sendo que durante os 4 primeiros minutos não é possível observar diferença entre os tratamentos. Isso acontece porque, a partir de 4 minutos, a água presente no interior do tecido sai com intensidade baixa em relação aos tempos iniciais, e maior tempo sob pressão não é necessário. A linha de tendência que melhor explica o comportamento de queda de peso da amostra resultante da liberação de água pelo tecido é a polinomial de ordem 2 ($R^2 = 0,9917$), considerada a mais alta em relação às demais linhas de tendência (exponencial = 0,9516; linear = 0,9442). A quantidade de líquido liberada no último minuto (0,0122 g) é aproximadamente 26,85 vezes menor que a quantidade de líquido exsudada apenas nos primeiros 30 segundos (0,3276 g), e o peso médio da amostra no quinto minuto é

apenas 0,92% menor que seu peso médio aos 4 minutos, evidenciando estabilidade no peso da amostra (Figura 8.6).

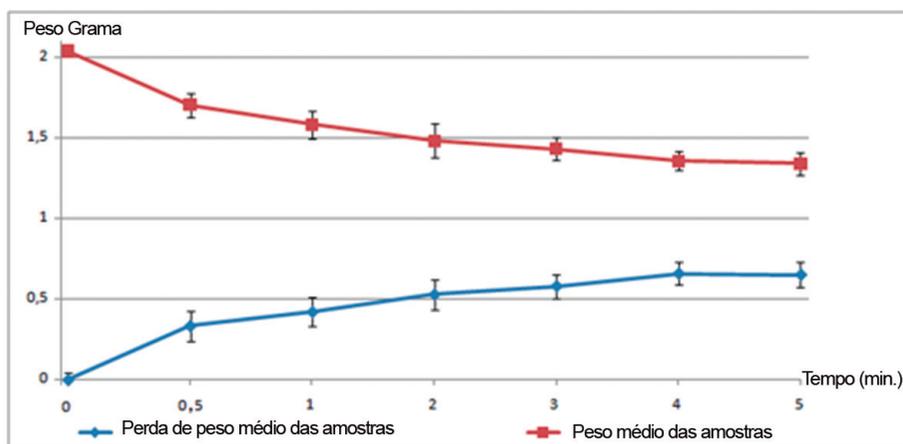


Figura 8.6 Comportamento de queda média de peso das amostras sob compressão e peso médio do líquido exsudado

O tratamento 5 (T5), quando comparado ao tratamento W (TW) apresentou diferença entre si. A maior capacidade de reter água de T5 ($67,33 \pm 3,28\%$) comparada à do TW ($64,78 \pm 3,51\%$) é explicada pela diferença entre os papéis utilizados na metodologia (Figura 8.7). O papel Whatman 1 permitiu maior capacidade de reter o líquido exsudado quando a amostra de carne foi submetida à compressão, evidenciando a diferença entre os papéis. Essa melhor capacidade de absorver o líquido exsudado do papel Whatman 1 se deve à malha de fibras de celulose que formam o tecido do papel. O papel comum não apresenta uma malha eficiente o suficiente para absorver todo líquido exsudado sob pressão do tecido muscular, podendo resultar em valores finais equivocados. O tipo de papel utilizado no método de capacidade de retenção de água por compressão influencia os resultados finais obtidos.

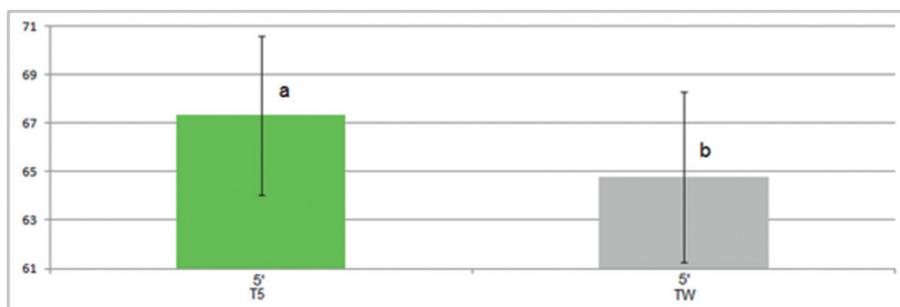


Figura 8.7 CRA (%) média das amostras submetidas ao método de compressão com papel filtro comum e papel Whatman 1

O método que utiliza papel filtro merece atenção quanto ao grau de filtração, porque é a partir de seu grau que interferências podem acontecer. Quando Hamm (1960) decidiu por usar uma marca comercial de papel em seus trabalhos e sugerir-lhes aos que acompanham sua metodologia, possivelmente sua intenção não era ter vantagem econômica com a recomendação, mas apenas padronizar a técnica. Possivelmente o grau 1 do Whatman era o papel mais utilizado para aplicações de rotina em laboratórios no Reino Unido, fato que hoje continua a ocorrer. Existem inúmeros graus e gramaturas de papel filtro disponíveis no mercado. O grau 1 (11 micrômetros) é recomendado pelo fabricante para técnicas de rotina para “separar produtos alimentares sólidos dos líquidos associados ou extrair líquido”.

O custo entre os papéis é outro fator que os diferencia. A unidade do papel Whatman 1 custa aproximadamente três vezes o preço de um papel filtro comum. Apesar da melhor qualidade do papel importado, o custo pode ser limitante no uso do Whatman 1. Como a metodologia indica a necessidade específica do papel Whatman 1, caso outro papel seja utilizado na metodologia, é extremamente necessário que ele seja indicado para comparação posterior dos dados observados.

5 CONCLUSÃO

É possível sugerir que o tempo de compressão da metodologia proposta por Hamm (1960) possa ser reduzido em um minuto. Não é possível alterar o papel descrito na metodologia proposta por Hamm (1960) sem que esse detalhe seja referenciado no material, porque os resultados acabam sendo diferentes da metodologia com papel original, e os resultados não podem ser comparáveis.

REFERÊNCIAS

- BAILEY, A. J.; LIGHT, N. D. *Connective tissue in meat and meat products*. 1. ed. Essex: Elsevier Science Publishers, 1989.
- BARBUT, S. Colour measurements for evaluating the pale softexudative (PSE) occurrence in turkey meat. *Food Research International*, v. 26, p. 39-43, 1993.
- BARBUT, S. Estimates and detection of the PSE problem in young turkey breast meat. *Canadian Journal of Animal Science*, v. 76, n. 3, p. 455-457, set. 1996.
- BEE, G.; LONERGAN, S. M.; HUFF-LONERGAN, E. Early postmortem pH influences proteolysis of cytoskeletal proteins during aging in porcine longissimus muscle. *Journal of Animal Science*, v. 82, n. 1, p. 13, 2004.
- BILAK, S. R. et al. Properties of the novel intermediate filament protein synemin and its identification in mammalian muscle. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, v. 355, p. 63-76, 1988.

- BOCCARD, R. et al. Procedures for measuring meat quality characteristics in beef production experiments. Beef Production Program: Report of a working group in the Commission of the European Communities (CEC) Beef Production Research Programme. *Livestock Production Science*, v. 8, n. 5, p. 385-397, 1981.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do agronegócio: Brasil 2011/2012 a 2021/2022**. Brasília: MAPA/ACS, 2012. 76 p. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/gestao/projecao/PROJECOES-web.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2013.
- CIOBANU, D. C. et al. New alleles in calpastatin gene are associated with meat quality traits in pigs. *Journal of Animal Science*, v. 82, p. 2829-2839, 2004.
- DÍAZ, O. et al. Chemical composition and physico-chemical properties of meat from capons as affected by breed and age. *Spanish Journal of Agricultural Research*, v. 8, n. 1, p. 91-99, 2010.
- DIESBOURG, L.; SWATLAND, H. J.; MILLMAN, B. M. X-ray diffraction measurements of postmortem changes in the myofibrillar lattice of pork. *Journal of Animal Science*, v. 66, p. 1048-1054, 1988.
- FENNEMA, O. R. et al. *Fennema's food chemistry*. 4. ed. Boca Raton: CRC, 2007. p. 25-51.
- FORREST, J. C. et al. **Fundamentos de ciencia de la carne**. Zaragoza: Acribia, 1979.
- FRONING, G. W.; BABJI, A. S.; MATHER, F. B. The effect of preslaughter temperature, stress, struggle and anesthetization on color and textural characteristics of turkey muscle. *Poultry Science*, v. 57, n. 3, p. 630-633, mai. 1978.
- GARCIA, R. G. et al. Incidence and physical properties of PSE chicken meat in a commercial processing plant. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v. 12, n. 4, p. 233-237, out. 2010.
- GEESINK, G. H.; KOOHMARAIE, M. Postmortem proteolysis and calpain/calpastatin activity in callipyge and normal lamb biceps femoris during extended postmortem storage. *Journal of Animal Science*, v. 77, p. 1490-1501, 1999.
- GUTTMANN, R. P.; JOHNSON, G. V. Oxidative stress inhibits calpain activity in situ. *Journal of Biological Chemistry*, v. 273, p. 13331-13338, 1998.
- HAMM, R. Biochemistry of meat hydration. *Advanced Food Research*, v. 10, p. 335-362, 1960.
- HARRIS, S. E. et al. Antioxidant status affects color stability and tenderness of calcium chloride-injected beef. *Journal of Animal Science*, v. 79, p. 666-677, 2001.
- HEGARTY, P. V. Differences in fibre size of histologically processed pre- and post-rigor mouse skeletal muscle. *Life Sciences*, v. 9, p. 443-449, 1970.
- HENCKEL, P. et al. Determination of water holding capacity in chicken meat. In: European symposium on the quality of poultry meat. 2003, Saint-Brieuc Ploufragan. *Anais...* Saint-Brieuc Ploufragan, 2006.
- HONIKEL, K. O.; KIM, C. J. Causes of the development of PSE pork. *Fleischwirtschaft*, v. 66, p. 349-353, 1986.

- HUFF-LONERGAN; E. LONERGAN, S. M. Postmortem mechanisms of meat tenderization: the roles of the structural proteins and the calpain system. In: XIONG, Y. L.; HO, C.-T.; SHAHIDI, F. **Quality attributes of muscle foods**. New York: Kluwer Academy/Plenum Publishers, 1999, p. 229-251.
- HUFF-LONERGAN, E.; LONERGAN, S. M. Mechanisms of water-holding capacity of meat: the role of post mortem biochemical and structural changes. **Meat Science**, v. 71, n. 1, p. 194-204, set. 2005.
- HUSSEIN, SAQIB. Effect of tilapia protein isolate on water-holding capacity and quality of tilapia fish muscle. Tese (Mestrado em Ciência em Alimentos) – Universidade da Flórida, Flórida. 2007.
- JAY, J. M. Relationship between water-holding capacity of meats and microbial quality. **Applied Microbiology**, v. 13, n. 1, p. 120-121, jan. 1965.
- KISSEL, C. et al. Functional properties of PSE (Pale, Soft, Exudative) broiler meat in the production of mortadella. **Brazilian Archives of Biology and Tecnology**, v. 52, n. spe., p. 213-217, nov. 2009.
- KNEIFEL, W. et al. Water-holding capacity of proteins with special regard to milk proteins and methodological aspects – A review. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 7, p. 2027-2041, jul. 1991.
- KOOHMARAIE, M. Effect of pH, temperature and inhibitors on autolysis and catalytic activity of bovine skeletal muscle mu-calpain. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 3071-3080, 1992.
- LONERGAN, S. M. et al. Postmortem proteolysis and tenderization of top loin steaks from brangus cattle. **Journal of Muscle Foods**, v. 12, p. 121-136, 2001.
- MAO R.; TANG J.; SWANSON B. G. Water holding capacity and microstructure of gellan gels. **Carbohydrate Polymers**, v. 46, n. 4, p. 365-371, dez. 2001.
- MARCHI, D. F. et al. Evaluation of halothane as stressor agent in poultry. **Semina**, v. 31, n. 2, p. 405-412, abr./jun. 2010.
- MARTINAUD, A. et al. Comparison of oxidative processes on myofibrillar proteins from beef during maturation and by different model oxidation systems. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, p. 2481-2487, 1997.
- MELODY, J. L. et al. Early postmortem biochemical factors influence tenderness and water-holding capacity of three porcine muscles. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 1195-1205, 2004.
- MILLMAN, B. M.; RACEY, T. J.; MATSUBARA, I. Effects of hyperosmotic solutions on the filament lattice of intact frog skeletal muscle. **Biophysical Journal**, v. 33, n. 2, p.189-202, fev. 1981.
- OFFER, G. Modeling of the formation of pale, soft and exudative meat – Effects of chilling regime and rate and extent of glycolysis. **Meat Science**, v. 30, n. 2, p. 157-184, 1991.
- OFFER, G.; KNIGHT, P. The structural basis of water-holding capacity in meat. Part 2: drip losses. In: LAWRIE, R. (Ed.). **Developments in meat science**. London: Elsevier Science Publications, 1988. p.173-243.

OFFER, G.; TRINICK, J. On the mechanism of water holding in meat: the swelling and shrinking of myofibrils. *Meat Science*, v. 8, n. 4, p. 245-281, 1983.

OLIVO, R. *O mundo do frango*. Criciúma: Varela, 2006.

PEDERSEN, M. W. et al. Effects of Low and High Saponin Selection in Alfalfa on Agronomic and Pest Resistance Traits and the Interrelationship of these Traits. *Crops Science*, v. 16, p. 193-199, 1976.

PIEDALLU, C. et al. Mapping soil water holding capacity over large areas to predict potential production of forest stands. *Geoderma*, v. 160, n. 3-4, p. 355-366, jan. 2011.

RAMASWAMY R. U. et al. Structural features and water holding capacities of pressed potato fibre polysaccharides. *Carbohydrate Polymers*, v. 93, n. 2, 2 abr. 2013, p. 589-596.

RAMOS, A. Efecto del método de congelamiento sobre las características fisicoquímicas y organolépticas de la carne de pechuga de pollo. Tese (Mestrado em Ciências em Indústria Pecuária) – Universidad de Puerto Rico, Puerto Rico. 2005

SCHAFER, A. et al. Physiological and structural events postmortem of importance for drip loss in pork. *Meat Science*, v. 61, p. 355-366, 2002.

SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K. S. et al. Road transport of cattle, swine and poultry in North America and its impact on animal welfare, carcass and meat quality: A review. *Meat Science*, v. 92, n. 3, p. 227-243, nov. 2012.

SILVA SOBRINHO, A. G. et al. Características de qualidade da carne de ovinos de diferentes genótipos e idades ao abate. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 34, n. 3, p. 1070-1078, 2005.

SOBIOLOGIA. **Tecido muscular estriado esquelético**. Disponível em: <<http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Histologia/epitelio22.php>>. Acesso em: 16 maio 2016.

STRASBURG, G.; XIONG, Y. L.; CHIANG, W. Physiology and chemistry of edible muscle tissues. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. *Fennema's food chemistry*. 4. ed. Boca Raton: CRC, 2007. p. 923-973.

SWATLAND, H. J.; BELFRY, S. Post-mortem changes in the shape and size of myofibrils from skeletal-muscle of pigs. *Mikroskopie*, v. 42, p. 26-34, 1985.

TRIBALLEAU, C. Agronegócio no Brasil crescerá 35% em 10 anos, diz relatório. *Revista Exame*, Brasília, 27 jun. 2013. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/economia/noticias/agronegocio-no-brasil-crescera-35-em-10-anos-diz-relatorio>>. Acesso em: 1 jul. 2013.

TROUT, G. R. Techniques for measuring water-binding capacity in muscle foods – A review of methodology. *Meat Science*, v. 23, p. 235-252, 1988.

WANG, K.; RAMIREZ-MITCHELL, R. A network of transverse and longitudinal intermediate filaments is associated with sarcomeres of adult vertebrate skeletal-muscle. *Journal of Cell Biology*, v. 96, p. 562-570, 1983.

WILHELM, A. E. et al. Protease activity and the ultrastructure of broiler chicken PSE (Pale, Soft, Exudative) meat. *Food Chemistry*, v. 119, n. 3, p. 1201-1204, 2010.

WINGER, R. J.; POPE, C. G. Osmotic properties of post-rigor beef muscle. **Meat Science**, v. 5, p. 355-369, 1981.

WHITMAN, T. A. et al. Electrical measurement for detecting early postmortem changes in porcine muscle. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 80-90, 1996.

XIONG, Y. L.; DECKER, E. A. Alterations of muscle protein functionality by oxidative and antioxidative processes. **Journal of Muscle Foods**, v. 6, p. 139-160, 1995.

YOUNG, J. F.; BERTRAM, H. C. OKSBJERG, N. Rest before slaughter ameliorates pre-slaughter stress-induced increased drip loss but not stress-induced increase in the toughness of pork. **Meat Science**, v. 83, n. 4, p. 634-641, dez. 2009.