TRATAMENTOS DE PRÉ-RESFRIAMENTO E RESFRIAMENTO SOBRE A QUALIDADE DE CARNE DE PEITO DE FRANGO[1]

Maria Cristina BRESSAN[2,*], Nelson José BERAQUET[3]

RESUMO

O total de 402 frangos foi processado em abatedouro comercial e submetido a seis tratamentos de resfriamento. Inicialmente as carcaças foram pré-resfriadas (PR) por imersão em água e gelo, seguido de resfriamento (R) a -35°C e estocagem a 4°C por 20 horas. Os tratamentos foram: A (0°C/30min, -35°C/3h e 15min), B (10°C/30min, 0°C/30min, -35°C/2h e 45 min), C (10°C/30min, -35°C/3h e 15min), D (20°C/30min, 0°C/30min, -35°C/2h e 45min), E (20°C/30min, -35°C/3h e 15min) e F (20°C/30min, 0°C/3h e 15min). Temperaturas baixas utilizadas após a evisceração aceleraram a instalação do *rigor* em músculos *pectoralis major* (PM). Aos 45min *post mortem* carcaças sem PR (A) ou PR a 10°C (B) tiveram músculo PM com menor (P<0,001) pH (5,75 e 5,81) do que carcaças PR a 20°C (D) (5,95). Às 4h p.m, nos tratamentos A e B as médias de valor R* foram (P<0,05) mais elevadas (1,51 e 1,44) que o no tratamento D (1,32). O teor de luminosidade foi influenciado (P<0,001) pelas temperaturas de R (nos tratamentos A, B e C as médias foram de 48,2; 47,7 e 47,6 e nos tratamentos D e E de 45,5 e 45,7, respectivamente). Os teores de luminosidade mais elevados coincidiram com tratamentos com rápida glicólise *post mortem*. A perda de peso por cozimento e a força de cisalhamento não revelaram efeito dos tratamentos.

* razão entre as absorbâncias de 250nm e 260nm, que avalia a quantidade de monofosfato de inosina (IMP) para trifosfato de adenosina (ATP)

Palavras- chave: frango; *pectoralis major*; resfriamento.

SUMMARY

PRE-CHILLING AND CHILLING TREATMENTS ON POULTRY BREAST MEAT QUALITY. A total of 402 poultry was processed in a commercial poultry processing plant and submitted to six chilling treatments. Initially, the carcasses were chilled by immersion in water and ice, followed by cooling at -35°C or storage at 4°C for 20 hours. The treatments were: A (0°C/30min, -35°C/3h and 15min), B (10°C/30min, 0°C/30min, -35°C/2h and 45min), C (10°C/30min, -35°C/3h and 15min), D (20°C/30min, 0°C/30min, -35°C/2h and 45min), E (20°C/30min, -35°C/3h and 15min) and F (20°C/30min, 0°C/3h and 15min). Low temperatures used after evisceration, accelerated the onset and resolution of *rigor* in *pectoralis major* (PM) muscles. Up to 45 minutes *post mortem*, carcasses without pre-chilling (A) or pre-chilled at 10°C (B), showed lower (P<0.001) pH values of 5.75 and 5.81, while in carcasses pre-chilled at 20°C (D), the values were higher, reaching 5.95. After 4h *post mortem*, the R values found in treatments A and B, with averages of 1.51 and 1.44, were higher (P<0.05) than the value of 1.32 found in treatment D. The luminescence (L*) was influenced (P<0.001) by the treatments (in treatments A, B and C, the averages were 48.2, 47.7 and 47.6, while in treatments D and E, they were 45.5 and 45.7, respectively). The greater values for lightness coincided with treatments causing rapid rigor development in the PM muscle. The cooking loss and shear value were not affected by the treatments.

Keywords: chicken; chilling; *pectoralis major*.

1 – INTRODUÇÃO

O resfriamento de carcaças de frango em baixas temperaturas tem sido descrito como indutor do encurtamento das fibras musculares pelo frio (que acarreta na redução da maciez, percebido após o cozimento), embora fibras brancas (maior percentual em frangos) sejam menos sensíveis a esse encurtamento. Em carcaças inteiras submetidas logo após o abate à 0°C/80min ou a -12°C/50min, DUNN, KILPATRICK & GAULT [4] descreveram que naquelas resfriadas rapidamente houve variação para os resultados de força de cisalhamento (FC) nos músculos peitorais. Na análise de correlação, os autores encontraram coeficiente elevado (r= -0,89) entre pH aos 15min *post mortem* (p.m.) e comprimento de sarcômero. Isso demonstrou que a -12°C, aves com maior energia disponível no *pectoralis major* (PM) aos 15min p.m., sofreram maior encurtamento. PAPA & FLETCHER [14] verificaram a susceptibilidade do PM de frango ao encurtamento p.m. e observaram que houve redução na retenção de água e na maciez, quando as amostras foram submetidas a cocção e ao processamento. LOCKER & HAGYARD [12] descreveram que músculos acometidos de *cold shortening* resultaram em endurecimento da carne bovina após o cozimento. As alterações na maciez, facilmente perceptíveis, são consideradas como um dos maiores problemas associados ao abate comercial de frangos.

O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito de diferentes temperaturas de pré-resfriamento e resfriamento de frangos sobre a velocidade de instalaçao do *rigor mortis*, maciez e perda de peso por cozimento do músculo PM.

2 – MATERIAIS E MÉTODO

O presente experimento foi conduzido em frigorífico comercial no município de Jundiaí-SP, no período de março a julho de 1997, compreendendo estações do outono e inverno cujas temperaturas médias variam de 18 a 25°C.

[1.] *Recebido para publicação em 28/06/2002. Aceito para publicação em 12/05/2004 (000918).*

[2.] *Universidade Federal de Lavras – Departamento de Ciências dos Alimentos. Caixa Postal 37 - Lavras-MG - CEP: 37200-000. E-mail: bressan@ufla.br*

[3.] *ITAL - Instituto de Tecnologia de Alimentos. Av. Brasil, 2880. Jd. Chapadão, Campinas-SP.*

** A quem a correspondência deve ser enviada.*

2.1 – Caracterização dos animais

Os frangos foram da linhagem Hubbard/Petterson, com 50 a 53 dias, peso médio de 1,8 a 2,5kg, sexo misto, criados em granjas comerciais. As aves, na granja foram preparadas para o abate de forma convencional, com jejum e dieta hídrica de 6h antes da apanha. A apanha foi efetuada por equipe treinada e em cada gaiola foram colocados de 8 a 10 frangos. As aves foram transportadas da granja ao frigorífico por tempo inferior a 35min, em caminhões com carroceria adaptada, com velocidade média de 60km/h.

Na indústria, as aves foram mantidas, no pré-abate, em instalações convencionais dotadas de umidificador de ar e ventiladores, por um periodo de 3 a 5 horas pré-abate. As aves não foram submetidas, enquanto na carga do caminhão a tratamento com água (chuveiro). Na plataforma de recepção, as aves foram penduradas pelos pés aos ganchos da nória de transporte e insensibilizadas por eletronarcose (70mA, 60V e 1000Hz, por 10s). Após a insensibilização, as aves foram sangradas manualmente. A escaldagem foi realizada em água a 58°C/2,5min, seguida da evisceração mecânica.

2.2 – Tratamentos de pré-resfriamento e resfriamento

As carcaças, após a evisceração, foram retiradas da linha e submetidas a 6 tratamentos de pré-resfriamento (PR) e resfriamento (R), aplicados no período de 15min a 4h p.m.:

A – Sem PR, onde as carcaças foram R a 0°C/30min e submetidas a -35°C/3h e 15min.

B – PR a 10°C/30min, R a 0°C/30min, seguido de R a temperatura de -35°C/2h e 45min.

C – PR a 10°C/30min, seguido de R a temperatura de -30°C/3h e 15min.

D – PR a 20°C/30min, R a 0°C/30min, seguido de R a temperaturas de -35°C/2h e 45min.

E – PR a 20°C/30min, seguido de R a temperatura de -35°C/3h e 15min.

F – PR a 20°C/30min, seguido de R a 0°C/3h e 15min.

Os tratamentos foram aplicados por imersão das carcaças (30min) em cubas de PVC contendo soluções de água e gelo, cuja temperatura foi monitorada com termômetro (Corning M TMP-50). Durante a aplicação dos tratamentos, as carcaças foram revolvidas nas soluções para simular o "pré-chiller" e o "chiller" convencional.

2.3 – Coleta, preparo de amostras e análises bioquímicas

As amostras para as análises bioquímicas (pH e valor R), foram obtidas por 2 incisões paralelas na porção muscular do peito em sentido longitudinal ao externo (lado esquerdo e direito). À distância entre o externo, primeira e segunda linha de incisão foi de 1cm. Das duas amostras, retiradas na forma de tiras, foram separadas duas porções de 3,5g do músculo PM e congeladas a -196°C. As amostras foram mantidas a -196°C até o momento das análises. A determinação do valor R (em duplicata) foi realizada conforme HONIKEL & FISCHER [7]. O pH foi determinado usando iodoacetato de sódio [1] e potenciômetro (Micronal M B375). As análises foram realizadas aos: 15; 45 e 75 minutos *post mortem*; e 4 e 24 horas *post mortem*, a fim de acompanhar a velocidade e instalação do *rigor mortis* em cada modalidade de tratamento.

2.4 – Coleta, preparo de amostras e análises físicas

Para as análises de perda de peso por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (FC), as carcaças foram identificadas, embaladas, transportadas da indústria ao laboratório em caixas de polietileno expandido contendo gelo e armazenadas a 4°C. Os músculos *pectoralis superficialis* (PS) e PM, esquerdo e direito, foram desossados às 24h e usados para a determinação de PPC e FC.

A cor foi medida com colorímetro (Minolta Meter, modelo CR-200b) pelo Sistema CIELAB (L* = teor de luminosidade, a* = teor de vermelho, e b* = teor de amarelo). As leituras foram tomadas no peito não desossado (pontos cranial, medial e distal do músculo PM), lado esquerdo e direito. A média de 6 leituras foi usada para cada carcaça.

Para a PPC, as amostras foram pesadas em balança semi-analítica (Mettler M P1210), embaladas em papel alumínio e cozidas em chapa a 180°C até atingir a temperatura interna de 82-85°C [2]. A diferença entre peso inicial e final dos músculos PM e PS correspondeu a PPC por carcaça.

As amostras empregadas na determinação da PPC foram utilizadas para avaliar a maciez [6]. Para medir a FC, as amostras foram colocadas com as fibras orientadas no sentido perpendicular às lâminas do Warner-Bratzler, acoplado ao Instron M 2318. Seis a oito amostras na forma de paralelepípedo foram usadas na FC de cada peito.

2.5 – Delineamento experimental e análise estatística

A atribuição dos tratamentos às unidades experimentais foi de acordo com um delineamento inteiramente casualizado, sendo cada frango considerado uma unidade experimental. Os dados foram submetidos à análise da variância e teste de média Duncan. O programa estatístico empregado foi o Statistica [22].

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 – Considerações sobre o pH aos 15min *post mortem*

O pH aos 15min variou de 5,75 a 5,83. Em frangos abatidos convencionalmente são reportados aos 10min pH entre 6,09 a 6,30 [11] e aos 15min valores entre 6,00 a 6,10 [21]. Resultados de pH com variações entre 5,74 a 5,90 foram descritos 1h [20]. Entretanto, DUNN,

KILPATRICS & GAULT [5] obtiveram resultados elevados aos 30min (6,70 a 7,01) e aos 90min (6,16 a 6,74). Confrontando os dados do presente trabalho com os desses autores, constata-se que o pH aos 15min foi equivalente aos valores relatados aos 60min *post mortem*.

Analisando-se a distribuição das classes de peito conforme a queda de pH no músculo PM (15min), observa-se que dos 45 peitos analisados, 11 (24,4%) apresentaram valores abaixo de 5,7, vinte e três (51,1%) pH entre 5,7 a 5,9 e onze (24,4%) valores entre 5,9 a 6,1. Portanto, 75,5% das amostras apresentaram pH≤5,9. Estes resultados discordam dos relatos de RISTIC [16] que encontrou 74,5% das amostras com valores entre 5,7 a 6,3 aos 15min. Considerando o valor de pH de 5,9 como o início do *rigor* [5], a maioria das carcaças avaliadas apresentaram no músculo PM instalação do *rigor* aos 15min. SHRIMPTON & MILLER [19], descreveram que a instalação do *rigor* pode ocorrer aos 10min em condições de estresse antes do abate. SEEMANN [18] reportou, em músculos PM aos 35min, valores de pH baixo (5,71), médio (6,12) e alto (6,39), sugerindo que 75,5% dos animais apresentaram rápido desenvolvimento da glicólise. Uma das possíveis explicações para a rápida instalação do *rigor* no presente trabalho estaria relacionado à linhagem comercial associada ao manejo pré-abate dispensado aos animais.

Os valores de pH aos 45min variaram de 5,75 a 5,95. Em 45 peitos estudados 29 (64,44%) mostraram pH≤5,9, enquanto 16 (35,55%) tiveram pH>5,9. Às 4h p.m., 95,18% dos músculos PM tinham pH≤5,9. Esses resultados de pH demonstraram que, nas condições deste trabalho, entre 64,44 a 75,5% das carcaças apresentaram rápida glicólise. Por outro lado, 24,5 a 33,5% de carcaças evidenciaram lenta glicólise com pH de 5,9 aos 75min *post mortem*.

Avaliando o desenvolvimento bioquímico, é esperado que o pH do músculo diminua ao longo do tempo (acúmulo de ácido lático). Em contrapartida, a quebra do ATP e da creatina fosfato provocam aumento de inosina e redução de adenosina no desenvolvimento do *rigor*, resultando em aumento no valor R [7].

3.2 – Efeito dos tratamentos sobre as reações bioquímicas *post mortem*

Os músculos PM das aves mostraram características bioquímicas e de cor semelhantes antes de receberem os tratamentos aos 15min p.m. (*Tabelas 1 e 2*).

Os valores de pH (45min) foram afetados (P<0,001) pelos tratamentos de PR. Tratamentos A (0°C) e B (10°C) mostraram valores de pH mais baixos (5,75 e 5,81, respectivamente) que o tratamento D (20°C) (5,95). Esses resultados mostraram que a velocidade na instalação do *rigor* foi mais rápida em peitos de carcaças submetidas dos 15 aos 45min p.m. em temperaturas de 0 e 10°C, do que a 20°C. Em carnes vermelhas, LOCKER & HAGYARD [12] descreveram que carnes no *pre rigor* submetidas a temperaturas baixas (16°C) apresentam reações bioquímicas que são aceleradas e que provocam redução na maciez, embora temperaturas elevadas possam acelerar o *rigor* e, ocasionar o encurtamento por *rigor* que também desencadeia redução na maciez [4]. SMOLINSKA & ABDUL-HALIM [20] descreveram que carcaças resfriadas rapidamente (valor R de 1,26 aos 40min, carcaças resfriadas sem pré-chiller com 28°C no interior do peito aos 15min p.m.) apresentaram nos músculos peitorais maior velocidade na instalação do *rigor* do que carcaças resfriadas convencionalmente (valor R de 1,26 aos 65min, interior dos músculos a 8°C aos 65min).

TABELA 1. Médias para valor R e pH no músculo *pectoralis major*

	N	15min		45min		75min		4h		24h	
		R value	pH	R value	pH	R value	PH	R value	pH	R value	pH
A	15	1,05^{a}	5,83^{a}	1,17^{a}	5,75^{a}	-	-	1,51^{a}	5,72^{a}	1,37^{a}	5,70^{b}
B	15	1,04^{a}	5,75^{a}	1,23^{ab}	5,81^{a}	1,23^{a}	5,75^{a}	1,44^{ab}	5,75^{a}	1,33^{a}	5,68^{b}
C	15	-	-	-	-	-	-	1,31^{b}	5,74^{a}	1,35^{a}	5,72^{b}
D	15	1,11^{a}	5,80^{a}	1,28^{b}	5,95^{b}	1,17^{a}	5,85^{b}	1,32^{b}	5,74^{a}	1,34^{a}	5,78^{a}
E	15	-	-	-	-	-	-	1,43^{ab}	5,67^{a}	1,31^{a}	5,83^{a}
F	10	-	-	-	-	-	-	1,30^{b}	5,69^{a}	1,27^{a}	5,66^{b}
N		45		45		30		85		85	

n = número de unidades experimentais para as análise aos 15, 45 e 75min, 4 e 24h (15 ou 10 peitos, lado esquerdo e direito foram utilizados em cada momento de determinação pois essas análises são destrutivas)
A = 0°C/30 min; -35°C/3h e 15 minutos; 0°C/20h
B = 10°C /30 min; 0°C/30min; -35°C/2h e 45 min; 0°C/20h
C = 10°C /30 min; -35°C/3h e 15min; 0°C/20h
D = 20°C /30 min; 0°C/30min; -35°C/2h e 45min; 0°C/20h
E = 20°C /30 min; -35°C/3h e 15 min; 0°C/ 20h
F = 20°C /30 min; 0°C/23h e 15 min
$^{a\ e\ b}$ Médias com expoentes diferentes, na coluna, são significativamente diferentes, teste de Duncan (α = 0,05)

Aos 45min, o valor R foi influenciado (P<0,05) pelos tratamentos. Carcaças submetidas a 20°C apresentaram valor R (1,28) mais elevado que aquelas tratadas a 0 e 10°C (1,17 e 1,23, respectivamente). Contrariando os resultados de pH, isso demonstrou que carcaças submetidas dos 15 aos 45min a 20°C apresentaram maior velocidade no consumo de ATP. Segundo HONIKEL & FISCHER [7], músculos com valor R abaixo de 1,05 a quantidade de ATP é predominante, e acima de 1,05, a quantidade de IMP no meio é maior. Mais tarde, HONIKEL et al. [8] reportaram que valor R igual a 1,10 havia coincidido com a perda da extensibilidade muscular de bovinos e, portanto, este valor poderia ser utilizado como critério indicativo do *rigor*. Em frangos, o valor R que corresponde ao *rigor* é ponto de controvérsia entre autores. KHAN & NAKAMURA [11] relataram que valor R de 1,0 foi encontrado em amostras em *rigor*. Entretanto SAMS & MILLS [17] encontraram a 1h p.m. valor R que variou de 1,09 a 1,12 em amostras com evidências de *rigor*.

Considerando os índices para valor R em *rigor* descritos por KHAN & NAKAMURA [11] e HONIKEL & FISCHER [7], os músculos deste trabalho estavam em *rigor* antes da aplicação dos tratamentos. KHAN [10] citou que temperaturas de 10, 15, 25 e 37°C aplicadas as carcaças após a instalação do *rigor* não causaram efeitos sobre a maciez. Seguindo este raciocínio, os tratamentos aplicados após os 15min não afetariam a glicólise nos músculos PM utilizados neste trabalho. Entretanto, como os tratamentos influenciaram a instalação do *rigor* (pH 45 e 75min e valor R 45min), é pos-

sível supor que os músculos aos 15min estavam em pré-*rigor*, e portanto o valor R indicativo de *rigor* seria maior do que 1,1 conforme HONIKEL et al. [8] e SAMS & MILLS [17].

Os músculos das aves PR a 10°C aos 75min mostraram pH (5,75) significativamente (P<0,05) mais baixo, do que aves PR a 20°C (5,85), confirmando os resultados observados aos 45 minutos. Utilizando temperaturas entre 0 a 40°C, DUNN, KILPATRICS & GAULT [5] não observaram efeito sobre o pH quando os peitos foram incubados logo após o abate por 90 minutos. Entretanto, em períodos de incubação de até 6,33h as amostras tratadas com 5 e 10°C apresentaram pH (5,9) mais baixo, do que amostras mantidas a 30°C (pH>6,0). Porém, SMOLINSKA, KOPEC & POPIEL [21] descreveram que o *rigor* desenvolveu-se após 3h p.m. em peitos de carcaças (pH de 5,5) submetidas ao R em água e gelo e, em 1,5h nas aves (pH de 5,9) não resfriadas.

O efeito do PR sobre a glicólise (valor R) pode ser observado comparando (4h) os tratamentos A, C e E que resultaram em valores R de 1,51; 1,31 e 1,43, respectivamente. Entre os tratamentos de 0 e 10°C, as médias foram diferentes (P<0,05) entre si, demonstrando que temperaturas de 0°C aceleraram o uso de ATP. Isso evidenciou que carcaças sem PR apresentaram resolução do *rigor* mais rápida no PM, do que carcaças PR a 10 ou 20°C. Esses resultados confirmaram o efeito das baixas temperaturas na aceleração da glicólise (45 e 75min). Efeito semelhante foi descrito em bovinos por HONIKEL & HAMM [9] que observaram que temperaturas inferiores a 10°C aceleram as reações bioquímicas p.m., enquanto temperaturas acima de 10°C retardam as reações. Em bovinos, a aceleração das reações por temperaturas baixas (carcaças em pré-*rigor*) resulta em *cold shortening* [12]. Em frangos, BILGILI, EGBERT & HOFFMAN [2], trabalhando com temperaturas de 41, 28, 14 e 0°C, descreveram menor comprimento de sarcômero em peitos de carcaças submetidas a 0°C. Resultados semelhantes foram reportados por PAPINAHO & FLETCHER [15] que observaram maior encurtamento muscular em peitos desossados submetidos a 0°C. Considerando os resultados de pH (45min) e de valor R (4h) encontrados no presente trabalho para os vários R, o tratamento A mostrou um efeito potencial para a ocorrência de encurtamento pelo frio e redução da maciez.

Os tratamentos de PR influenciaram (P<0,01) os valores de pH final. Comparando os PR (A, B e C), carcaças sem PR ou PR a 10°C (5,70; 5,68 e 5,72, respectivamente) foram diferentes (P<0,05) daquelas PR a 20°C (D e E) com médias de 5,78 e 5,83. Esses resultados mostraram que a ausência de PR ou PR a 10°C resultou em maior extensão da glicólise, do que o PR a 20°C.

O efeito das temperaturas utilizadas após o PR pode ser observado quando comparado os tratamentos B e C com os tratamentos D a E. Observa-se que o pH às 4h e o valor R às 4 e 24h não foram afetados pelos tratamentos. Isso demonstrou que as temperaturas de resfriamento (água do chiller) de carcaças, aplicadas após 45min não influenciaram o *rigor*.

Utilizando temperaturas de 10, 15, 25 e 37°C aplicadas a carcaças após a instalação do *rigor*, KHAN [10] não observou efeitos sobre a maciez. Como a textura de peito está associada com a atividade metabólica *p.m.*, supõe-se que as diferentes temperaturas usadas por KHAN [10] não afetaram o desenvolvimento da fase final de *rigor*. De acordo com esses resultados, é possível que no presente trabalho, a ausência do efeito dos tratamentos de R (após os 45min) seja conseqüência da adiantada fase do *rigor*. Assim, infere-se que temperaturas baixas (-35°C) aplicadas em carcaças de aves com *rigor* instalado tenham efeito semelhante aquele descrito para temperaturas entre 10 a 37°C.

3.3 – Considerações sobre o comportamento da luminosidade (L*) no *post mortem*

Analisando os dados para L* cujas leituras foram realizadas entre os 15min e às 24h p.m., observou-se que houve uma evolução nos índices (aos 15min, as médias variaram de 40,4 a 41,3, aos 75min de 44,0 a 45,9, às 4h de 46,2 a 47,6 e às 24h de 45,5 a 49,8) (*Tabela 2*). Estes dados mostram que as maiores modificações no teor de luminosidade ocorreram no período entre 15 a 75min. LYON & CASSON [13] descreveram que ocorre uma evolução do L* entre 30 e 60min, resultado das reações bioquímicas p.m. nos músculos peitorais.

TABELA 2. Médias para os componentes de cor (L*, a* e b*) do *pectoralis major*

T	n	15min			45min			75min			4h			24h		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
A	15	40,4^{a}	2,52^{a}	2,63^{a}	45,1^{a}	2,52^{a}	4,16^{a}	-	-	-	47,5^{a}	2,01^{a}	5,27^{ab}	48,2^{ab}	2,44^{a}	3,07^{a}
B	15	41,3^{a}	2,38^{a}	3,11^{a}	44,7^{a}	2,86^{a}	4,16^{a}	45,9^{a}	2,75^{a}	4,30^{a}	47,1^{a}	2,79^{a}	6,12^{a}	47,7^{abc}	2,70^{a}	3,45^{a}
C	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46,8^{a}	2,57^{a}	3,95^{bc}	47,6^{bc}	2,44^{a}	3,74^{a}
D	15	41,1^{a}	1,79^{b}	2,46^{a}	42,2^{b}	2,15^{a}	3,32^{a}	44,6^{a}	2,26^{b}	4,35^{a}	46,9^{a}	2,25^{a}	3,96^{bc}	45,5^{d}	2,60^{a}	3,11^{a}
E	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47,6^{a}	1,64^{ab}	2,84^{c}	45,7^{cd}	2,67^{a}	3,08^{a}
F	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46,2^{a}	0,47^{b}	2,56^{c}	49,8^{a}	2,29^{a}	4,19^{a}
N		45			45			30			85			85		

A = 0°C/30 min;-35°C/3h e 15min; 0°C/20h
B = 10°C/30 min; 0°C/30min; -35°C/2h e 45 min; 0°C/20h
C = 10°C/30 min;-35°C/3h e 15 min; 0°C/20h
D = 20°C/30 min; 0°C/30min; -35°C/2h e 45min; 0°C/20h
E = 20°C/30 min; -35°C/3h e 15min; 0°C/20h
F = 20°C/30 min; 0°C/23h e 15 min
n = número de unidades experimentais para cada momento de análise
$^{a, b, c e d}$ Médias com expoentes diferentes, na coluna, são signif. diferentes, teste de Duncan (α = 0,05)
L* = luminosidade (preto = 0 e branco = 100)
a* = tendência para vermelho (verde = -80 e vermelho = 100)
b* = tendência para o amarelo (azul = -50 e amarelo = 70)

3.4 – Efeito dos tratamentos sobre os componentes da cor (L*, a* e b*)

O L* foi influenciado (P<0,001) pelos tratamentos de PR aos 45min. Comparando os tratamentos A, B e D observa-se que peitos de carcaças sem PR ou PR a 10°C (45,1, 44,7, respectivamente) mostraram maior luminosidade, do que aqueles PR a 20°C (42,2). Estes resultados demonstraram que a evolução da luminosidade em peito de frango foi mais elevada em carcaças sem PR ou PR a 10°C. Considerando que o L* manifeste as alterações bioquímicas, é possível inferir que carcaças sem PR ou PR a 10°C tiveram uma evolução mais rápida do que aquelas PR a 20°C. Isso confirma os resultados de pH obtidos aos 45 e 75min *post mortem*.

A análise da variância determinou efeito (P<0,001) dos tratamentos de R sobre o L* às 24h. Carcaças sem PR ou PR a 10°C (A, B e C) com médias de 48,2; 47,7 e 47,6 diferiram (P<0,05) daquelas carcaças PR a 20°C (D e E) com médias de 45,5 e 45,7. Esses resultados evidenciam que as temperaturas utilizadas, logo após a evisceração, influenciaram o L* às 24h, onde temperaturas de 0 ou 10°C resultam em elevado teor de luminosidade. Porém, as temperaturas utilizadas após os 45min do abate não afetaram o L*.

Os resultados das análises bioquímicas e cor foram submetidas a análise de correlação aos 15 e 45min, 4 e 24h e foi observado que: a) aos 15min, o L* foi positivamente correlacionado ao valor R (com r=0,53, P=0,01%), demonstrando que, quanto maior foi a hidrólise de ATP (maior valor R) maior foi a luminosidade; b) quando analisado a relação luminosidade e pH, os índices de correlação foram inversos aos 45min (r=-0,65, P=0,01%), às 4h (r=-0,51, P=0,01%) e às 24h (r=-0,54, P=0,01%), mostraram que, quanto mais baixo foram os valores de pH mais elevados foram os índices de luminosidade. Considerando essas correlações, é possível associar a evolução da luminosidade com a evolução das reações de hidrólise de ATP (valor R) ou com a glicólise (pH). Dessa forma, quanto mais rápida a instalação do *rigor* no PM maior é a luminosidade (às 24h, o índice de correlação indicou que a luminosidade também está associado a extensão de glicólise, ou seja, quanto menor é o pH final, maior é a luminosidade).

3.5 – Efeito dos tratamentos sobre a perda de peso por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (FC)

A PPC não foi influenciada pelos tratamentos (*Tabela 3*). Esses resultados estão de acordo com DUNN, KILPATRICS & GAULT [5] que, utilizando temperaturas de 0, 5, 10, 20, 30 e 40°C, aplicadas após o abate não observaram efeito da temperatura sobre a PPC. Por outro lado, esses resultados discordam de BILGILI, EGBERT & HOFFMAN [2] que encontraram em carcaças submetidas a 41 e 28°C perdas superiores a 29%, enquanto que para carcaças tratadas a 14 e 0°C as perdas foram de 27,9 e 25,1%, respectivamente.

TABELA 3. Médias para PPC e FC no músculo *pectoralis major*

Tratamentos	N	PPC (%)	n	FC (kgf/g)
A	17	28,44[a]	17	2,92[a]
B	19	29,03[a]	19	3,04[a]
C	18	28,08[a]	18	3,22[a]
D	21	28,11[a]	21	3,50[a]
E	20	28,90[a]	20	3,34[a]
F	17	28,36[a]	17	3,24[a]
N	112		112	

A = 0°C/30 min;-35°C/3h e 15 minutos; 0°C por 20h
B = 10°C/30 min; 0°C/30min; -35°C/2h e 45 min; 0°C/20h
C = 10°C/30 min;-35°C/3h e 15 min; 0°C/20h
D = 20°C/30 min; 0°C/30min; -35°C/2h e 45min; 0°C/20h
E = 20°C/30 min; -35°C/3h e 15min; 0°C/20h
F = 20°C/30 min; 0°C/23h e 15 min
n = número de unidades experimentais
[a, b, c e d] Médias com expoentes diferentes, na coluna, são signif. diferentes, teste de Duncan (α = 0,05)

A FC não foi afetada pelos tratamentos. Esses resultados demonstraram que os tratamentos de PR ou R, não afetaram a maciez dos músculos PM. As médias de FC variaram de 2,92 a 3,50kgf/g. Esses resultados ficaram abaixo de 5,5 a 5,8kgf/g descritos para peitos de frango desossados convencionalmente [3]. Isso evidencia que a maciez encontrada foi elevada, embora nas amostras do tratamento A tenha ocorrido rápida glicólise (condição bioquímica potencial para o "encurtamento pelo frio").

4 – CONCLUSÕES

A velocidade na instalação e resolução do *rigor* foi acelerada em peitos de carcaças sem pré-resfriamento submetidas a 0°C/30min, seguida de resfriamento a -35°C por 3h e 15 minutos. As temperaturas de resfriamento, utilizadas após 45min do abate, não influenciaram a velocidade das reações químicas *post mortem*. A perda de peso por cozimento e a força de cisalhamento não foram afetadas pelas condições de pré-resfriamento. Nas operações de obtenção de carcaças inteiras, a temperatura de pré-resfriamento pode ser reduzida de 20°C para 10°C ou a etapa de pré-resfriamento pode ser eliminada sem prejuízos da cor, da perda de peso por cozimento e da maciez de peitos de frangos.

5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] BENDALL, J.R. "Post mortem" changes in muscle. Relation between muscle pH and important biochemical parameters during the post mortem changes in mammalian muscles. In: **The structure and function of muscle**. New York, Academic Press. v. 2, p. 143-157, 1973.

[2] BILGILI, S.F.; EGBERT, W.R.; HOFFMAN, D.L. Research note: Effect of post mortem ageing temperature on sarcomere lengh and tenderness of broiler *pectoralis major*. **Poultry Science**. Champaign, v. 68, n. 11, p. 1588-1591, 1989.

[3] CONTRERAS, C.J.C. **Efeitos do atordoamento elétrico, estimulação elétrica e da desossa à quente na qualidade da carne do peito de frango** "Pectoralis major". Campinas, 1995. 150p. Tese – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

[4] DUNN, A.A.; KILPATRICK, D.J.; GAULT, N.F.S. Contribution of "rigor shortening" and "cold shortening" to variability in the texture of *pectoralis major* muscle from commercially processed broilers. **British Poultry Science**. Langford, v. 36, n. 3, p. 401-413, 1995.

[5] DUNN, A.A.; KILPATRICS, D.J.; GAULT, N.F.S. Effect of post mortem temperature on chicken *pectoralis major*: muscle shortening and cooked meat tenderness. **British Poultry Science**. Langford, v. 34, n. 4, p. 689-697, 1993.

[6] FRONING, G.W.; BABJI, A.S.; MATHER, F.B. The effect of preslauther temperature, stress, struggle and anesthetization on colour and textural characteristics of turkey muscle. **Poultry Science**. Champaign, v. 57, n. 3, p. 630-633, 1978.

[7] HONIKEL, K.O.; FISCHER, C.A. A rapid method for the detection of PSE and DFD porcine muscles. **Journal of Food Science**. Chicago, v. 42, n. 7, p. 1663-1676, 1977.

[8] HONIKEL, K.O.; FISCHER, C.; HAMID, A.; HAMM, R. Influence of post mortem changes in bovine muscle on the water-holding capacity of beef. Post mortem storage of muscle at 20°C. **Journal of Food Science**. Chicago, v. 46, n. 1, p. 1-7, 1981.

[9] HONIKEL, K.O.; HAMM, R. La influencia del refrigerado sobre las cualidades de la carne vacuna recién faenada. **Fleischwirts, Español**. Frankfurt, n. 2, p. 16-22, 1980.

[10] KHAN, A.W. Effect of temperature during post mortem glycolysis and dephosphorylation of high energy phosphates on poultry meat tenderness. **Journal of Food Science**. Chicago, v. 36, n. 1, p. 120-1, 1971.

[11] KHAN, A.W.; NAKAMURA, R. Effects of pre-and post mortem glycolysis on poultry tenderness. **Journal of Food Science**. Chicago, v. 35, n. 3, p. 266-267, 1970.

[12] LOCKER, R.H.; HAGYARD, C.J.A. Cold shortening effect in beef muscle. **Journal of the Science Food Agriculture**. Wageningen, v. 14, p. 787-793, 1963

[13] LYON, C.E.; CASSON, J.A. Effect of water chilling on objective color of bruised and unbruised broiler tissue. **Poultry Science**. Champaign, v. 74, n. 11, p. 1894-1899, 1995.

[14] PAPA, C.M.; FLETCHER, D.L. Pectoralis muscle shortening and rigor development at different locations within the broiler breast. **Poultry Science**. Champaign, v. 67, n. 4, p. 635-640, 1988.

[15] PAPINAHO, P.A.; FLETCHER, D.L. The influence of temperature on broiler beast muscle shortening and extensibility. **Poultry Science**. Champaign, v. 75, p. 797-802, 1996.

[16] RISTIC, M. The relation between duration of fattening, retail grade and meat quality of broilers. **Fleischerei**. Frankfurt, v. 30, n. 9, p. 696-698, 1979.

[17] SAMS, A.R.; MILLS, K.A. The effect of feed withdrawal duration on the responsiveness of broiler *pectoralis* to rigor mortis acceleration. **Poultry Science**. Champaign, v. 72, n. 9, p. 1789-1796, 1993.

[18] SEEMANN, G. Beziehungen zwischen der pH wert änderung nach dem schlachten und anderen fleischqualitätsparametern beim hähnchen. **Fleischwirtschaft**. Frankfurt, v. 66, n. 4, p. 604-606, 1986.

[19] SHRIMPTON, D.H.; MILLER, W.S. Some causes of toughness in broilers. II. Effects of breed, management and sex. **Poultry Science**. Champaign, v. 1, p. 111-116, 1960.

[20] SMOLINSKA, T.; ABDUL-HALIM, F. The effects of freezing systems and frozen storage on the quality of broiler tissue muscle. **Archiv fuer Gefluegelkunde**. Stuttgart, v. 56, n. 2, p. 80-85, 1992.

[21] SMOLINSKA, T.; KOPEC, W.; POPIEL, A. Effects of salt modified post mortem changes in chicken meat on sausages quality. *In:* **EUROPEAN WPSA SYMPOSIUM ON THE OF POULTRY MEAT, IXth**. 22-25 august, Ulmer, 1989. *Procedings*... Hohenheim: Scholtyssek University Hohenheim. 1989. p. 191-7.

[22] STATISTICA. Copyright © Stat Soft, Inc. Release 5.0. Tulsa. 1995.

6 – AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão de bolsa de produtividade em pesquisa e a CEVAL Alimentos, pelo empréstimo das instalações (Jundiaí) e doação de amostras.