

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DOS ALIMENTOS**

**INFLUÊNCIA DA MATURAÇÃO NO RENDIMENTO DE
PEITO DE FRANGO MARINADO COZIDO EM
PROCESSO CONTÍNUO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Tais Colpo Sartori

**Santa Maria, RS, Brasil
2012**

INFLUÊNCIA DA MATURAÇÃO NO RENDIMENTO DE PEITO DE FRANGO MARINADO COZIDO EM PROCESSO CONTÍNUO

Tais Colpo Sartori

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos**

Orientador: Prof. Dr. Nelcindo Nascimento Terra

Santa Maria, RS, Brasil

2012

Universidade Federal de Santa Maria

**Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos
Alimentos**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a dissertação de Mestrado

**INFLUÊNCIA DA MATURAÇÃO NO RENDIMENTO DE PEITO DE
FRANGO MARINADO COZIDO EM PROCESSO CONTÍNUO**

elaborada por

TAIS COLPO SARTORI

Como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos**

Comissão Examinadora:

Nelcindo Nascimento Terra, Dr.
(Presidente/Orientador)

Alexandre José Cichoski, Dr. (UFSM)

Rogério Manoel Lemes de Campos, Dr. (UNIVASF)

Santa Maria, 30 de janeiro de 2012

Aos meus pais, Anselmo Sartori e Maria de Lourdes Colpo Sartori, pelo amor,
exemplo de vida e educação.

Aos meus irmãos

Ao meu amado marido, Junior, pelo amor e apoio.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por tudo, pela saúde, por ter conseguido esta conquista!

Aos meus pais, Anselmo e Maria de Lourdes, pelo amor, dedicação, incentivo, por sempre acreditarem em mim! Agradeço a meus pais por serem meu exemplo de vida e por deixaram a melhor herança que os pais podem deixar aos seus filhos, a educação.

Ao meu amado marido Junior, pelo amor, carinho, apoio e admiração, pela compreensão dos momentos em que estive ausente.

Aos meus irmãos, pelo apoio e incentivo, mesmo à distância.

Ao professor Nelcindo Terra, por ter aceitado orientar este trabalho, pelos ensinamentos, pela sabedoria e por mostrar o grande valor do conhecimento.

Aos co-orientadores professor Ernesto Kubota e Professora Leadir Fries, e todos os professores do Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFSM, que ajudaram a enriquecer este trabalho.

Aos colegas Alexandre Jimenez, Tuanny Goellner, Inácio Girardi, Getulio Takahashi, Alice Sulchinski e equipe do laboratório físico-químico, Joise Corte e equipe de avaliação sensorial, aos supervisores Eliseo, Alex, Reginara, José, Joel e Gustavo e suas equipes, que me ajudaram muito na elaboração deste trabalho. Sem esta equipe eu não teria conseguido!

Aos todos os meus colegas de área e meus líderes, que me apoiaram nesta conquista.

A todos os meus amigos, pela amizade e incentivo.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos
Universidade Federal de Santa Maria

INFLUÊNCIA DA MATURAÇÃO NO RENDIMENTO DE PEITO DE FRANGO MARINADO COZIDO EM PROCESSO CONTÍNUO

AUTOR: Tais Colpo Sartori

ORIENTADOR: Nelcindo Nascimento Terra

CO-ORIENTADOR: Ernesto Kubota e Leadir Fries

Data e local da defesa: Santa Maria, 30 de janeiro de 2012.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes tempos de maturação antes da desossa (tempo de desossa) e tempos de maturação após a desossa (tempos de espera) na qualidade e nas perdas de peso por cozimento do peito de frango marinado, cozido e congelado em processo contínuo. Foi utilizado um planejamento experimental 3^2 (3 tempos de desossa: zero, 6 e 12 horas; e 3 tempos de espera: zero, 12 e 24 horas), totalizando 9 tratamentos, com 3 repetições de cozimento, totalizando 27 experimentos. Os peitos de frango foram marinados por tumbleamento com salmoura formulada com água e cloreto de sódio. Foram realizadas análises de absorção de salmoura, aumento de espessura e perda de peso no cozimento, análises de pH do peito de frango, análise sensorial, análise de força de cisalhamento e análise centesimal do peito de frango após cozimento e congelamento. O tempo de desossa influenciou o pH inicial, havendo redução de pH de zero para 6 horas, onde o peito atingiu a resolução do *rigos mortis*. O aumento de tempo de desossa de 6 para 12 horas levou a um aumento de pH. Para os tratamentos com tempo de desossa zero, observou-se declínio do pH até 12 horas, com aumento de 12 para 24 horas. Os tempos de maturação não influenciaram a absorção de salmoura do peito de frango durante o tumbleamento. Os tempos de desossa, tempos de espera influenciaram nas perdas de peso por cozimento, ocorrendo menores valores para peitos de frango maturados antes da desossa em relação aos tratamentos maturados após desossa. O aumento do tempo de espera de zero para 12 ou 24 horas reduziu a de perda de peso no cozimento, independente do tempo de desossa. A maturação influenciou no comprimento das fibras durante o cozimento, evidenciado pelo encolhimento e conseqüente aumento de espessura dos peitos de frango. Os tratamentos de maturação influenciaram os atributos de cor, sabor, suculência e maciez. Concluiu-se que 6 horas de maturação antes da desossa são suficientes para atender a maciez desejada. Houve diferença significativa de força de cisalhamento entre os filés não maturados e maturados. Os melhores resultados de perda de cozimento e maciez foram obtidos para maturação antes da desossa por 6 ou 12 horas, seguidos de maturação após desossa por 24 horas.

Palavras-chave: Peito de frango. Maturação. Perdas de cozimento. Qualidade.

ABSTRACT

Master Degree Dissertation
Post-Graduate Program in Science and Food Technology
Federal University of Santa Maria, RS, Brazil

INFLUÊNCIA DA MATURAÇÃO NO RENDIMENTO DE PEITO DE FRANGO MARINADO COZIDO EM PROCESSO CONTÍNUO

(INFLUENCE OF AGEING IN YIELD OF COOKED AND MARINATED CHICKEN
BREAST IN CONTINUOUS PROCESS)

AUTHOR: Tais Colpo Sartori

ADVISER: Nelcindo Nascimento Terra

CO-ADVISER: Ernesto Kubota and Leadir Fries

Place and Date of defense: Santa Maria, January, 30th, 2012.

The objective of this study was to evaluate the influence of different ageing time after deboning (deboning time) and ageing time before deboning (holding time) in quality and cook loss of marinated, cooked and frozen chicken breast in continuous process. It was used experimental design 3^2 (3 deboning time: zero, 6 and 12 hours; and 3 holding time: zero, 12 and 24 hours), total of 9 treatments with 3 cooking repetition, total of 27 experiments. The breast fillets were marinated by tumbling, and brine was formulated with water and sodium chloride. It was evaluated brine absorption, thickness increase and weight loss during cooking, chicken breast pH, sensory analysis, shear force analysis and centesimal analysis of cooked and frozen chicken breast. Deboning time impacted in initial pH, there was reduction between zero and 6 hours, time where chicken breast achieved *rigor mortis* resolution. There was an increase in pH with deboning time from 6 to 12 hours. In treatments with zero deboning time, it was observed a decrease in pH from zero to 12 hours, and an increase from 12 to 24 hours. Ageing time didn't impact in brine absorption during tumbling. Ageing time, before and after deboning, influenced the cook loss, that was lower in fillets aged before deboning comparing to fillets aged after deboning. The increase in holding time from zero to 12 and 24 hours reduced cook loss, despite of deboning time. The influence of ageing on the fiber diameter during cooking was observed by significant increase on the thickness of chicken breast. Ageing times influenced sensory analysis as color, juiciness, flavor and tenderness, it was concluded that 6 hours before deboning were enough to achieve the desired tenderness. There was significant difference in shear force analysis between aged and not aged fillets. The best results for cooking loss and tenderness were achieved with deboning time of 6 or 12 hours, followed by holding time of 24 hours.

Key-Words: Chicken breast. Ageing. Cook loss. Quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Declínio do pH do músculo de peito de frango durante o tempo de maturação.....	25
Figura 2 – Cortes transversais de peito de frango de matrizes submetidos à tempos de maturação de zero (A), 12 horas (B), 24 horas (C) e 48 horas (D)	28
Figura 3 – Fluxograma do processo de obtenção de peito de frango maturado, marinado, cozido e congelado em processo contínuo.....	38
Figura 4 – Ficha de avaliação sensorial.....	44
Figura 5 – Comportamento do pH _i em relação aos tempos de desossa de zero, 6 e 12 horas.....	48
Figura 6 – Comportamento do pH _f dos tratamentos com tempo de desossa zero em relação aos tempos de espera de zero, 6 e 12 horas.....	48
Figura 7 – Espessura do peito de frango com tempo de desossa e tempo de espera zero em relação ao peito com 12 horas de tempo de espera.....	52
Figura 8 – Curva de contorno para perda de cozimento para os efeitos tempo de desossa e tempo de espera após desossa.....	51
Figura 9 – Perda de cozimento em relação ao tempo de desossa (TD) e tempo de espera (TE).....	54
Figura 10 – Gráfico de efeito principal na perda de cozimento.....	56
Figura 11 – Influência da maturação na nota sensorial de maciez.....	60
Figura 12 – Influência da maturação na Força de Cisalhamento.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Matriz de planejamento experimental com a identificação dos níveis das variáveis para os tratamentos de filé de peito de frango.....	45
Tabela 2 – Resultados de pH após tempo de desossa, após tempo de espera após desossa e absorção de salmoura no tambleamento.....	46
Tabela 3 – Perda de cozimento e aumento de espessura no cozimento nos peitos de frango marinados submetidos à diferentes tempos de maturação.....	51
Tabela 4 – Perda de cozimento em relação ao tempo total de maturação.....	55
Tabela 5 – Fator de correlação entre perda de cozimento e tempo de desossa (TD) e tempo de espera (TE) e tempo de maturação total (MT).....	55
Tabela 6 – Resultados de análise sensorial e Força de Cisalhamento.....	58
Tabela 7 – Composição centesimal e pH do peito de frango marinado, cozido e congelado.....	60

SIGLAS E ABREVIações

ANOVA - Análise de variância

DFD - *Dark, Firm, Dry* = escura, firme, seca

Kgf - Kilograma-força

NaCl - cloreto de sódio

pH - Potencial hidrogeniônico

PSE - *Pale, Soft, Exudative* = pálida, flácida, exsudativa

Rpm - rotações por minuto

TD - tempo de maturação antes da desossa

TE - tempo de maturação depois da desossa

MT - tempo de maturação total

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 Organização do Músculo	15
2.2 Conversão do Músculo em Carne	17
2.3 Maturação	18
2.3.1 Mudanças estruturais durante a maturação	18
2.3.2 Atividade Enzimática durante a maturação	19
2.3.2.1 Proteases: Calpaínas e Calpastatina	20
2.3.2.2 Catepsinas	21
2.3.3 Fatores que afetam a maturação	22
2.3.4 Maturação em carne de aves	23
2.4 Capacidade de Retenção de Água	29
2.5 Marinação	31
2.6 Cozimento	34
3 MATERIAIS E MÉTODOS	37
3.1 Matéria-prima	37
3.2 Maturação	38
3.3 Marinação por tumbleamento	39
3.4 Cozimento	40
3.5 Análises físico-químicas	41
3.5.1 Análise de pH.....	42
3.5.2 Análise de proteína.....	42
3.5.3 Análise de umidade.....	42
3.5.4 Análise de sal.....	43
3.5.5 Análise de lipídeos.....	43
3.6 Análise Sensorial	43

3.7 Análise de textura: Força de Cisalhamento	44
3.8 Planejamento experimental e análises estatísticas dos resultados.....	45
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4.1 Efeitos dos tempos de desossa e tempos de espera sobre o pH do peito de frango e na absorção de salmoura no tambleamento.....	46
4.2 Efeitos dos tempos de desossa e tempos de espera nas perdas de cozimento e no aumento de espessura do peito de frango no cozimento.....	50
4.3 Efeito da maturação sobre a qualidade sensorial e Força de Cisalhamento do peito de frango marinado, cozido e congelado.....	57
4.3.1 Efeito da maturação sobre a cor do peito de frango cozido	57
4.3.2 Efeito da maturação sobre o sabor e suculência do peito de frango	59
4.3.3 Efeito da maturação sobre a maciez e força de cisalhamento do peito	59
4.4 Efeito da maturação sobre as características físico-químicas do peito de frango cozido	62
5 CONCLUSÕES	65
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

1 INTRODUÇÃO

No mercado de carnes, o segmento de cortes de frango é um dos que mais cresce mundialmente. A crescente demanda por produtos de fácil preparo com alta qualidade a preços razoáveis tem causado alterações nos sistemas de produção de frango de corte (SOUZA *et al.*, 2005). Este mercado ganha espaço, pois atende às tendências atuais por produtos de valor protéico elevado, aliado à praticidade e conveniência, a preço atrativo (OLIVO, 2006).

A produção brasileira de carne de frango aumenta anualmente, chegando a 12.312,3 mil toneladas em 2010, com volume de exportação 3.819,7 mil toneladas, correspondendo a 31% para exportação, considerando exportação de industrializados (AVESITE, 2011). O consumo per capita (kg/habitantes/ano) cresceu 39,3% de 2000 até 2007 (UBABEF, 2010).

Uma das qualidades exigidas pelos consumidores de carne, seja ela de origem suína, bovina ou de aves, é a maciez após o preparo. O peito de frango pode, em muitos casos, apresentar-se seco e com textura pouco macia ao ser cozido. Isto ocorre, pois o peito é um músculo pobre em mioglobina e após o abate do animal, o organismo com a finalidade de manter a vida, passa a realizar o mecanismo anaeróbico, produzindo ácido láctico e abaixando o pH da carne. O abaixamento do pH da carne promove a desnaturação das proteínas miofibrilares, reduzindo, assim, a capacidade de retenção de água desta carne. Este fenômeno leva a elevadas perdas de cozimento (VOLPATO, 2005).

Além do aumento do consumo *in natura*, a preocupação dos consumidores com segurança alimentar e conveniência tem aumentado a demanda por produtos totalmente cozidos. No caso do frango uma das formas de apresentação é como filé totalmente cozido, tendo como principal operação unitária a etapa de cozimento. O cozimento deve atender as condições de segurança alimentar e ao mesmo tempo gerar um rendimento tal que a produção seja vantajosa para a indústria (LEONHARDT *et al.*, 2004).

No processo de fabricação do peito de frango cozido, a etapa prévia que antecede o cozimento muitas vezes é a marinação, que consiste em aplicar na carne solução de água, sal, aditivos e substâncias aromáticas. Muitos estudos

demonstram que a marinação em carne de aves aumenta sua suculência e contribui para a melhoria da maciez, principalmente da carne de peito de frango. O processo de marinação promove o aumento da capacidade de retenção de água do músculo pois os sais utilizados agem solubilizando as proteínas miofibrilares (ALVARADO; McKEE, 2007). Desta forma, o processo de marinação populariza-se porque tanto melhora a aceitação da carne de aves por parte do consumidor como agrega valor para a indústria de processados. Os frigoríficos se beneficiam com o processo, uma vez que este permite o aumento da capacidade de retenção de umidade da carne, propriedade considerada responsável pelo aumento da suculência e melhoria do rendimento (LEMOS, 2008).

As necessidades tecnológicas aumentam a preocupação com a qualidade final das matérias-primas, como forma de evitar perdas econômicas, garantindo a qualidade final desejada e assim a satisfação dos consumidores (OLIVO, 2006).

A maturação vem como uma alternativa na redução dos problemas de maciez e perda de umidade no cozimento da carne de frango. Ela consiste na exposição da carne a temperaturas controladas por um determinado tempo para que alterações no músculo ocorram. O tempo de maturação antes da desossa é um dos fatores mais importantes para a textura final da carne de frango (SOUZA *et al.*, 2005).

O processo de maturar carcaças apresenta alto custo, pois requer espaço para estocagem das carcaças, custos de energia e custos logísticos de movimentação das carcaças (HUEZO *et al.*, 2007).

O filé de peito de frango cozido é atualmente comercializado no mercado europeu, porém no mercado brasileiro este produto é uma inovação. Nutricionalmente, este produto é superior em relação aos produtos formados cozidos. Porém, este produto apresenta custo elevado, em função da alta perda de peso no processo de cozimento, o que ocasiona também problemas de suculência. Outro problema relacionado ao peito de frango cozido é a não uniformidade de maciez do produto após o preparo. Em função do processo contínuo de abate e desossa praticado, trabalha-se com velocidade de abate muito elevada, resfriamento intenso e rápido, o que dificulta a implantação de tecnologias como estimulação elétrica ou maturação contínua de carcaças. Estes processos poderiam amenizar os problemas de maciez e suculência (ZOCCHI; SAMS, 1999).

Poucos estudos foram conduzidos para entender a influência do tempo de maturação no processo de fabricação de peito de frango combinado com processo

de marinação por tambleamento e cozimento em processo contínuo, com foco em redução de perdas de cozimento. Industrialmente, em função do alto custo de processo de maturação antes da desossa e das demais dificuldades citadas acima, a prática da maturação após a desossa é comum, porém poucos estudos compararam os efeitos da maturação realizada antes e após a desossa.

Desta forma, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes tempos de maturação antes da desossa (tempo de desossa) e tempos de maturação após a desossa (tempos de espera) do peito de frango e suas conseqüências na qualidade e nas perdas de peso por cozimento.

Os objetivos específicos foram avaliar o efeito do tempo de desossa e do tempo de espera:

- Na absorção de salmoura e no pH do peito de frango;
- Nas perdas de peso no cozimento do peito de frango;
- Na espessura do peito de frango após o cozimento;
- Na qualidade sensorial do peito de frango marinado e cozido;
- Na Força de Cisalhamento do peito de frango marinado e cozido;
- Nas características físico-químicas do peito de frango marinado e cozido.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Organização do Músculo

O músculo é uma estrutura complexa composta por fibras musculares, citoesqueleto, matriz extracelular e água (PALKA, 2003). O músculo estriado esquelético é formado por feixes de células muito longas, multinucleadas e com estriações transversais. A célula muscular, denominada fibra muscular, é delimitada por uma membrana chamada sarcoplasma e no interior de seu citoplasma encontram-se fibrilas paralelas, chamadas de miofibrilas (ABERLE *et al.*, 2001).

A fibra muscular é a unidade fundamental na estrutura do músculo. Cada fibra apresenta-se envolvida por tecido conjuntivo denominado endomísio. As fibras agrupam-se para constituir os feixes musculares, sendo também envolvidos por um tecido conjuntivo denominado perimísio. O músculo, constituído por agrupamento de feixes, é envolvido pelo epimísio, também tecido conjuntivo (ROÇA, 2001). A fibra muscular é a unidade fundamental do músculo, tem diâmetro variando de 10 a 100 μm , sendo responsável pela contração muscular. Ela é envolvida pela sarcolema (membrana localizada abaixo do endomísio), que recebe as terminações nervosas e as interioriza na fibra. As miofibrilas são as organelas da fibra e estão mergulhadas no sarcoplasma (o citoplasma da fibra muscular). Já os núcleos da fibra muscular se distribuem periféricamente (PRICE, 1994).

As miofibrilas apresentam diâmetro de 1 a 2 μm e comprimento igual ao da fibra. São compostas de cadeias protéicas arranjadas em filamentos grossos (de miosina) e finos (de actina), além de outras proteínas e mantêm-se empacotadas dentro da fibra devido à proteína desmina (MOURA, 1997).

Os filamentos alinham-se paralelamente e se recobrem em certas regiões dando uma aparência de bandas ou estrias. As estriações transversais observadas no músculo esquelético são reflexos da alternância de faixas claras e escuras. Ao microscópio de polarização, a faixa escura é anisotrópica, o que confere a denominação de banda A, enquanto a faixa clara, ou banda I, é isotrópica. No centro de cada banda I, aparece uma linha transversal escura, a chamada linha Z. A

análise mais detalhada destas bandas revela que a estriação da miofibrila é devido à repetição de unidades iguais, chamadas sarcômero, que ficam entre as duas linhas Z sucessivas e apresentam uma banda A, separando duas semibandas. Devido à sobreposição dos filamentos finos e grossos, é possível perceber três tonalidades: uma região mais escura onde há sobreposição dos filamentos finos e grossos, uma região de menor densidade que o restante da banda, composta apenas de miosina, a zona H e uma região de baixa densidade de cada lado da linha M, chamada de pseudozona H (QUALI, 1992; PARDI *et al.*, 1995; MOURA, 1997).

As proteínas actina e miosina constituem 75-80% das proteínas miofibrilares, sendo as restantes proteínas reguladoras (tropomiosina, troponina, proteína M, proteína C, α -actina e β -actina). A tropomiosina, troponina e β -actina estão associadas ao filamento de actina. A proteína C está presente no filamento de miosina “amarrando” as caudas, a α -actina é componente da linha Z e as proteínas M “cimentam” os dois conjuntos de miosina na linha M (MOURA, 1997).

As miofibrilas do músculo estriado contêm pelo menos quatro principais proteínas: actina, miosina, troponina e tropomiosina. Os filamentos grossos são formados de miosina e outras três proteínas são encontradas nos filamentos finos e na linha Z. Ao microscópio eletrônico, o estudo do sarcômero, revela que as faixas claras e escuras são devido, principalmente, à forma com que esses filamentos se arranjam, dispostos longitudinalmente ao eixo mais longo das miofibrilas numa distribuição simétrica e paralela. Durante a contração muscular, os filamentos grossos e finos conservam seus comprimentos originais. A contração ocorre devido ao aumento da sobreposição entre os dois filamentos que conseqüentemente causa a diminuição do comprimento do sarcômero (ABERLE *et al.*, 2001).

As proteínas do tecido conjuntivo, juntamente com as proteínas miofibrilares, são um dos principais componentes cujas características determinam a maciez da carne. A contribuição da gordura nos aspectos relativos à maciez é inferior a 10%, havendo significativo efeito do tecido conjuntivo, que unem as moléculas de tropocolágeno, são relativamente instáveis ou suscetíveis à desnaturação pelo calor quando recém-formadas, tornado-se mais estáveis com o aumento da idade do animal (KASTNER e FELÍCIO, 1980 apud KOMIYAMA, 2009).

2.2 Conversão do Músculo em Carne

Logo após o abate do animal, inicia-se o processo de *rigor mortis*, em consequência da perda sanguínea que interrompe o aporte de oxigênio e nutrientes para os tecidos. Porém, a célula muscular continua com sua atividade, na tentativa de adaptar-se à falta de oxigênio e reduzida reserva energética representada pela taxa de Adenosina Trifosfato (ATP). Com a paralisação do fornecimento de nutrientes e oxigênio, o glicogênio através da glicólise anaeróbica é a única fonte de ATP disponível que acaba provocando alterações químicas importantes, com a redução da taxa de ATP e de glicogênio e o acúmulo de ácido lático, promovendo o decréscimo gradativo do pH (ORDÓNEZ, 2005).

O *rigor mortis* instala-se, primeiramente, em músculos que apresentam maior proporção de fibras brancas, pois o mecanismo aeróbio é mais rápido devido à menor concentração de mioglobina e conseqüentemente menor reserva de oxigênio. O início do *rigor mortis* em carne de frango pode ser determinado quando o pH for igual ou menor a 5,9. No entanto, a velocidade de instalação do *rigor mortis* varia em função da temperatura ambiente *ante mortem*, distância percorrida da granja ao abatedouro e período de descanso das aves, ou seja, condições de estresse. A instalação do *rigor mortis* é acelerada em condições de estresse calórico pré-abate (30°C), distâncias curtas (40 e 59 km) de transporte da granja ao frigorífico e ausência de tempo de descanso para as aves. A instalação do *rigor mortis* também pode ser associada à linhagem comercial (BRESSAN; BERAQUET, 2002).

Estudos conduzidos por Hay, Currie e Wolfe (1972) utilizando músculos de peito e perna de frango, mostram que há um aumento na atividade da miosina ATPase (ATPase – Mg²⁺) para os músculos da perna e do peito, sendo que esta atividade é menor no músculo do peito (mais fibra branca) do que o músculo da perna (mais fibra vermelha) para o mesmo tempo *post mortem*. Já a atividade da ATPase – Ca²⁺ para o músculo do peito e da perna não alteraram durante a fase *post mortem*, sendo que a quantidade de ATPase – Ca²⁺ é mais alta para peito que para perna.

2.3 Maturação

Logo após o abate, os músculos apresentam fases distintas de transformação em que podem ser notadas algumas modificações, ou seja, as carcaças passam por uma etapa onde os músculos estão distendidos, apresentando flexibilidade e nenhuma rigidez e por uma etapa onde há rigidez muscular (*rigor mortis*). Em nenhuma destas etapas o consumo da carne é recomendado. Terminado o período de rigidez completa, os músculos começam a perder a dureza e inicia-se o processo de maturação, onde os músculos transformam-se em carne (PENA; SCHETTINI, 1999). O processo que consiste em manter a carne fresca à temperatura superior ao ponto de congelamento (-1,5°C) é chamado de maturação (PARDI *et al.*, 1995).

A maturação é um processo 100% natural, desencadeado pela própria estrutura da carne. Descobertas indicam que os mecanismos que participam deste processo se devem às enzimas proteolíticas que digerem as proteínas miofibrilares rompendo ligações responsáveis pela firmeza do músculo (PENNY, 1984). Estas alterações não são resultantes da ação de microorganismos ou quaisquer outros agentes externos (PENA; SCHETTINI, 1999).

2.3.1 Mudanças estruturais durante a maturação

Segundo Koomaraie (1992), a proteólise (quebra ou lise) das proteínas miofibrilares é um dos mecanismos responsáveis pelas mudanças que ocorrem durante o armazenamento *post mortem* e no mínimo dois sistemas proteolíticos poderiam ser responsáveis por essas mudanças: enzimas lisossômicas (catepsinas), as proteases cálcio-dependentes (Calpaína e Calpastatina).

As enzimas atuam principalmente ao nível da linha Z, resultando em um “afrouxamento” da estrutura muscular com o fim de sua rigidez, dando início à maturação. Segundo Hay, Currie e Wolfe (1972), ocasionalmente pode ocorrer mudanças na estrutura da linha M.

A maturação provoca ruptura da linha Z da miofibrila que perde seu aspecto ordenado de ziguezague e passam a ter uma estrutura mal definida. A perda

completa da linha Z ocorre somente depois do período de maturação, sendo variável para cada tipo de fibra (vermelha ou branca) e cada animal (PENNY, 1984).

Entre as proteínas da linha Z estão a actina e a α -actinina, sendo também identificada a desmina nesta região. Após o período de maturação os músculos podem novamente se estender aproximadamente ao mesmo comprimento que tinham antes do *rigor mortis*, porém agora este processo não é mais reversível como era no mecanismo de contração muscular. O esticamento do músculo separa os filamentos I (actina) de suas uniões com a linha Z, produzindo grandes vazios (PENNY, 1984).

As principais alterações ocorridas no músculo durante a maturação são o enfraquecimento e/ou degradação da linha Z, degradação da desmina, degradação da titina, degradação da nebulina, desaparecimento da troponina, resultando em perda da integridade estrutural do tecido e conseqüentemente melhoria na maciez da carne (KOOHMARAIE, 1992).

Nos músculos de frango, as mudanças são mais rápidas e após 24 horas *post mortem*, a linha Z perde seu aspecto ordenado, principalmente no músculo peitoral, predominantemente branco (PENNY, 1984).

2.3.2 Atividade Enzimática durante a maturação

A ação das enzimas proteolíticas no processo de maciez da carne durante o processo de maturação deve ser destacada. É comprovado que o armazenamento *postmortem* em temperatura de refrigeração resulta em melhoria significativa da maciez proporcionada pela degradação das miofibrilas através de proteases endógenas do músculo. A proteólise muscular parece ser o principal contribuinte no processo de maturação, onde participam as proteases cálcio-dependentes armazenadas no retículo sarcoplasmático, como as calpaínas, e as catepsinas contidas nos lisossomos após liberação do mesmo. A maciez depende da ação sinérgica das enzimas catepsinas e calpaínas (QUALI, 1992).

2.3.2.1 Proteases: Calpaínas e Calpastatina

O sistema proteolítico calpaína (proteases cálcio-dependentes) consiste de no mínimo três componentes: 1) a μ -calpaína, também chamada de CDP-I ou calpaína I; 2) a m-calpaína, também chamada CDP-II ou calpaína II; 3) a calpastatina, que inibe a atividade de ambas μ e m-calpaína. As proteases cálcio-dependentes podem ainda receber o nome de “fator ativado pelo cálcio (CAF)” (KOOHMARAIE, 1992).

A calpaína é uma cisteína proteinase, tendo uma absoluta dependência do cálcio para atividade proteolítica. As duas formas desta proteinase (calpaína I e II) são heterodímeros, consistindo de uma grande subunidade (80 KDa, subunidade catalítica) e uma pequena subunidade (30 KDa, subunidade reguladora) (KOOHMARAIE, 1992).

As proteases CAF degradam a tropomiosina, a proteína C e a proteína da linha M, mas carecem de ação sobre a miosina, actina ou troponina C (PENNY, 1984). Elas localizam-se na fração solúvel dos extratos do músculo (citosol das células), não sendo encontradas nos lisossomos ou ligadas a nenhum orgânulo. A ativação das proteases é feita por íons cálcio, que são liberados do retículo sarcoplasmático e da mitocôndria pela queda na temperatura e redução do ATP, resultando da permeabilidade das membranas rompidas no período *post mortem* (perda da capacidade de reter íons cálcio *post mortem*) (MOURA, 1997).

A elevada concentração de cálcio ativa a μ -calpaína a qual por sua vez hidrolisa poucas proteínas miofibrilares que podem ser utilizadas como substrato. Havendo redução dessas proteínas a μ -calpaína irá sofrer autólise (desintegração celular) levando a sua inativação. A autólise e subsequente perda da atividade proteolítica é reduzida pela presença de substrato, aumento de pH e redução da temperatura (KOOHMARAIE, 1992). As enzimas μ -calpaína e m-calpaína não atuam diretamente sobre miosina e actina, porém degradam o disco Z e hidrolisam as proteínas desmina, titina, nebulina, tropomiosina, troponina e proteína C. A hidrólise da tropomiosina e troponina facilita a desestruturação e a liberação dos filamentos finos, resultando nos monômeros de actina, enquanto a degradação da proteína C, em um mecanismo semelhante, desestabiliza e libera os filamentos grossos, resultando nos monômeros de miosina (KUBOTA *et al.*, 1999 apud KOMIYAMA, 2009).

A atividade ótima das proteases CAF está entre pH 7,0 e 7,5. A porcentagem de autólise da calpaína I aumenta com a redução do pH, ou seja, mudança de pH 7,0 para pH do músculo *post mortem*. Em pH de 5,5 e 5,9 (valor final estabilizado na carne de frango após a produção de ácido lático pelo mecanismo anaeróbico) apenas 15-25% das atividades máximas são retidas, porém são suficientes para produzir as mudanças observadas durante a maturação (PENNY, 1984; KOOHMARAIE, 1992).

Para atividade ótima das CAF, é necessário também um nível de íons Ca^{+2} (1 a 5 mM). Aproximadamente 25% da atividade se conserva a níveis de cálcio 0,5 mM e 5% a níveis de 0,3 mM. A concentração total de cálcio do músculo é ao redor de 1,5 mM no músculo com reservas de ATP e de 0,1 mM quando o músculo está em estado de *rigor*. Este seria um nível suficiente para ativar as CAF a pH 5,5 a aproximadamente 6% de sua velocidade máxima (PENNY, 1984).

Há um declínio das atividades da calpaína I com perda de 80% da atividade de 7 a 14 dias *post mortem*, enquanto que a calpaína II e calpastatina perdem sua atividade lentamente com 70% e 54% respectivamente da atividade após 120 horas *post mortem* (KOOHMARAIE, 1992; THOMSON *et al.*, 1995 apud MOURA, 1997).

A porcentagem da autólise da calpaína I é significativamente diminuída por abaixamento da temperatura de 25°C para 5°C, o que significa que a calpaína mantém sua atividade por muito mais tempo sob as condições *post mortem*. Ambas as proteinases (calpaína I e II) são inibidas pela calpastatina. A calpastatina atua na mesma concentração de cálcio requerida para atividade catalítica das calpaínas, inibindo a translocação das calpaínas para as membranas, removendo ambas as formas ativas e inativas de calpaínas das membranas e inibindo a ativação autolítica das calpaínas. A atividade da calpastatina é inibida pelo frio, logo, o uso do frio reduz a atividade da calpastatina e favorece a atividade da calpaína e, conseqüentemente, o processo de maturação (MOURA, 1997).

2.3.2.2 Catepsinas

As catepsinas são outras enzimas proteolíticas que degradam a estrutura miofibrilar, necessitam primeiramente serem liberadas dos lisossomos antes que

possam ativar-se na carne em maturação. As membranas dos lisossomos são degradadas como resultado das mudanças sofridas pelo músculo durante o *rigor mortis*. Outra característica importante das catepsinas é que elas degradam não somente as proteínas miofibrilares (como as calpaínas o fazem) como também exercem ação sobre as proteínas do tecido conjuntivo (colágeno), o que pode indicar um sinergismo entre os dois sistemas (MORAIS; AZEVEDO, 2003).

Nas carnes maturadas a quantidade de colágeno solubilizado é maior que em carnes não maturadas, pela ação proteolítica das catepsinas, liberadas ao meio extracelular e capazes de elevar o colágeno insolúvel à fragmentos solúveis (OLIVEIRA; SOARES; ANTUNES, 1998; MONSÓN *et al.*, 2004).

Desta maneira, a maturação aumenta a capacidade de retenção de água diminuindo assim as perdas por cozimento, que podem então estar relacionadas com o grau de gelatinização do colágeno e a exposição do músculo a proteases degradativas que provocam danos no tecido conjuntivo intramuscular e na membrana básica envolvendo os tecidos, assim, limitando a habilidade do colágeno encolher com o aquecimento e, portanto, diminuindo as perdas por cozimento (OLIVEIRA; SOARES; ANTUNES, 1998).

2.3.3 Fatores que afetam a maturação

A maturação, se realizada corretamente em condições controladas de temperatura e umidade relativa, proporciona aumento na maciez e suculência e desenvolve o aroma característico da carne (PENA; SCHETTINI, 1999).

No entanto, deve-se observar e respeitar o tempo e temperatura em que a carne ficará submetida ao processo de maturação.

Segundo Komiyama *et al.* (2009), existem limites máximos e mínimos de temperatura e tempo para que as enzimas promovam o amaciamento da carne e desenvolvam outras características sensoriais desejáveis. Abaixo de $-2,0^{\circ}\text{C}$, a carne começa a congelar e suas enzimas naturais, responsáveis pela maturação, são inativadas. Por outro lado, temperaturas de refrigeração, apesar de aumentar a velocidade de reação, favorecem o desenvolvimento de microorganismos patógenos.

A velocidade de resfriamento do músculo durante o *rigor mortis* influencia a glicólise juntamente com as proteases, além de favorecer o declínio do pH, interferindo na taxa de amaciamento (ABERLE *et al.*, 2001). O pH final da carne é dependente do teor de glicogênio presente no músculo, além de influenciar decisivamente na capacidade de retenção de água. A queda brusca do pH após a sangria pode provocar a desnaturação das proteínas sarcoplasmáticas e miofibrilares, associadas com as alterações das forças de repulsão eletrostáticas entre os filamentos de actina e miosina (YU *et al.*, 2003 apud COSTA, 2006).

2.3.4 Maturação em carne de aves

Segundo Castillo (2001), “as etapas do *rigor mortis* do frango são curtas, iniciando-se de quatro a seis horas após o abate. O processo de maturação da carne da ave só se iniciará após esse período”. Aproximadamente 48 horas após o sacrifício da ave, a dureza da carne já é mínima (PENNY, 1984).

Já segundo Fremery e Pool (1960 apud HAY; CURRIE; WOLFE, 1972), “o músculo do frango é especial, pois é submetido ao *rigor mortis* muito rapidamente, começando 3 horas após o abate e é completado com 12 a 24 horas”.

No entanto, o período para instalação do *rigor mortis* dependerá de fatores internos (reservas de energia) e externos (temperatura do músculo), podendo ser diferente do intervalo citado por Castillo (2001).

Durante um período inferior a 30 minutos, o músculo mantém a capacidade de contrair e relaxar (pré-rigor). O pH inicial passa de 7,4 e se estabiliza próximo ao valor de 5,8 após a instalação do *rigor mortis*. Os filés de frango podem apresentar uma faixa de pH de 5,6 a 6,3, devido às diferenças nas práticas de manejo pré-abate e na bioquímica da carne (ODA *et al.*, 2003). Para Bressan e Beraquet (2004), o pH de 5,9 é um indicativo da instalação do *rigor mortis* em peito de frango. Na carne de frango o processo de maturação dura de 12 a 24 horas e deve ser feito entre temperaturas de 1 a 3°C.

Em pesquisas realizadas por Castillo (2001) a desossa das aves apresenta ser mais eficiente para a maturação (maciez da carne) 24 horas após o abate. Até 6 horas *post mortem* ocorre a fase pré-rigor. De 6 a 24 horas ocorre a instalação e

resolução do *rigor mortis*. Contudo, segundo Bressan e Beraquet (2002), em condições de estresse pré-abate (ausência de descanso, operações de pesagem e temperaturas elevadas), o *rigor mortis* pode-se instalar em carnes de frango no período de 10 a 15 minutos *post mortem*. Ao final deste período, procede-se a desossa. De 24 a 48 horas ocorre processo de maturação.

Os abatedouros estão trabalhando de forma a desossar o mais rapidamente possível, por razões econômicas (para evitar perda de água das carcaças) e higiênicas, para evitar contaminações microbiológicas (THIELKE; LHAFI; KUHNER, 2005).

O atributo de qualidade mais crítico associado com a satisfação final do consumidor é provavelmente a textura. A maturação é considerada o método mais importante para garantir maciez satisfatória na carne de frango (FLETCHER, 1999). Muitos estudos foram conduzidos para determinar o tempo de maturação *postmortem* ideal para evitar textura dura em filés de frango. Geralmente, recomenda-se tempo de maturação antes da desossa de 4 a 6 horas para obter filés de peito de frango com textura macia (PAPINAHU; FLETCHER, 1996; NORTH CUTT *et al.*, 2001; LIU *et al.*, 2004).

Há um consenso de que o processo de amaciamento da carne é essencialmente enzimático e depende de condições físico-químicas tais como pH e força iônica. Proteólise miofibrilar amacia a carne por enfraquecer as ligações intra e intermiofibrilares (LEE *et al.*, 2008).

Em seu estudo, Lee *et al.* (2008), avaliaram o pH *postmortem* em peito de frango na temperatura de 4°C desde o tempo zero até 24 horas antes da desossa, como mostra a Figura 1. A pesquisa mostrou uma queda significativa de pH entre zero e 6 horas, onde o músculo atingiu o valor final de pH não havendo queda significativa até 24 horas. Muitos estudos em peito de frango têm sido realizados com baixos tempos de maturação (menos de 3 horas após abate) ou altos tempos (24 horas), porém o tempo *postmortem* onde o pH final é alcançado não é bem definido. O tempo encontrado para atingir pH final coincide com o tempo mínimo necessário para alcançar boa maciez em muitos trabalhos.

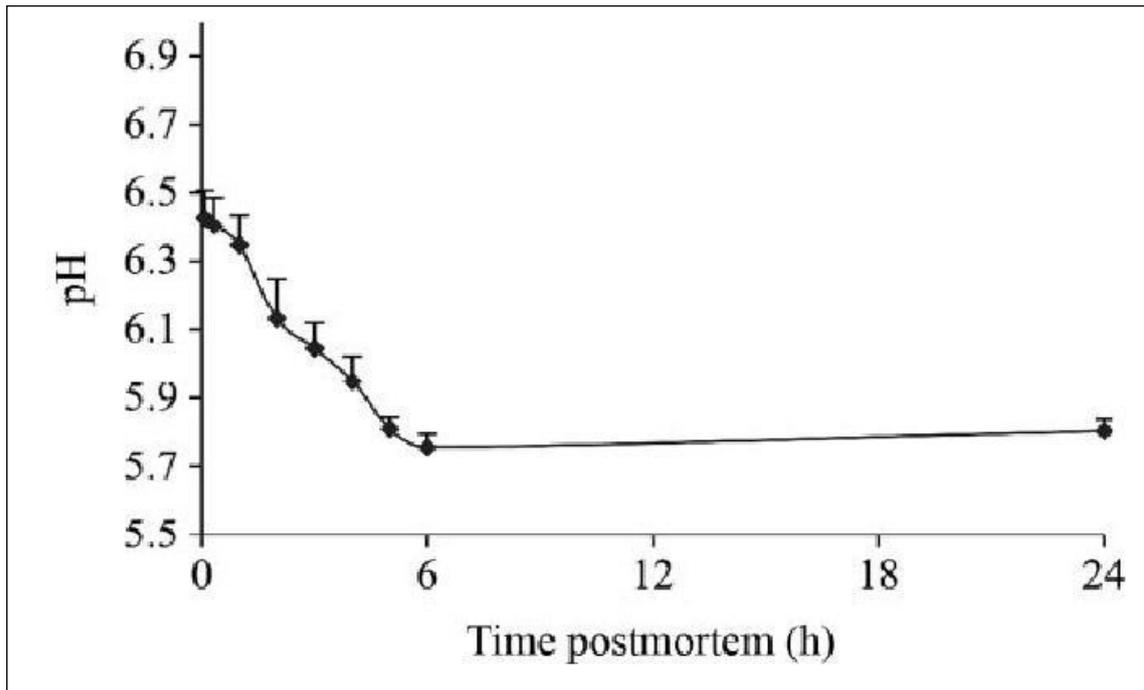


Figura 1 - Declínio do pH do músculo de peito de frango durante o tempo de maturação.

Fonte: LEE *et al.* (2008).

Souza *et al.* (2005), estudaram os efeitos de diferentes tempos de maturação antes da desossa (0, 1, 2, 3, 4 e 24 horas) na qualidade do peito de frango. Foi observado queda de pH entre 0 e 24 horas, porém sem diferença significativa entre peito de frango desossado imediatamente após resfriamento ou até 4 horas. Somente foi encontrada diferença significativa de pH no peito desossado após 24 horas (pH=6,00), em relação a zero e uma hora (6,69 e 6,42, respectivamente). O pH final encontrado, medido após 24 horas após desossa foi de 5,9 a 6,0 para todos os tempos, sem diferença significativa entre si, demonstrando que as diferenças na queda de pH foram apenas temporárias não afetando o pH final. Os autores também estudaram a influência do tempo antes da desossa na perda cozimento, cozinhando os filés 24 horas após os diferentes tempos de desossa em grelha até atingirem 80°C, e não observaram diferença significativa. Os autores encontraram diferença significativa na força de cisalhamento entre os filés desossados logo após resfriamento (zero e 1 hora) e após 4 ou 24 horas, não havendo diferença entre 4 e 24 horas, concluindo que um período mínimo de 4 horas é necessário para obtenção de peitos de frango macios.

Huezo *et al.* (2007), estudaram os efeitos de dois métodos de resfriamento (imersão em água e ar) e tempo de maturação pré-desossa de zero, 1,67 e 24 horas na qualidade de filés de peito de frango, avaliando efeito em cor, pH, força de cisalhamento e rendimento de cozimento. Foi observado aumento do brilho com o tempo de maturação pré-desossa, podendo ser causado pela glicólise *postmortem* e pela queda gradual do pH, o que afeta a capacidade de retenção de água, o brilho de superfície e reflexividade do músculo. O pH dos filés resfriados por imersão em água apresentou diferença significativa no tempo zero (pH=6,01) em relação aos outros tempos, porém sem diferença significativa entre 1,67 e 24 horas (5,80 e 5,85). Desossa nos tempos zero e 1,67 horas não apresentaram diferença no resultado de perda de cozimento em resfriamento por imersão, porém observou-se aumento de rendimento de cozimento para o tempo 24 horas antes da desossa, em ambos os métodos de resfriamento, concluindo que o rendimento de cozimento melhorou com o aumento do tempo de maturação antes da desossa.

Battula *et al.* (2008) avaliaram o efeito da insensibilização elétrica e por vácuo combinados com tempo de maturação antes da desossa de 0,75, 2 e 4 horas *postmortem*. Para ambos os métodos de insensibilização, o pH apresentou diferença significativa entre os três tempos de maturação, resultando em uma faixa entre 5,8 a 6,1. Todas as amostras desossadas no menor tempo apresentaram cor mais escura em relação aos demais tempos de maturação. Não foi encontrada diferença significativa de perda de cozimento entre os dois métodos de insensibilização. Porém, para ambos os métodos observou-se redução na perda de cozimento entre 0,75 e 4 horas, porém apenas para a insensibilização elétrica a diferença foi significativa (24% para 22,7%). Os autores observaram redução na força de cisalhamento com tempo de maturação para ambas as técnicas de insensibilização.

Pesquisas mostram relação significativa entre pH final e qualidade do peito de frango (FLETCHER, 1999; VAN LAACK *et al.*, 2000 apud BATULLA *et al.*, 2008). A taxa de queda do pH e a queda adicional do pH *postmortem* afetam muitas propriedades da carne, incluindo cor, capacidade de retenção de água, solubilidade de proteína e aumento de incidência de carne pálida e exsudativa (BENDAL, 1973 e CORNFORTH, 1994 apud BATULLA *et al.*, 2008).

Em seu estudo, Zocchi e Sams (1999) relataram encontrar pH significativamente mais alto em peito de frango desossado após 1 hora *postmortem* em relação ao tempo de desossa de 4 horas (6,35 e 5,98, respectivamente). Foi

observado aumento na perda de cozimento entre as amostras desossadas em 1 hora e 4 horas, porém a diferença não foi estatisticamente significativa, onde se concluiu que o tempo de desossa não influenciou as perdas de cozimento.

Os autores Thielke, Lhafi e Kuhner (2005), avaliaram o efeito da maturação antes da desossa em diferentes tempos (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 16 e 24 horas) no pH e na força de cisalhamento de filés de peito de frango. Observaram que houve rápida e gradual queda de pH nas primeiras 5 horas de maturação, de 6,83 para 5,91. A maturação posterior até 24 horas não trouxe nenhuma diferença significativa em pH. Valores de força de cisalhamento mais altos foram encontrados nos tempos zero até 3 horas. A maturação levou à significativa queda na força de cisalhamento, ou seja, aumento da maciez. Os autores encontraram uma faixa grande de variação dos resultados individuais. Por exemplo, algumas amostras mostraram maiores valores de força de cisalhamento após mais de 8 horas de maturação. Os autores associaram estas variações a diferenças individuais no tempo de resolução do *rigor mortis* de cada animal.

Petracci, Fletcher e Northcutt (2001) avaliaram a influência da temperatura ambiente durante o tempo de jejum pré-abate em peitos maturados por 2 e 24 horas em rendimento de cozimento, pH e força de cisalhamento. Independentemente da temperatura ambiente, todos os tratamentos demonstraram queda no pH (de 6,16 para 5,96), queda de força de cisalhamento (de 6,86 para 4,87) e queda no rendimento de cozimento (de 72,1 para 70,6) com o aumento do tempo de maturação.

Lyon *et al.* (1992), conduziram um estudo para determinar os efeitos da maturação antes da desossa e tempo de espera dos filés sob refrigeração após desossa na maciez do peito de frango, com objetivo de detectar se há alteração do padrão de resolução do *rigor mortis* devido ao tempo que o músculo ficou em contato com a carcaça ou o tempo que o músculo ficou em maturação fora da carcaça sob refrigeração. Os tempos de desossa avaliados foram zero, 1 e 24 horas, e os tempos de espera foram zero, 12 e 24 horas. A faixa de variação de rendimento de cozimento encontrada foi muito pequena, sem diferença significativa entre os tratamentos realizados. A constatação mais importante deste trabalho foi de que 1 hora de tempo de desossa é suficiente para melhoria significativa de maciez. A redução da força de cisalhamento entre tempo zero e tempo de 1 hora foi de aproximadamente 36%.

Komiyma (2009) avaliou fotomicrografias de cortes transversais de peito de matriz de descarte submetido a tempos de maturação de zero, 12, 24 e 48 horas. Como mostra a Figura 2, o estudo constatou uma maior desestruturação das fibras musculares conforme aumentou o tempo de maturação, representado pelo aumento do espaço entre as fibras musculares causado pela perda da estrutura da matriz protéica e da destruição das fibras.

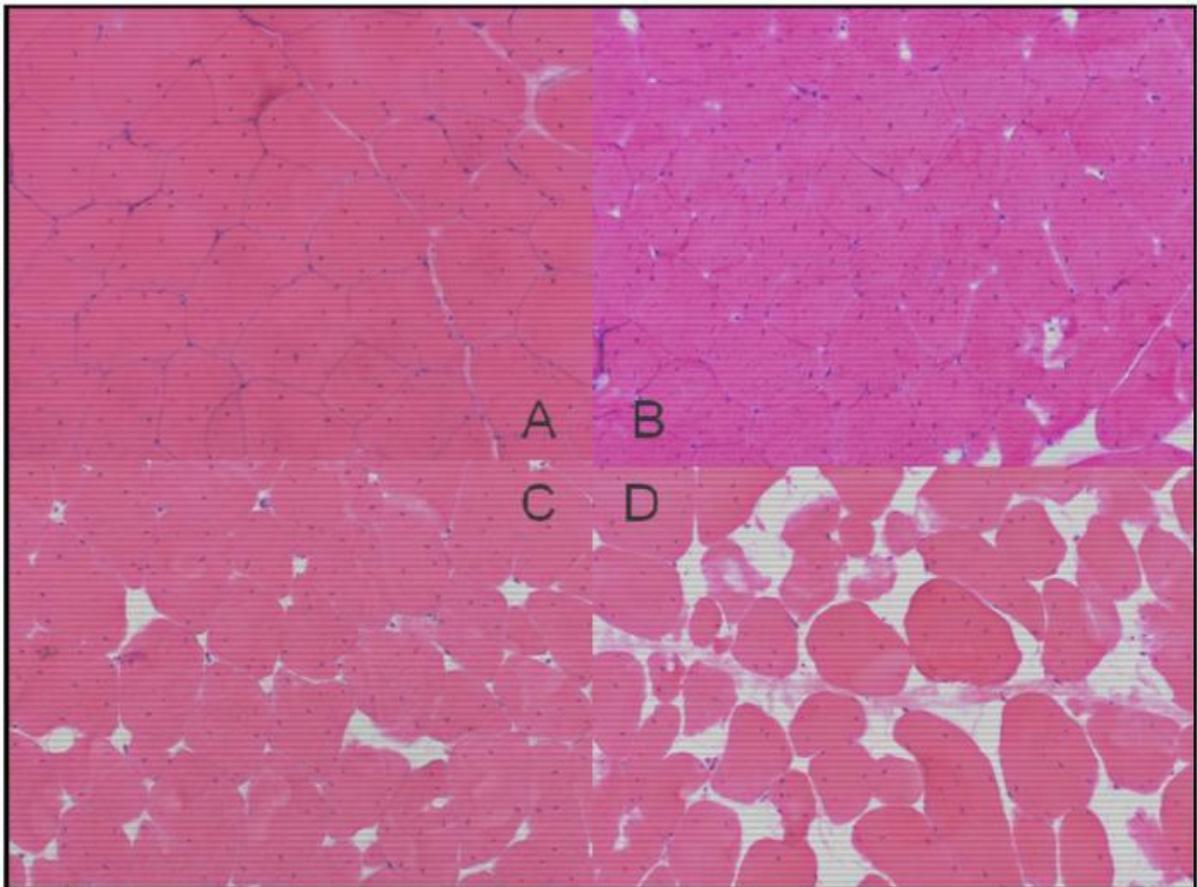


Figura 2 – Cortes transversais de peito de frango de matrizes submetidas à tempos de maturação de zero (A), 12 horas (B), 24 horas (C) e 48 horas (D).
Fonte: KOMIYAMA (2009).

Músculos não maturados resultam em contração das fibras musculares, valores de força de cisalhamento altos, e percepção de textura firme a muito firme, enquanto os músculos maturados resultam em menor contração da fibra, menores valores de força de cisalhamento e percepção sensorial de macia a muito macia. Esta avaliação torna-se mais complexa quando é introduzida a marinação, pois este

processo tem efeito sobre a funcionalidade das proteínas e textura da carne de frango (LYON; LYON, 2000).

2.4 Capacidade de Retenção de Água

A água é o maior constituinte da carne e a habilidade da mesma em reter esta umidade é muito importante para a manutenção das propriedades funcionais e *shelf life*. Quando a umidade é perdida, rendimento, maciez, textura, sabor e valores nutricionais são afetados negativamente. Assim, a capacidade de retenção de água é considerada um fator relevante como forma de prever o rendimento, o resultado econômico e a qualidade final de um produto (OLIVO, 2002).

A água representa 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 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 sob pressão (OLIVO, 2006).

Segundo Olivo (2006), se as proteínas não estão desnaturadas, elas continuam a ligar a 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 propriedade da carne essencialmente importante, principalmente, sob o aspecto sensorial e econômico (PRAXEDES, 2007).

Por afetar a aparência da carne antes do cozimento, o seu comportamento durante o cozimento e a suculência durante a mastigação, a capacidade de retenção de água da carne é um atributo de fundamental importância. A diminuição da capacidade de retenção de água *in vivo* é manifestada pela exsudação de fluido conhecido como “choro” da carne não cozida que não foi congelada, como “gotejamento” da carne não-cozida descongelada, e como “encolhimento” das carnes cozidas (LAWRIE, 2005).

Perdas de umidade indesejadas trazem perdas financeiras significativas para a indústria de carne, anualmente. No entanto, progressos limitados têm sido feitos para entender os mecanismos que provocam o *drip* ou purga (LONERGAN; LONERGAN, 2005).

Os fatores que afetam a perda por exsudação ou pela secagem da carne não cozida também se aplicam à carne cozida, sendo mantidas as diferenças relativas no aquecimento. Entretanto, as perdas devido ao encolhimento durante a cocção serão maiores em extensão determinada por circunstâncias estranhas como método, tempo e temperatura de cozimento, uma vez que as altas temperaturas envolvidas causam desnaturação das proteínas e diminuição considerável da capacidade de retenção de água (LAWRIE, 2005).

Lawrie (2005) cita vários exemplos de como os fatores que influenciam na capacidade de retenção de água da carne crua se refletem no cozimento:

- a) alto pH final do músculo reduz a perda por aquecimento que é devida à exsudação da umidade;
- b) os benefícios da adição de fosfatos nas carnes cominuídas são mantidos no cozimento;
- c) queda rápida de pH aumenta a perda de umidade no cozimento.

Devido às alterações intensas que ocorrem nas proteínas sarcoplasmáticas e miofibrilares a capacidade de retenção de água cai de modo significativo com o aumento de temperatura de 80 para 100°C. No entanto, com temperaturas de cozimento abaixo de 80°C, aumentam as perdas por encolhimento com o aumento do tempo de cozimento. As curvas de tempo-temperatura da carne durante o cozimento revelam um platô em torno de 70°C, sugerindo que alguma mudança química está ocorrendo neste ponto (LAWRIE, 2005).

As proteínas miofibrilares mais importantes associadas com a qualidade da carne e capacidade de reter água são actina (filamento curto) e miosina (filamento longo) e sua estrutura combinada actomiosina, que são encontradas nas frações solúveis de sal (ALVARADO; McKEE, 2007).

Parte da perda de hidratação protéica originada pelos efeitos estéricos e a queda do pH é recuperada ao deixar-se a carne em maturação. As enzimas proteolíticas, como as catepsinas, são as responsáveis por algumas modificações sutis na permeabilidade da membrana celular ou em sua estrutura protéica. Esta degradação enzimática na estrutura da membrana muscular pode permitir certa difusão de íons nas áreas que rodeiam as proteínas musculares, dando lugar a uma redistribuição de íons, o que resulta na substituição de alguns íons divalentes das cadeias protéicas por outros monovalentes. Em consequência por cada cátion divalente substituído fica em liberdade para ligar água um grupo reativo da proteína

e as forças que tendem a aproximar as cadeias protéicas debilitam-se. A partir das 24h *post mortem* há liberação constante pelas proteínas musculares de íons cálcio e sódio e absorção de íons potássio. Este intercâmbio de íons durante a maturação das proteínas musculares determina uma melhor capacidade de retenção de água. A elevação do pH também eleva a capacidade de retenção de água (MOURA, 1997).

A taxa e extensão do declínio do pH *postmortem* pode influenciar a funcionalidade da proteína miofibrilar, alterando assim a capacidade de retenção de água (JUDGE, 2001). Conforme o pH declina durante o *rigor mortis*, ocorre um fluxo de fluído do espaço miofibrilar causado por redução na repulsão eletrostática negativa entre os filamentos. Conforme se dá a resolução do *rigor mortis*, o pH do músculo se aproxima do ponto isoelétrico das proteínas miofibrilares, que é aproximadamente 5,1. Em função das proteínas actina e miosina estarem próximas a seu ponto isoelétrico, o espaço entre os filamentos para água ser ligada ou retida é mínimo (ALVARADO; McKEE, 2007). Estudos conduzidos por Alvarado e Sams (2003) mostraram que a cor e o pH dos filés de frango estão fortemente correlacionados com a capacidade de retenção de água e percentual de retenção de salmoura, assim filés com maiores valores de pH apresentaram maior capacidade de retenção de água. Resultados semelhantes foram relatados por Barbut, Zhang e Marcone (2005) que comparam os resultados de carne PSE, normal e DFD e reportaram pH de 5,72; 6,02 e 6,27 respectivamente, e menor perda de cozimento e maior absorção de salmoura conforme maior valor de pH final.

2.5 Marinação

O processo de marinação ou cura é o processo que consiste em aplicar, na carne, uma solução preparada com água, sal, aditivos e substâncias aromáticas. Esta solução denominada marinada, é preferencialmente ácida para amaciar o tecido conjuntivo e aumentar a sua vida útil (VOLPATO, 2005).

Para os abatedouros de aves a marinação também é vantajosa. O aumento do rendimento e da maciez, aliados à redução no tempo de espera para a desossa, são aspectos atraentes para quem processa a carne de aves (LEMOS, 2008).

Os benefícios da marinação incluem uma textura mais suculenta e uma redução da perda de umidade durante cozimento. Os três métodos para produção de produtos marinados incluem: imersão, injeção e tambleamento. Os ingredientes básicos incluem sal e tripolifosfatos de sódio (ALVARADO;McKEE, 2007).

Marinação por injeção de multiagulhas talvez seja o método mais comumente usado porque permite a dosagem exata da quantidade de salmoura, assegurando uniformidade nos produtos sem o tempo requerido na imersão. No sistema multiagulhas a salmoura é injetada à medida que as agulhas penetram na carne, espalhando a salmoura na peça (SMITH; ACTON, 2001).

Outra prática industrial comum é a incorporação de ingredientes funcionais e de sabor no músculo através do processo de tambleamento. Devido à umidade inserida no músculo pela ação mecânica aplicada no tambleamento, os produtos cozidos não têm apenas o sabor ressaltado, mas também geralmente melhor maciez e rendimento de cozimento se comparados a produtos não marinados (BABDJI; FRONING; NGOKA, 1982).

Tambleamento a vácuo é o método de marinação para aves que gera um produto pronto para cozinhar, de valor agregado tanto para a planta processadora quanto para o mercado. Massagear a carne por tambleamento resulta na extração de proteína exsudada, que promove coesão durante o processamento térmico. Os rendimentos de tambleamento melhoram a suculência e fatiabilidade. Estudos reportam que a extração de proteínas miofibrilares da superfície da carne serve para duas funções. Primeiramente, proteínas coagulam sob cozimento para melhorar propriedades de retenção de água. Segundo, as proteínas extraídas agem como uma selagem quando processadas termicamente, facilitando assim a retenção de umidade contida no tecido da carne (ALVARADO; McKEE, 2007).

Xiong e Kupsi (1999) verificaram que a presença de sal durante tambleamento de peito de frango é crítica para entrada e retenção de água, assim como para o rendimento do produto final, quando fosfatos não são adicionados como ingrediente da marinação. O aumento da retenção de umidade nos filés tratados com sal certamente resultou do aumento das forças capilares, devido ao combate da pressão osmótica. Estes autores ainda observaram que, fosfatos e sais, quando usados separadamente em salmouras de tambleamento, são capazes de reter a umidade do produto e reduzir perda no cozimento. A combinação dos dois

ingredientes não produziu nenhuma sinergia ou efeito adicional. A falta de sinergia provavelmente resulta da alta concentração usada dos dois componentes.

Goodwin e Maness (1984) realizaram pesquisas em aves que indicaram que quando a carne de ave é injetada com solução de fosfato de sódio, não há diferença de textura de filés de peito entre filés maturados por 16 horas e filés marinados maturados por 3 horas.

Sais funcionam solubilizando as proteínas miofibrilares. As proteínas miofibrilares solubilizadas devido à repulsão eletrostática dos íons Cl^- , expõe os sítios ativos de ligação. Adicionalmente, a repulsão eletrostática aumenta o espaço entre os filamentos. O aumento deste espaço aumenta a quantidade de água que pode ser retida pelo músculo. A água que ocupa este espaço é conhecida como água livre. Existe ainda a água imobilizada e água ligada (ligada a grupos capazes de formar ligações H). Aproximadamente 10 a 15% da água é imobilizada e pode ser removida no cozimento. Entretanto, qualquer fator que influencie os espaçamentos entre os filamentos finos e curtos ou a habilidade das proteínas de segurar água pode afetar as propriedades de retenção de água da carne (ALVARADO; McKEE, 2007).

Os íons de sais neutros, na molaridade de 0,5-1M, podem aumentar a solubilidade das proteínas. Os íons reagem com as cargas das proteínas e diminuem a atração eletrostática entre cargas opostas de moléculas vizinhas. Além disso, a solvatação relacionada com estes íons aumenta a solubilidade das proteínas (ALVARADO; MCKEE, 2007).

Lyon, Lyon e Dickens (1998) não encontraram diferença significativa de força de cisalhamento entre filés desossados após zero ou 1,5 horas após desossa, seguidos de tambleamento com salmoura formulada com sal e fosfatos de sódio.

As proteínas miofibrilares constituem os principais componentes na retenção de água da carne, enquanto que as proteínas sarcoplasmáticas retêm apenas 3% da água total. Quanto à quantidade de água imobilizada, esta depende do espaço existente entre os filamentos. Por esta razão, se a fibra se contrai, os filamentos de miosina e actina aumentam consideravelmente e o espaço torna-se menor, diminuindo a quantidade de água imobilizada.

2.6 Cozimento

O rendimento do produto no processo de cozimento é de grande importância econômica para a indústria, afetando também as características da palatabilidade do produto final. Desta forma, deve-se sempre procurar aumentar este rendimento sem, entretanto, alterar as especificações técnicas e sensoriais do produto (VOLPATO, 2005).

Cozimento por convecção de ar aquecido é vastamente usado em produção comercial de produtos de aves. O tempo de cozimento necessário para um produto atingir a temperatura interna requerida não é dependente apenas das condições de operação do forno, mas também das propriedades do produto. Os parâmetros de controle dos fornos de convecção são: temperatura, umidade e taxa de circulação do ar aquecido e velocidade de esteira, o que envolve simultaneamente transferência de calor e massa. O calor é transferido do ar quente para o produto, enquanto a umidade é absorvida pelo produto (cozimento com alta umidade) ou evaporada do produto (cozimento com baixa umidade). Esta transferência simultânea de calor e massa faz com que avaliações teóricas de processamento térmico sejam mais complicadas (MURPHY; MARKS; MARCY, 1998).

Wählby, Skjöldebrand e Junker (2000) estudaram o impacto do uso de injeção direta de vapor no tempo de cozimento e na qualidade da carne, avaliando a influência da temperatura do ar, fluxo de ar e tempo na temperatura de cozimento do centro de carne suína, concluindo que o fator que mais influencia a temperatura interna é a temperatura do ar. Por sua vez, a temperatura interna foi o fator que mais influenciou a perda peso, concluindo que a perda de água pela carne foi muito influenciada pela temperatura do ar, sendo pouco dependente do tempo de processo, para a mesma temperatura interna final. As maiores perdas foram associadas com a utilização de altas temperaturas e curtos tempos.

Murphy, Marks e Marcy (1998) estudaram as propriedades de transferência de calor, perda de umidade, rendimento de produto e proteínas solúveis em filés de peito de frango durante o cozimento por convecção de ar. Eles verificaram que o rendimento do produto aumentou com a redução da temperatura do forno, redução da temperatura interna e aumento da umidade do ar.

Barbanti e Pasquini (2005) estudaram a influência de diferentes tratamentos de cozimento em maciez da carne e perda de cozimento. Amostras de peito de frango sem pele, *in natura* e marinadas em tumbler, foram cozidas em forno de convecção de ar com 75% de vapor ou sem vapor, em diferentes tempos e temperaturas. Verificou-se que o conteúdo de umidade decresceu com o aumento da temperatura. Para o processamento mais drástico (maior tempo e temperatura, tanto com e sem vapor) a maior perda ocorreu para as amostras marinadas. Este dado não está de acordo com vários resultados já referenciados, onde geralmente a marinação resulta em menor quebra de cozimento. A diferença deve-se ao fato deste marinado não conter fosfatos, o que mostra que a capacidade de retenção de água não foi dramaticamente aumentada.

Outro resultado encontrado na pesquisa de Barbanti e Pasquini (2005), que difere do reportado por Murphy, Marks e Marcy (1998), foi de que os cozimentos com vapor aumentam a perda de cozimento. A explicação dada pelos autores é de que no processo com vapor, há ausência de uma crosta na superfície do peito que permite a evaporação de água e a saída de gordura fundida. O modelo matemático usado mostrou que a perda de cozimento é mais influenciada pelo tempo de processo do que pela temperatura. Para tratamento com vapor, todas as combinações de tempo-temperatura resultaram em maior perda de cozimento para a amostra marinada, em comparação com a amostra *in natura*. Os autores atribuíram este resultado à baixa concentração de sal (0,6%) que deve ter influenciado negativamente a capacidade de retenção de água da carne. Os tratamentos com ar quente sem vapor apresentaram maiores valores de cisalhamento, onde concluiu-se que o uso do vapor gerou obtenção de amostras com melhor textura. A temperatura apresentou maior influência do que o tempo para a força de cisalhamento. A menor perda de cozimento foi obtida em curtos tempos de cozimento em combinação com a maior temperatura com marinação e sem vapor. Os autores não consideraram o resultado de temperatura interna final.

Os resultados anteriores concordam com o estudo realizado por Chen, Marks e Murphy (1999), que testaram quatro combinações de tempo-temperatura, atingindo sempre a mesma temperatura final de 70°C. Eles verificaram que sempre que a temperatura ambiente aumentou, o tempo de cozimento reduziu e o rendimento aumentou. No entanto, o aumento da temperatura do ar levou a uma distribuição de temperatura menos uniforme na peça.

Volpato (2005) estudou os efeitos de alguns parâmetros de processo (tempo de maturação, tempo de cura e quantidade de salmoura) no rendimento de cozimento. Em testes preliminares, observou-se uma tendência na diminuição da perda de cozimento utilizando menor quantidade de salmoura e menor tempo de cura. Verificou-se que as menores perdas de peso no cozimento foram alcançadas com menor tempo de cura e menor quantidade de salmoura, independente do tempo de maturação. O aumento na quantidade de salmoura levou à redução no rendimento durante o cozimento, indicando que a matriz protéica da carne não reteve parte da salmoura adicionada.

Praxedes (2007) verificou a influência da carne PSE, normal e DFD na perda de umidade no cozimento, onde encontraram menor perda para a carne DFD. Ao correlacionar-se os valores de pH com os valores de perda de umidade no cozimento para o grupo "PSE", notou-se uma tendência de maior perda de umidade no cozimento com a redução do pH.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Matéria-Prima

A matéria-prima de estudo foram filés de peitos de frango íntegros (meio peito sem osso, sem pele, sem excesso de gordura, cortado em filés de meio peito), que foram coletados diretamente de uma linha industrial de abate de frango, em um frigorífico do oeste de Santa Catarina. Os testes foram realizados em diferentes dias, durante os meses de julho e agosto.

Os frangos da linhagem Cobb, sexo macho, com idade de 45 a 46 dias foram privados de alimentação 6 a 8 horas antes do carregamento, transportados por aproximadamente 1 hora e aguardaram 2 a 3 horas antes da pendura, totalizando jejum total de aproximadamente 12 horas antes do abate. Após pendura, os frangos foram submetidos à insensibilização elétrica por eletronarcose (voltagem de 80 a 120 volts, amperagem de 100mA e tempo de 15 segundos) seguido de sangramento, escaldagem, depenagem, evisceração e resfriamento em chiller em imersão em água gelada, pelo tempo de 1 hora e 20 minutos. O tempo entre abate e início de resfriamento foi de 20 a 30 minutos, e o tempo entre saída de resfriamento até desossa foi de 5 a 10 minutos. O tempo total percorrido entre abate e final do resfriamento foi de aproximadamente 2 horas. Após resfriamento, os filés foram desossados imediatamente após resfriamento ou após os tempos de maturação estudados.

Para cada repetição dos experimentos industriais, foram utilizadas amostras de 13 filés de peito de frango. A amostragem foi determinada conforme as normas do CODEX Alimentarius (1969 apud VOLPATO, 2005), onde estabelece que para um lote com 4.801 a 24.000 peças, o tamanho da amostra deve ser 13 peças. O tamanho do lote industrial é de aproximadamente 2.400 kg que correspondem a aproximadamente 11.000 peças.

O fluxograma do processo na Figura 3 mostra as variáveis fixadas e testadas em cada etapa de processo, bem como as coletas e respostas que foram obtidas em cada etapa.

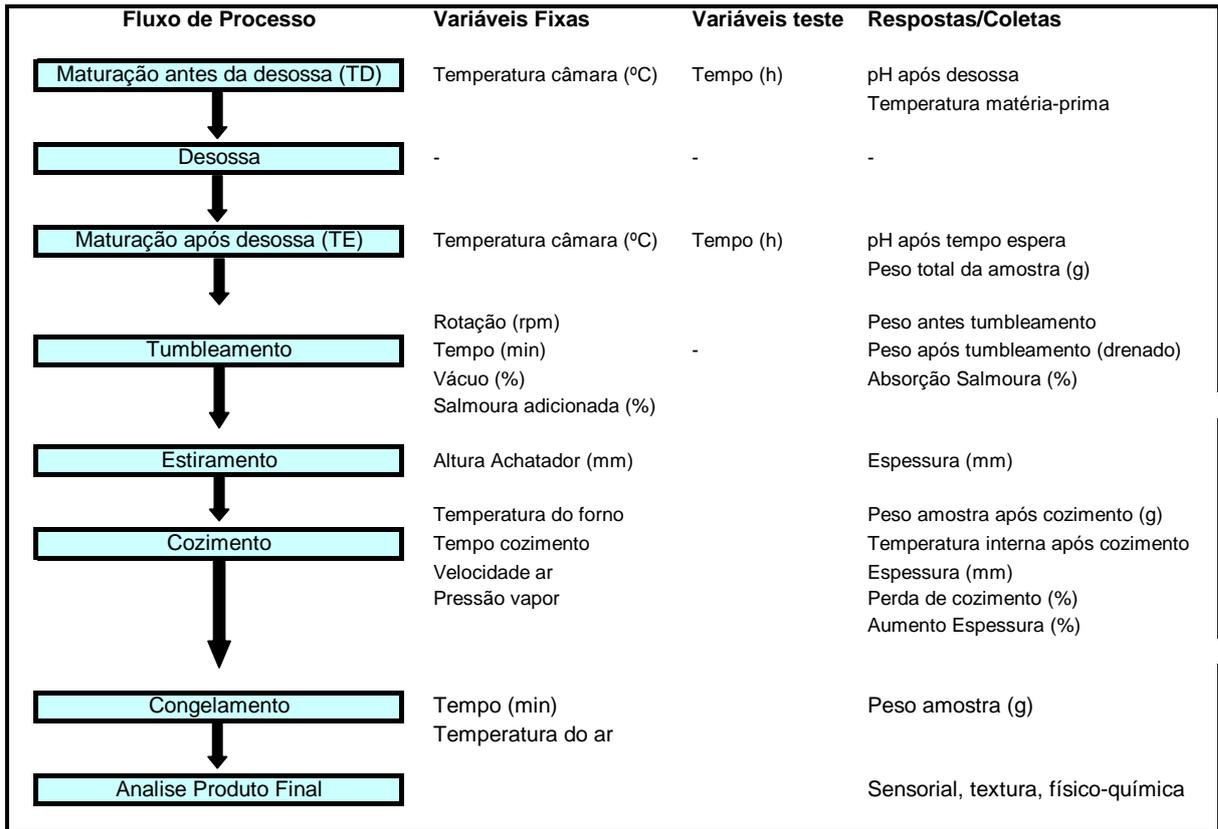


Figura 3 - Fluxograma do processo de obtenção do peito de frango maturado, marinado, cozido e congelado em processo contínuo.

3.2 Maturação

Foram avaliados tempos de maturação antes da desossa (tempo de desossa) de zero, 6 e 12 horas e tempos de maturação após a desossa (tempo de espera) de zero, 12 e 24 horas.

Para realização dos tempos de desossa (TD), as carcaças foram cortadas em *front halves* (separação dos membros inferiores) logo após resfriamento em chiller, embalados em caixas plásticas e armazenados em câmara-fria em temperatura controlada de 0 a 5°C por tempos de 6 ou 12 horas, conforme planejamento experimental. Logo após o tempo de maturação determinado para cada teste, os peitos foram desossados em equipamento automático e refilados para retirada de excesso de gordura. Após desossa, os peitos de frango foram embalados em sacos

plásticos e encaminhados para câmara fria na temperatura de 0 a 5°C, durante o tempo de espera determinado para cada teste.

Para realização dos tempos de espera (TE), os peitos de frango desossados foram embalados em sacos plásticos e armazenados em câmara fria com temperatura de 0 a 5°C nos tempos de 12 ou 24 horas, conforme planejamento experimental.

A escolha dos níveis da variável tempo de desossa foi baseada nos trabalhos de Northcutt *et al.* (2001), Liu *et al.* (2004) e Lee *et al.* (2008), que indicaram um tempo mínimo de 6 horas antes da desossa são necessárias para atendimento da maciez e resolução do *rigor mortis*. O tempo de desossa de 12 horas foi escolhido por ser o dobro do tempo mínimo indicado.

A escolha dos níveis da variável tempo de espera após desossa foi baseada nos trabalhos de Lyon *et al.* (1992), que estudaram tempo de espera de zero, 12 e 24 horas e Kriese *et al.* (2005 apud KOMIYAMA *et al.*, 2009) que relataram que 24 horas são suficientes para atender o amaciamento desejado da carne, não sendo necessários tempos superiores.

Imediatamente após o tempo de espera planejado, os filés foram encaminhados para a etapa de marinação.

3.3 Marinação por tumbleamento

Para a marinação foi utilizada salmoura formulada com 93,33% de água gelada (temperatura de 2,5°C) e 6,66% de cloreto de sódio, preparada em tanque com agitação constante. No tumbler foi adicionado peito de frango e salmoura, na proporção de 15% de salmoura e 85% de peito de frango. A formulação total do produto é mostrada a seguir:

Formulação:

Peito de frango..... 85%

Água.....14%

Cloreto de sódio.... 1%

Foi utilizado tumbler experimental marca Injectstar de aço inox com capacidade para 20L, com controle de tempo, vácuo e rotação. Todos os experimentos foram tambeados por 60 minutos, rotação de 11 rpm, vácuo de 0,8 mmHg, temperatura ambiente de aproximadamente 10°C.

As pesagens foram realizadas em balança de precisão 0,1g, marca Toledo. Os peitos de frango foram pesados antes da adição de salmoura, depois da adição de salmoura e depois do processo de marinação, com objetivo de determinar o rendimento desta etapa do processo.

Após tambeamento os peitos de frango foram drenados e pesados, para obter o peso efetivo absorvido e calcular o rendimento do processo de marinação.

A absorção de salmoura foi determinada pela Fórmula 1:

$$\text{Absorção de Salmoura (\%)} = \frac{\text{Peso drenado após tambeamento}}{\text{Peso inicial (filés+salmoura)}} \times 100 \quad (1)$$

Logo após a pesagem, as amostras foram imediatamente conduzidas ao processo de cozimento em linha.

3.4 Cozimento

O cozimento em linha foi realizado em forno contínuo industrial em espiral com injeção direta de vapor, marca Koppens, com controle de temperatura, tempo, velocidade do ar e pressão de vapor. Os seguintes parâmetros de cozimento foram utilizados: temperatura de cozimento de 88°C, tempo de 18 minutos, velocidade do ar de 400 rpm e pressão de vapor de 4,0 kgf. A temperatura interna mínima requerida no centro do produto após o cozimento foi de 78°C.

Antes e após o cozimento, foi medida a espessura dos filés de frango com paquímetro, marca Motoyo.

Foi determinado o aumento de espessura dos peitos cozidos medindo a espessura antes e após o cozimento. O aumento de espessura foi calculado conforme Fórmula 2:

$$\%AE \text{ (aumento espessura)} = \frac{\text{espessura final (mm)} - \text{espessura inicial (mm)}}{\text{espessura inicial (mm)}} \times 100 \quad (2)$$

onde:

espessura final - espessura do peito de frango após o cozimento

espessura inicial - espessura do peito de frango antes do cozimento

A temperatura dos filés foi medida logo após o cozimento no centro geométrico do produto, mediante o emprego de termômetro tipo agulha marca Testo, com precisão de 0,1°C.

A perda de peso no cozimento foi calculada pela diferença de peso dos peitos de frango, antes e após o processo de cozimento. A pesagem foi realizada em balança de precisão de 0,1g, marca Toledo. A perda de peso foi calculada conforme equação proposta por Hongsrabhas e Barbut (1999), expressa em percentual:

$$\%PC \text{ (perda no cozimento)} = \frac{\text{(g) água perdida durante cozimento}}{\text{(g) amostra antes do cozimento}} \times 100 \quad (3)$$

Imediatamente após o cozimento os peitos de frango foram congelados em túnel contínuo até atingirem temperatura interna no centro do produto de -18 °C.

3.5 Análises físico-químicas

Foram realizadas análises de pH do peito de frango *in natura* e análises de pH, proteína, umidade, sal e lipídeos para o peito de frango marinado, cozido e congelado (produto final).

3.5.1 Análise de pH

Para cada tratamento de maturação, foi avaliado o pH do peito de frango logo após a desossa (pHi), após o tempo de espera (pHt) e após cozimento e congelamento (pHf).

A análise foi realizada pelo método Potenciométrico com eletrodo acoplado ao equipamento pHmetro marca MICRONAL, modelo B375.

O equipamento foi calibrado com solução tampão pH de 4,00, pH 7,00 e pH 10,0, conforme procedimento operacional do equipamento.

A metodologia de análise foi realizada conforme Instrução normativa número 20 (MAPA, 1999) e Cecchi (2003), pesando 50g de amostra homogeneizada em Becker de 250mL, adicionando com auxílio de proveta 20 mL de água destilada, homogeneizando com auxílio de bastão de vidro e induzindo o eletrodo na amostra para medição do pH.

3.5.2 Análise de proteína

A determinação da proteína foi realizada pelo método de determinação de proteína bruta pelo método de combustão, segundo metodologia número 992.15 da AOAC, 2007.

3.5.3 Análise de umidade

A análise de umidade foi realizada pelo método de determinação de Umidade e Voláteis, seguindo metodologia número 950.46 da AOAC, 2007.

3.5.4 Análise de sal

A análise de sal foi realizada pelo método de determinação de sal via indireta, seguindo instrução normativa número 20 (MAPA, 1999).

3.5.5 Análise de lipídeos

A análise de lipídeos foi realizada pelo método gravimétrico, seguindo metodologia número 991.36 da AOAC, 2007 e instrução normativa número 20 (MAPA, 1999).

3.6 Análise Sensorial

Para análise sensorial do peito de frango marinado, cozido e congelado, foi utilizado o método de comparação múltipla, onde os testes foram comparados com uma amostra padrão para verificar se algum tratamento resultou em diferenças significativas em relação ao padrão e verificar a diferença percebida entre os tratamentos, método sugerido por Volpato (2005). Participaram da avaliação um grupo de 11 avaliadores treinados, e todas as análises foram realizadas em duplicata, utilizando a ficha de avaliação sensorial mostrada na Figura 4.

A preparação das amostras para análise foi realizada conforme padrão do produto estabelecido pelo cliente. Todas as amostras foram descongeladas em temperatura ambiente por 3 horas, sendo posteriormente aquecidas por 10 minutos em água fervente e cortadas em cubos de aproximadamente 2x2 cm e servidas aos avaliadores em cabines sensoriais.

Nome: Data:

Você recebeu uma amostra padrão (P) e amostras codificadas. Compare cada amostra com o padrão nos atributos de cor, sabor, maciez e suculência, avaliando o grau de diferença conforme a escala abaixo.

- 1- Extremamente inferior ao padrão
- 2- Muito inferior ao padrão
- 3- Moderadamente inferior ao padrão
- 4- Ligeiramente inferior ao padrão
- 5- Igual ao padrão
- 6- Ligeiramente superior ao padrão
- 7- Moderadamente superior ao padrão
- 8- Muito superior ao padrão
- 9- Extremamente superior ao padrão

Amostra	Cor	Sabor	Maciez	Suculência

Figura 4 – Ficha de avaliação sensorial

3.7 Análise de textura: Força de Cisalhamento

A análise de força de cisalhamento foi realizada conforme procedimento descrito em Fernandes (2011). Para cada tratamento, 3 peças de peito de frango cozido (1 peça de cada repetição) foram descongeladas à temperatura ambiente por 3 horas, e cortadas em 2 paralelepípedos de 2x1x1 cm retirados do centro de cada peito de frango no sentido paralelo às fibras musculares, evitando pequenos nervos, totalizando 6 amostras por tratamento. As extremidades foram descartadas. Em seguida as medidas de força de cisalhamento foram realizadas utilizando um texturômetro *Warner Bratzler* (Modelo 235 6X, marca Salter Brecknell), com velocidade de 3 mm/s, distância de 30 mm, e força de 5g. O resultado obtido de cada tratamento foi a média das 6 medidas, expressa em Kgf.

3.8 Planejamento experimental e análises estatísticas dos resultados

Para a definição da influência dos tratamentos de maturação nas perdas de peso no cozimento, absorção de salmoura e atributos sensoriais, foram realizados experimentos seguindo planejamento experimental 3^2 , sendo 2 variáveis (tempo de desossa (TD) e tempo de espera (TE)) em 3 níveis, resultando em total de 9 experimentos. Para determinação da perda de cozimento, os experimentos foram realizados em triplicada, resultando em total de 27 experimentos. A Matriz de Planejamento experimental é mostrada na Tabela 1.

Para análise estatística dos dados foi utilizado o software Minitab 15, submetendo os dados do planejamento experimental e análise sensorial à análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey em nível de significância de 5% para comparação das médias obtidas das respostas avaliadas.

Tabela 1 - Matriz de planejamento experimental com a identificação dos níveis das variáveis para os tratamentos de filé de peito de frango.

Tratamento	Tempo de desossa (TD) (horas)	Tempo de espera (TE) (horas)
1	0	0
2	0	12
3	0	24
4	6	0
5	6	12
6	6	24
7	12	0
8	12	12
9	12	24

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Efeitos dos tempos de desossa e tempos de espera sobre o pH do peito de frango e na absorção de salmoura no tambleamento

O efeito do tempo do tempo de desossa (TD) e tempo de espera (TE) sobre o pH do peito de frango *in natura* e na absorção de salmoura após o processo de marinação por tambleamento foi avaliado.

Os resultados obtidos para pH após tempo de desossa, pH após tempo de espera e absorção de salmoura estão demonstrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados de pH após tempo de desossa, após tempo de espera após desossa e absorção de salmoura no tambleamento.

Tratamento	TD (horas)	TE (horas)	Ti (°C)	pHi	pHt	Absorção (%)
1	0	0	4,1	6,09 ^a	6,09 ^a	95,14 ^a
2	0	12	4,1	6,16 ^a	5,94 ^a	97,14 ^a
3	0	24	4,0	6,19 ^a	6,09 ^a	96,87 ^a
4	6	0	4,7	5,92 ^a	5,92 ^a	96,0 ^a
5	6	12	5,1	6,03 ^a	6,10 ^a	97,14 ^a
6	6	24	4,7	6,16 ^a	6,18 ^a	95,95 ^a
7	12	0	3,2	6,0 ^a	6,10 ^a	97,26 ^a
8	12	12	4,7	6,10 ^a	6,13 ^a	96,38 ^a
9	12	24	5,1	6,06 ^a	6,04 ^a	96,09 ^a

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre os valores encontrados.

TD = tempo de maturação antes da desossa; TE = tempo de espera depois da desossa; Ti = temperatura da matéria-prima após desossa; pHi = pH medido após desossa; pHt= pH medido após espera, imediatamente antes do tambleamento; absorção (%) = quantidade de salmoura absorvida no processo de tambleamento.

Os valores encontrados de pHi variaram entre 5,92 a 6,19 e os valores de pHt variaram de 5,92 a 6,18. Estatisticamente, os valores de pH não apresentaram diferença significativa. Estes valores encontram-se dentro da faixa esperada de pH final para a carne de frango, de acordo com Oda *et al.* (2003), que relatou que os filés de frango podem apresentar uma faixa de pH de 5,6 a 6,3, devido às diferenças nas práticas de manejo pré-abate e na bioquímica da carne. Os tratamentos foram realizados em diferentes dias, o que pode ter acarretado em variações de pH. Valores similares ao presente estudo foram reportados por Young, Buhr e Lyon (1999), que encontraram pH inicial imediatamente após desossa de 6,19 e pH de 5,96 a 6,08 para os tempos de desossa de 2 a 6 horas. No presente trabalho, o valor encontrado de pH medido para tempo de desossa zero, imediatamente após resfriamento, variou de 6,19 a 6,09.

Analisando o comportamento de pH medido após tempo de desossa (pHi), observou-se pH mais alto no tempo zero (6,15, média de pHi dos tratamentos T1, T2 e T3), uma redução até o tempo de 6 horas (6,04, média de pHi dos tratamentos T4, T5, T6) e um leve aumento até o tempo de 12 horas (6,05, média de pHi dos tratamentos T7, T8, T9), conforme demonstrado na Figura 5.

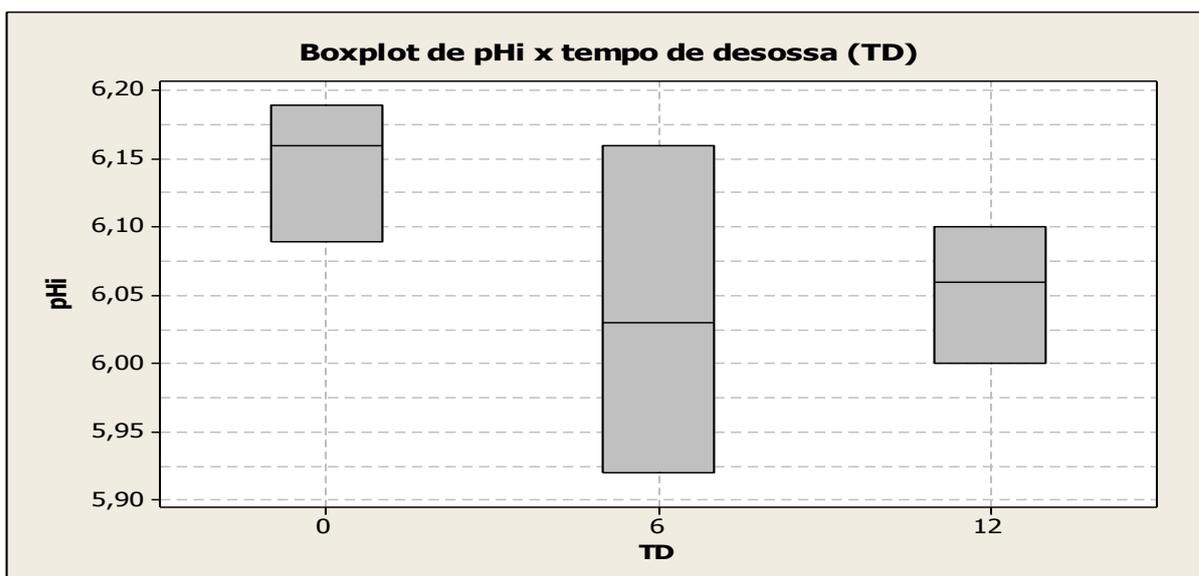


Figura 5 – Comportamento do pHi em relação aos tempos de desossa de zero, 6 e 12 horas.

Fonte: Minitab 15

pHi = pH medido após tempo de desossa.

Este comportamento era esperado e está de acordo com o relato de Lee *et al.* (2008), que encontrou queda significativa de pH entre zero e 6 horas, tempo em que o músculo atingiu seu pH final (pH após instalação do *rigor mortis*). Zocchi e Sams (1999) relataram encontrar pH significativamente mais alto em peito de frango desossado após 1 hora *postmortem* em relação ao tempo de desossa de 4 horas (6,35 e 5,98, respectivamente). Thielke, Lhafi e Kuhner (2005), avaliaram o efeito da maturação antes da desossa em diferentes tempos (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 16 e 24 horas) no pH de filés de peito de frango. Observaram rápida e gradual queda de pH nas primeiras 5 horas de maturação, de 6,83 para 5,91. A maturação posterior até 24 horas não trouxe nenhuma diferença significativa em pH. Perlo *et al.* (2010), reportaram que o pH decresceu de zero para 4 horas, e após este tempo até 24 horas, nenhuma diferença foi observada.

Para tempo de desossa zero (T1, T2, T3), observou-se que o pH medido após os tempos de espera de zero, 12 e 24 horas apresentou comportamento semelhante ao observado no pH medido após desossa (pHi). Observou-se queda de pH entre zero e 12 horas (de 6,09 para 5,94), com aumento de 12 para 24 horas, demonstrado nos dados da Tabela 2 e no gráfico da Figura 6.

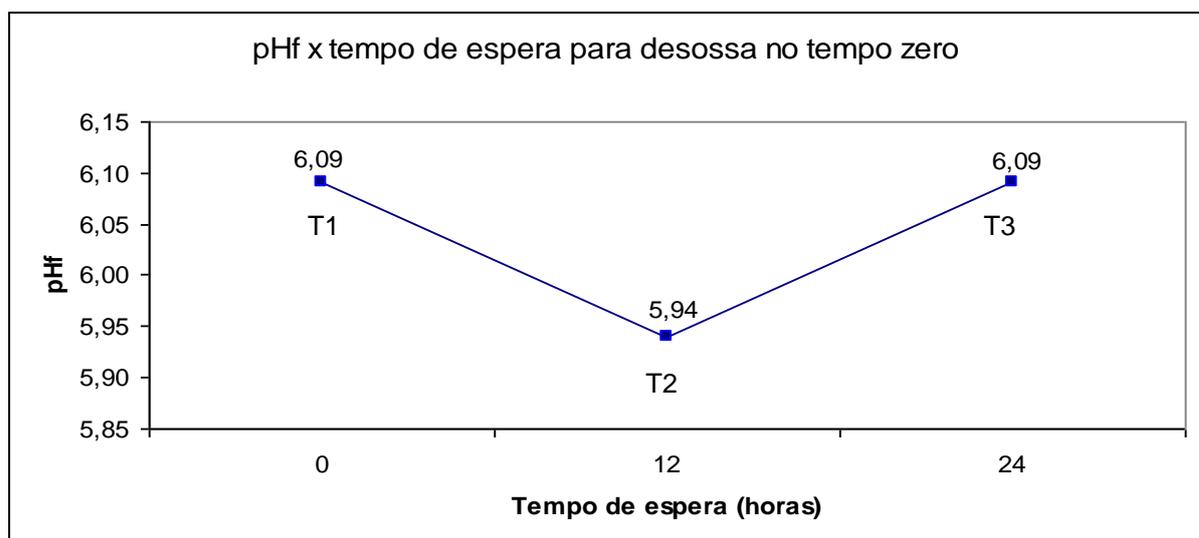


Figura 6 – Comportamento do pHf dos tratamentos com tempo de desossa zero em relação aos tempos de espera de zero, 6 e 12 horas.

O pH de 5,9 é um indicativo da instalação do *rigor mortis* em peito de frango (BRESSAN; BERAQUET, 2004). Os dados de comportamento do pH_i demonstrado na Figura 05 e do pH_f para o tempo de desossa zero demonstrado na Figura 6 sugerem que o peito de frango deste estudo atingiu a instalação do *rigor mortis* no tempo de 6 horas, onde atingiu pH final de aproximadamente 5,9. Logo, apenas o tratamento 1, tempo de desossa zero e tempo de espera zero, foi processado antes da instalação do *rigor mortis*.

Para os tempos de desossa de 6 e 12 horas, não houve diferença significativa de pH_f com aumento do tempo de espera de zero, 12 e 24 horas.

Scatolini (2006) relataram queda de pH promovida pelo aumento de tempo de maturação, causando desnaturação das proteínas prejudicando a capacidade de retenção de água do músculo. O pH afeta as cargas das proteínas, conseqüentemente afetando a capacidade de retenção de água da carne. O ponto isoelétrico das proteínas miofibrilares é aproximadamente de pH de 5,0. Um aumento ou redução nesse valor resulta em maior quantidade de cargas negativas ou positivas nas proteínas, respectivamente. Isso provoca aumento na repulsão dos miofilamentos e aumento do espaçamento entre as ligações cruzadas, que resulta em uma maior capacidade de retenção de água (BERTRAM *et al.*, 2003). No presente trabalho observou-se queda do pH nas primeiras horas de maturação, porém tempos adicionais trouxeram posterior aumento, afastando do pH do ponto isoelétrico, favorecendo assim a capacidade de retenção de água.

O percentual de salmoura absorvida no tampleamento em cada tratamento foi avaliado. O tratamento 1, tempo de maturação zero, apresentou o menor valor de absorção. Os resultados variaram de 95,14% até 97,26%, porém estatisticamente os resultados não apresentam diferença significativa. Este resultado concorda com o relato de Young e Lyon (1997), que mostraram em seu trabalho que os tempos *postmortem* testados de 0, 2, 3 e 4 horas não impactaram na absorção de salmoura, tanto salmoura formulada com água e sal quanto formulada com água, sal e fosfato. O trabalho realizado por Voltapo (2005) mostrou que o resultado de rendimento de cozimento foi melhor para 12% de salmoura aplicada sobre peito de frango do que 15%, indicando que a matriz protéica da carne não retém parte da salmoura absorvida. Avaliando o resultado encontrado na tabela 2, a média de absorção foi de 96,6%, isto significa que do total de 15% de salmoura adicionada sobre a quantidade de carne, a salmoura absorvida foi de aproximadamente 11,6%, concordando com o

resultado apresentado por Voltapo (2005). Scatolini *et al.* (2006), compararam a perda de peso por descongelamento de peitos de frango maturados por 0, 2, 4, 6, 8 e 24 horas, e não encontraram diferença significativa entre eles, todos os tratamentos apresentaram perda de descongelamento de 3 a 4%, mantendo 96 a 97% da salmoura absorvida. O percentual de salmoura absorvida no presente estudo, aproximadamente 96% em 60 minutos de tumbleamento, foi superior do que a absorção encontrada por Young e Smith (2004) de 92,4% em tempo de tumbleamento de 30 minutos. Young e Lyon (1997) encontraram em seu trabalho absorção de aproximadamente 94% com tumbleamento de 30 minutos. Provavelmente, o tempo de tumbleamento exerceu efeito positivo sobre a absorção de salmoura, uma vez que o trabalho mecânico exercido foi maior.

4.2 Efeitos dos tempos de desossa e tempos de espera nas perdas de cozimento e no aumento de espessura do peito de frango no cozimento

Os resultados encontrados para perda de cozimento em relação aos tratamentos de maturação (tempo de desossa, tempo de espera) e aumento de espessura do peito de frango durante o cozimento estão demonstrados na Tabela 3.

O tratamento 1 não foi maturado (tempo de desossa zero e tempo de espera zero). Observou-se que, para os mesmos parâmetros de cozimento (tempo, temperatura e velocidade de ar) a temperatura interna ao final do cozimento no interior do produto foi de 74,67°C, significativamente mais baixa que os demais tratamentos, que atenderam temperatura entre 78 e 80°C, não atendendo assim temperatura mínima requerida para este processo de 78°C, conforme mostrado na Tabela 3.

Tabela 3 - Perda de cozimento e aumento de espessura no cozimento nos peitos de frango marinados submetidos à diferentes tempos de maturação.

Tratamento	TD (horas)	(TE) (horas)	PC (%)	Tf (°C)	AE (%)
1	0	0	17,78±0,67 ^a	74,6±1,03 ^a	93,75±13,75 ^a
2	0	12	23,89±0,40 ^b	80,2±1,83 ^b	68,37±3,06 ^b
3	0	24	22,12±0,95 ^c	78,7±1,37 ^b	55,88±5,88 ^b
4	6	0	22,97±0,88 ^c	80,5±1,38 ^b	49,02±4,49 ^b
5	6	12	21,16±0,20 ^d	78,5±2,26 ^b	51,89±4,32 ^b
6	6	24	19,95±0,21 ^e	79,5±1,00 ^b	61,70±4,48 ^b
7	12	0	22,65±0,32 ^c	79±1,00 ^b	52,04±6,37 ^b
8	12	12	21,00±0,59 ^{ed}	79,8±0,98 ^b	47,22±5,56 ^b
9	12	24	19,49±1,15 ^e	78,5±2,17 ^b	54,90±4,49 ^b

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre as médias encontradas.

TD = tempo de maturação antes da desossa; TE = tempo de espera depois da desossa; PC(%) = perda de peso no cozimento; Tf (°C) = temperatura final no centro do produto; AE (%) = aumento de espessura no cozimento.

Observou-se também que o aumento de espessura durante o cozimento foi significativamente maior que os demais tratamentos (93,75% de aumento de espessura no tratamento 1 e variação de 44,22% a 68,37% nos demais tratamentos), demonstrando que o encolhimento da fibra foi maior no tratamento 1. A Figura 7 demonstra a diferença de espessura entre o peito do frango sem maturação em relação ao tratamento maturado. A remoção do músculo de peito de frango da carcaça antes do período *postmortem* resulta em perda de área com subsequente aumento de espessura (PAPA; LYON, 1989). Os demais tratamentos não apresentaram diferença significativa de aumento de espessura. Os tratamentos 2 e 3, apesar de terem sido removidos da carcaça no tempo zero, antes do período *post mortem*, foram submetidos aos tempos de espera de 12 e 24 horas antes do processamento. Este tempo de maturação permitiu a finalização do *rigor mortis*, conforme demonstrado na discussão da seção 4.1.



Figura 7 – Espessura do peito de frango com tempo de desossa e tempo de espera zero em relação ao peito com 12 horas de tempo de espera.

A alta espessura do produto no tratamento 1 pode ter ocasionado a grande diferença de temperatura ao final do cozimento. Observou-se também que, devido à temperatura final no tratamento 1 ser significativamente mais baixa do que os outros tratamentos, a perda de peso no cozimento do tratamento 1 (17,78%) foi menor que nos demais tratamentos (19,49% a 23,89%). O tratamento não atendeu o padrão mínimo de temperatura requerida para este processo, logo este tratamento não foi considerado nas análises estatísticas de perda de cozimento em relação aos tempos de desossa e espera.

Com base nos resultados da Tabela 3, observou-se que os tratamentos de maturação exerceram influência estatisticamente significativa sobre a perda de peso durante o cozimento. A maior perda de peso no cozimento ocorreu para o tratamento 2, onde a maturação foi realizada apenas após desossa, no tempo de 12 horas. Não houve diferença significativa entre os tratamentos 3 (24 horas), 4 (6 horas), e 7 (12 horas), mostrando que o processo apresentou mesma perda de peso no cozimento para maturação de 24 horas após desossa e 6 ou 12 horas antes da desossa. A partir dos resultados obtidos no planejamento experimental, foi construído o gráfico de curva de contorno, mostrado na Figura 8.

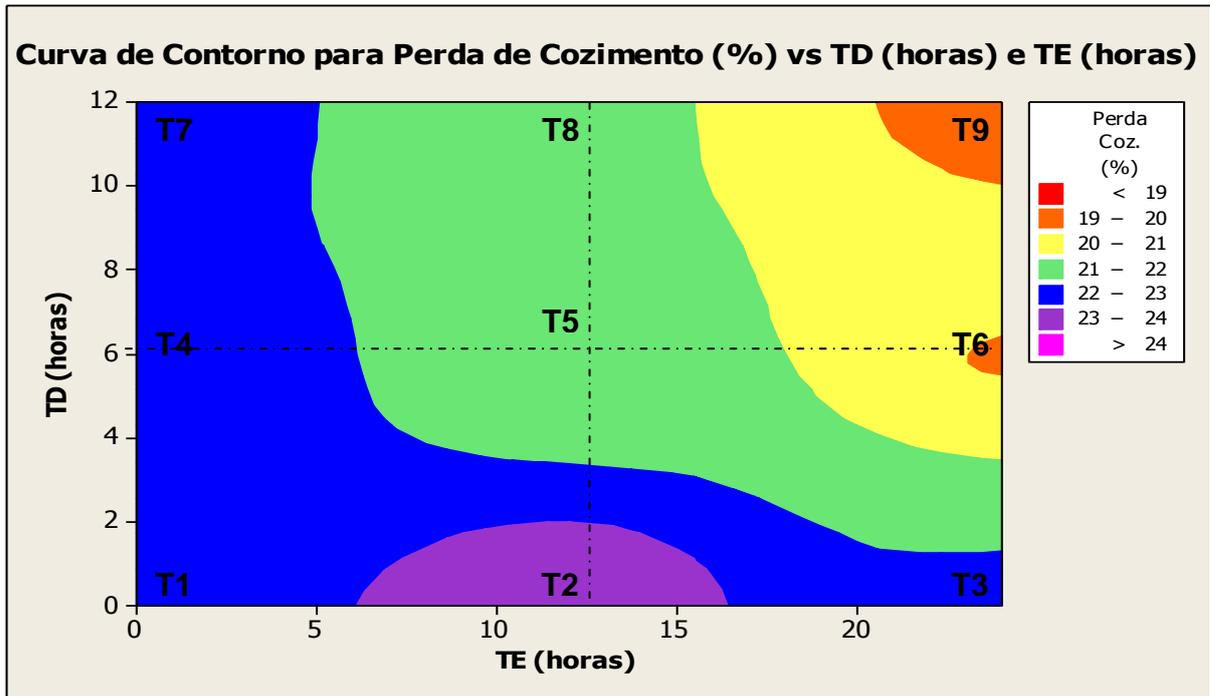


Figura 8 - Curva de contorno para perda de cozimento para os efeitos tempo de desossa e tempo de espera após desossa.

Fonte: Minitab 15

TD = tempo de desossa; TE = tempo de espera.

T1 a T9 = tratamentos de 1 a 9.

Observou-se que as menores perdas de peso no cozimento ocorreram nos peitos maturados nos tempos de desossa de 6 horas ou 12 horas, combinados com tempo de espera de 24 horas (tratamentos 6 e 9).

Independente do tempo de espera (TE), não houve diferença significativa para perda de cozimento para os tempos de desossa de 6 ou 12 horas, resultado demonstrado na Tabela 3 e no gráfico da Figura 9 comparando-se os tratamentos 4 e 7, 5 e 8, 6 e 9. Houve diferença significativa de perda de cozimento entre tempo de desossa zero e os demais tempos. As perdas de cozimento foram menores para os tratamentos que foram submetidos a tempos de desossa de 6 ou 12 horas, conforme demonstrado na Figura 9.

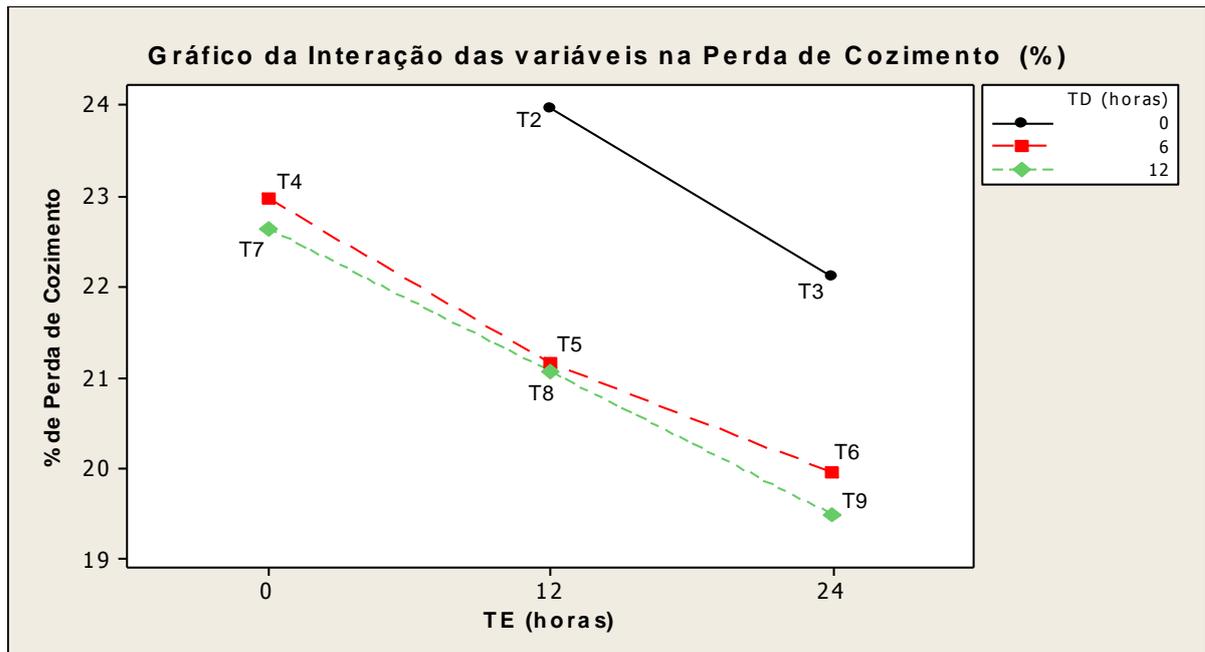


Figura 9 - Perda de cozimento em relação ao tempo de desossa (TD) e tempo de espera (TE).

Avaliando os resultados demonstrados da Figura 9 observou-se que para tempo de desossa de 6 horas (T4, T5, T6) ou 12 horas (T7, T8, T9) ocorreu queda significativa na perda de cozimento conforme aumento do tempo de espera de zero para 24 horas.

Para o mesmo tempo de maturação total (soma do tempo de desossa com o tempo de espera em cada tratamento) a perda de cozimento foi menor quando a maturação foi realizada antes da desossa, evidenciado pela comparação dos tratamentos 2 e 7 ou dos tratamentos 3 e 8. Ambos os tratamentos 2 e 7 foram submetidos ao tempo de maturação total de 12 horas, sendo que no tratamento 2 este tempo foi realizado antes da desossa (TD zero; TE 12 horas) enquanto no tratamento 7 este tempo foi realizado após a desossa (TD 12 horas; TE zero) e observou-se menor quebra de peso no cozimento no tratamento 7 (22,54%) em relação ao tratamento 2 (23,89%). Observou-se o mesmo comportamento comparando-se os tratamentos 3 (TD zero; TE 24 horas) e 8 (TD 12 horas; TE 12 zero), onde ambos foram submetidos ao mesmo tempo total de maturação de 24 horas, porém a perda no tratamento 8 (21,00%) foi menor em relação ao tratamento 3 (22,12%). Estes resultados sugerem que a maturação realizada antes da desossa,

ou seja, em contato com a carcaça, foi mais efetiva para redução de perda de peso no cozimento que a maturação realizada após a desossa. Esta observação foi reportada por Lyon *et al.* (1992) que constataram que o tempo de maturação *post mortem* realizado na carcaça (tempo de desossa) foi mais crítico para a maciez da carne do que o tempo de espera após a remoção do músculo da carcaça, porém estes autores não encontraram diferença significativa entre tempo de desossa e tempo de espera na perda de cozimento.

Analisando as perdas de cozimento em relação ao tempo total de maturação de cada tratamento (soma do tempo de desossa com tempo de espera), observou-se 3 grupos de resultados – um patamar entre 6 e 12 horas, outro entre 18 e 24 horas, e outro entre 30 e 36 horas, conforme demonstrado na Tabela 4. Os resultados mostraram que a perda de peso no cozimento é reduzida com aumento do tempo de maturação total.

Tabela 4 - Perda de cozimento em relação ao tempo total de maturação.

MT (horas)	6	12	18	24	30	36
PCm (%)	22,97±0,88 ^a	23,27±0,75 ^a	21,16±0,20 ^b	21,56±0,94 ^b	19,95±0,21 ^c	19,49±1,15 ^c

Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre as médias encontradas

MT = tempo de maturação total, somando tempo de desossa e tempo de espera; PCm (%) = médias das perdas de cozimento entre os tratamentos com mesmo tempo de maturação total.

O fator de correlação na perda de cozimento em relação ao tempo de desossa, tempo de espera e tempo de maturação total mostrou que o fator que apresentou maior valor de correlação foi o tempo total de maturação, mostrando o efeito sinérgico dos dois métodos de maturação, como mostra a Figura 10 e Tabela 5.

A linha plotada no gráfico de Efeito Principal representa a perda média de peso no cozimento entre todos os tratamentos. Os pontos abaixo da linha de média representam os tratamentos com menor perda.

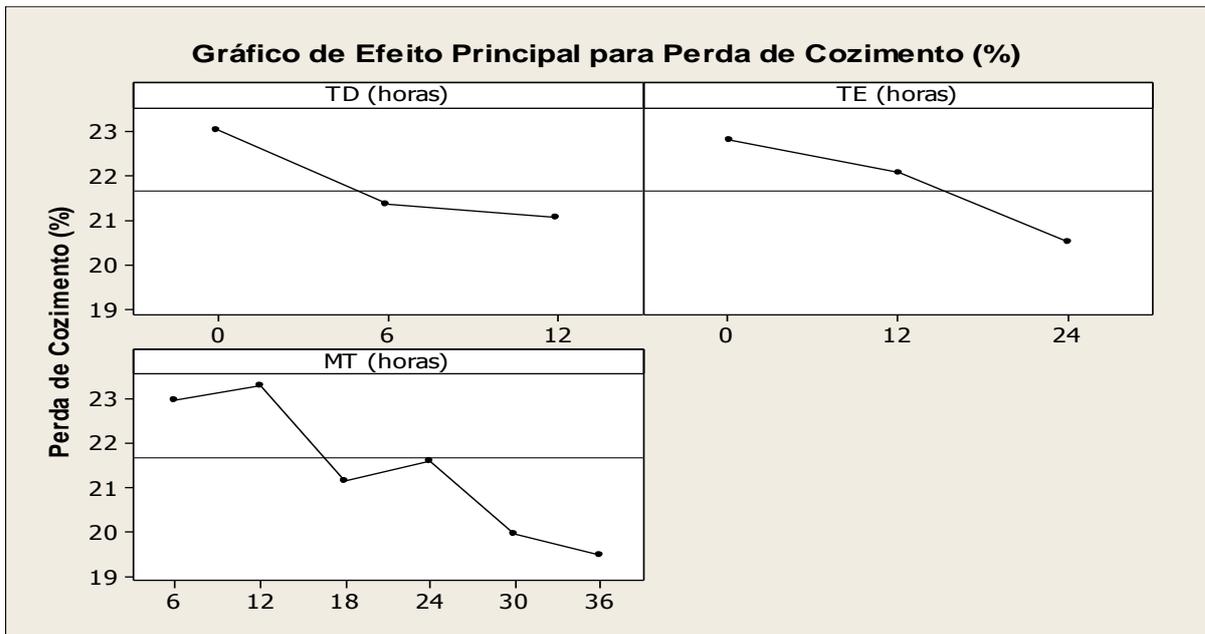


Figura 10 - Gráfico de efeito principal na perda de cozimento.

TD = tempo de maturação antes da desossa; TE = tempo de espera depois da desossa;
 MT = tempo de maturação total, somando tempo de desossa e tempo de espera;

Tabela 5 - Fator de correlação entre perda de cozimento e tempo de desossa (TD), tempo de espera (TE) e tempo de maturação total (MT).

Efeito	TD (horas)	TE (horas)	MT (horas)
PC (%)	-0,474	-0,596	-0,825

PC (%) = perda de peso no cozimento; TD = tempo de maturação antes da desossa; TE = tempo de espera depois da desossa; MT = tempo de maturação total, somando tempo de desossa e tempo de espera;

Os resultados encontrados de redução da perda de peso no cozimento com o aumento do tempo de maturação estão de acordo com resultados reportados por outros autores. Northcutt *et al.* (2001), reportaram que filés desossados imediatamente após resfriamento apresentaram rendimento de cozimento mais baixo em relação a filés desossados após 2, 4 ou 6 horas. Liu *et al.* (2004) avaliaram a influência de maturação pré-desossa de 2, 4, 6 e 24 horas no rendimento de cozimento e observaram aumento de rendimento com o aumento de tempo. Huevo *et al.* (2007) observaram redução de perda de cozimento entre filés maturados por 0

ou 24 horas antes da desossa e Battula *et al.* (2008) observaram esta redução entre 0,75 e 4 horas de maturação antes da desossa. No presente trabalho foi observado aumento de rendimento de cozimento com aumento do tempo de desossa de zero para 6 horas, porém o aumento deste tempo até 12 horas não trouxe diferenças significativas. Alvarado e Sams (2004) encontraram resultados semelhantes ao presente estudo, a perda de peso no cozimento encontrada foi de 23,58% para filés maturados por 3 horas antes da desossa e 19,56% para filés maturados 6 horas antes da desossa.

Outros estudos apresentaram conclusões diferentes da influência do tempo de maturação sobre o rendimento de cozimento. Alguns autores relatam que o tempo de maturação não exerceu influência sobre a perda de cozimento (ZOCCHI e SAMS, 1999; VOLPATO, 2005; SOUZA *et al.*, 2005; SANFELICE *et al.*, 2010; KOMIYAMA, 2009; SCATOLINI *et al.*, 2006). Outros autores observaram que o tempo de maturação aumentou as perdas de cozimento (LYON; BILGILI; DICKENS, 1997; PAPINAHO; FLETCHER, 1996; YOUNG; BUHR; LYON, 1999; PETRACCI, FLETCHER; NORTHCUTT, 2001).

Um efeito comprovado da maturação é o aumento do espaçamento entre as fibras musculares conforme demonstrado no trabalho de Komiyama (2009). Durante o cozimento, o encolhimento das fibras exerce pressão sobre a água livre localizada entre as fibras, forçando a saída da mesma por evaporação. Nos tratamentos com maior tempo de maturação (T6 e T9), provavelmente o espaçamento entre as fibras foi maior, assim a pressão exercida sobre a umidade foi menor, resultando em menor perda de cozimento nos tratamentos com maior tempo de maturação.

4.3 Efeito da maturação sobre a qualidade sensorial e Força de Cisalhamento do peito de frango marinado, cozido e congelado

4.3.1 Efeito da maturação sobre a cor do peito de frango cozido

Os resultados de cor apresentaram diferença significativa ($P \leq 0,05$) quanto aos tratamentos de maturação (Tabela 6). Os resultados, avaliados em relação ao

tempo de desossa de zero, 6 ou 12 horas, não apresentaram diferença significativa entre si, demonstrando que o tempo de maturação antes da desossa não influenciou a cor final percebida pelos avaliadores. Avaliaram-se os resultados de cor em relação ao tempo de espera e constatou-se que houve diferença significativa apenas entre 24 horas e os demais tempos (zero e 12). O maior tempo de armazenamento antes do processamento (24 horas, tratamentos T3, T6 e T9) impactou em perda de cor do produto, que foi avaliado como ligeiramente mais claro que o padrão, evidenciada pelas notas sensoriais recebidas por estes tratamentos na Tabela 6.

Tabela 6 – Resultados de análise sensorial e Força de Cisalhamento.

Tratamento	Cor	Sabor	Suculência	Maciez	FC (kgf)
1	5,23±0,43 ^a	3,83±0,85 ^a	3,82±1,47 ^a	1,77±0,75 ^a	5,22±2,18 ^a
2	4,59±0,59 ^b	4,89±1,04 ^b	4,41±1,14 ^b	5,22±1,15 ^b	0,83±0,43 ^b
3	4,41±0,80 ^c	4,36±0,85 ^b	4,50±0,74 ^b	5,59±0,96 ^c	0,82±0,27 ^b
4	4,70±0,66 ^b	4,45±0,60 ^b	4,50±1,00 ^b	4,75±1,07 ^d	1,00±0,32 ^b
5	5,14±0,77 ^a	4,18±0,85 ^b	4,65±0,90 ^b	4,64±1,14 ^d	1,03±0,31 ^b
6	4,23±0,69 ^c	4,23±0,75 ^b	4,82±0,80 ^b	5,50±0,74 ^c	0,77±0,27 ^b
7	5,18±0,73 ^a	4,27±0,46 ^b	4,41±0,96 ^b	5,23±0,75 ^b	0,83±0,27 ^b
8	5,00±0,56 ^{ab}	4,05±0,94 ^b	4,45±0,76 ^b	4,75±0,91 ^d	0,64±0,17 ^b
9	4,23±0,75 ^c	4,73±0,70 ^b	4,18±0,85 ^b	5,36±0,90 ^c	1,02±0,38 ^b

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre as médias encontradas

FC (kgf) = média de força de cisalhamento encontrada para cada tratamento.

O resultado encontrado está de acordo com resultados reportados por Scatolini *et al.* (2006), que concluíram que o aumento do tempo de espera de 5 para 24 horas resultou em carnes mais pálidas. Outros autores também relataram aumento da luminosidade e redução de pigmentação vermelha e amarela do peito de frango com o tempo de maturação, observando impactos mais significativos após 24 horas (PERLO *et al.*, 2010; SOUZA *et al.*, 2005; HUEZO *et al.*, 2007).

4.3.2 Efeito da maturação sobre o sabor e suculência do peito de frango cozido

Pela análise estatística dos dados, observou-se que apenas o tratamento 1 apresentou diferença significativa em relação aos demais, nos atributos de sabor e suculência, apresentando a menor nota de todos os tratamentos, como mostrado na Tabela 06. Pela média de nota sensorial recebida, este tratamento foi classificado como moderadamente a ligeiramente inferior ao padrão em relação ao sabor e como moderadamente a ligeiramente menos suculento, ou mais seco. Apesar de estaticamente as absorções de salmoura obtidas não diferirem entre si, o tratamento 1 (tempo zero de desossa e espera) foi o que apresentou menor absorção de salmoura (Tabela 02). Este fato pode ter impactado tanto na suculência quanto no sabor do produto. Este resultado discorda de Volpato (2005) que não encontrou diferença significativa de sabor entre peitos maturados por zero ou 24 horas antes da marinação.

Para os tratamentos maturados (tratamento 02 a 09), o tempo de maturação não afetou o sabor percebido. Este resultado concorda com Lyon, Lyon e Savage (2003) que não encontraram diferença de sabor entre peitos de matrizes de frango não marinados, cozidos e maturados por 2, 4, 8 ou 24 horas.

4.3.3 Efeito da maturação sobre a maciez e força de cisalhamento do peito de frango cozido

Observou-se pelos resultados da Tabela 6 que o tratamento 1, onde o tempo de desossa e tempo de espera foram zero, apresentou textura menos macia que os demais tratamentos, sendo classificado sensorialmente como textura extremamente a muito menos macia em relação ao padrão e valor de força de cisalhamento significativamente maior. Segundo Fletcher (1999) se o músculo é removido da carcaça antes da resolução do *rigor mortis*, as fibras musculares irão contrair-se e encurtar o músculo, resultando em uma carne menos macia. Os tratamentos 1, 2 e 3 foram removidos da carcaça no mesmo tempo, porém o tratamento 1 foi marinado e cozido logo após desossa, enquanto os tratamentos 2 e 3 foram processados após

12 e 24 horas, respectivamente. Estes tempos de espera permitiram o desenvolvimento da maturação e conseqüente amaciamento da carne.

O resultado encontrado está em concordância com outros autores (LYON *et al.*, 1992; NORTHCUTT *et al.*, 2001; PAPINAHO; FLETCHER, 1996; LIU *et al.*, 2004; PETRACCI; FLETCHER; NORTHCUTT, 2001; SOUZA *et al.*, 2005; HUEZO *et al.*, 2007; BATTULA *et al.*, 2008; THIELKE; LHAFI; KUHNER, 2005) que relataram aumento da maciez conforme aumento de tempo de maturação antes e após a desossa.

Para tempo de desossa zero, observou-se que o tempo de espera exerceu influência sobre a maciez e força de cisalhamento, como se pode constatar pelos gráficos das Figuras 11 e 12 e pelo resultado mostrado na tabela 6, que mostrou diferença estatística entre os tratamentos 1, 2 e 3. Este resultado está em desacordo com a pesquisa publicada por Lyon *et al.* (1992) que relataram que o tempo de espera dos filés após desossa de zero, 12 ou 24 horas não trouxe nenhuma diferença na força de cisalhamento e Volpato (2005) que relatou não haver diferença em maciez sensorial entre espera após desossa de zero e 24 horas.

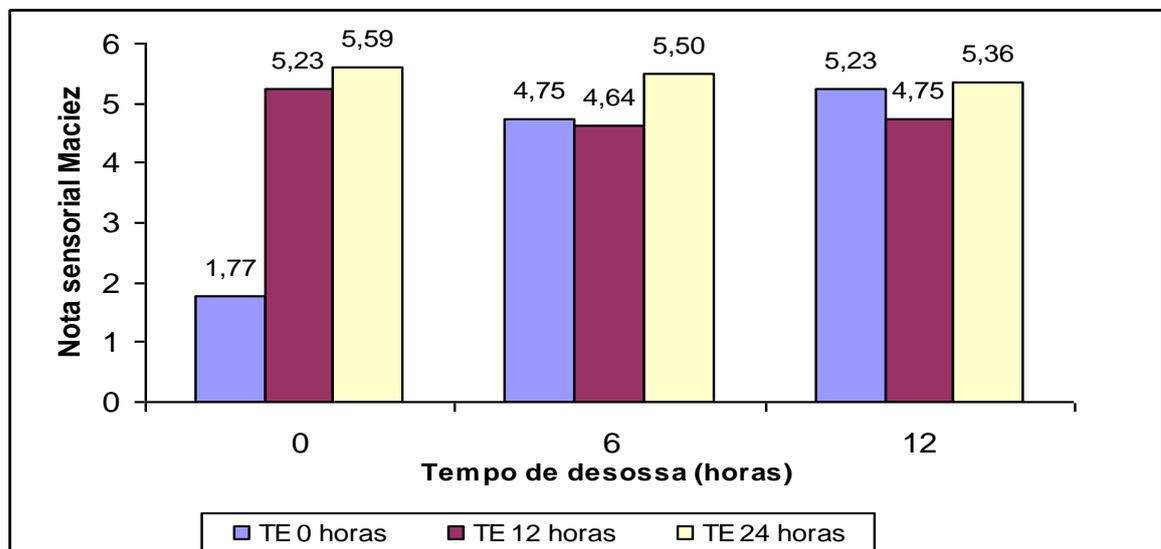


Figura 11 – Influência dos tratamentos de maturação da nota sensorial de maciez. TD = tempo de desossa do peito de frango; TE = tempo de esperado peito de frango após desossa.

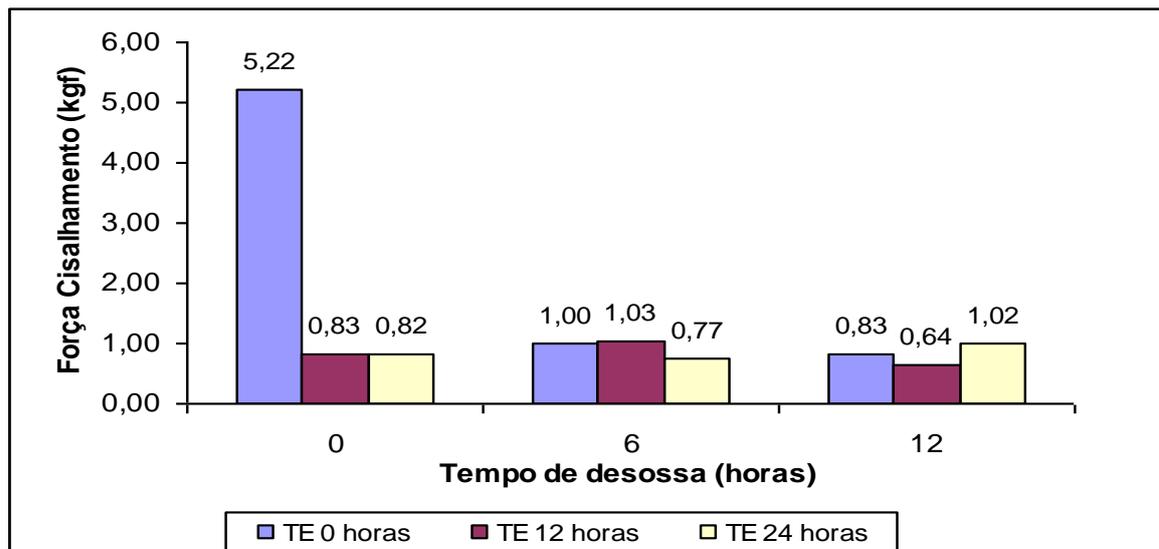


Figura 12 – Influência dos tratamentos de maturação na força de cisalhamento.

TD = tempo de desossa do peito de frango; TE = tempo de esperado peito de frango após desossa.

O resultado de melhoria de maciez com aumento de tempo de espera para os tratamentos com tempo de desossa zero (T1, T2 e T3) concorda em partes com o reportado por Komiyama *et al.* (2009), que encontraram diferença significativa na força de cisalhamento entre filés com tempo de espera de 12 e 24 horas, porém não encontraram diferença significativa entre zero e 12 horas, em peito de frango de matrizes. Resultados semelhantes foram relatados por Kriese *et al.* (2005 apud KOMIYAMA *et al.*, 2009), que constataram redução na força de cisalhamento entre filés com tempo de espera em refrigeração de zero, 8, 12, 24, 48 e 72 horas e por Scatolini *et al.* (2006), que encontraram queda significativa na força de cisalhamento entre os tempos de desossa de 5 e 24 horas. Tal fato pode estar ligado à ação das enzimas proteolíticas (calpaínas), responsáveis pela degradação dos componentes das miofibrilas, levando assim a um aumento na maciez da carne (SCATOLINI *et al.*, 2006). Perlo *et al.* (2010) encontraram diferenças significativas de força de cisalhamento entre tempos de desossa de zero e 6 horas, para peito de frango marinado. Thielke, Lhafi e Kuhner (2005) sugeriram tempo de desossa de pelo menos 6 horas para obter textura macia.

Em relação aos tempos de desossa de 6 ou 12 horas, os resultados mostraram que não houve diferença significativa, indicando que o tempo adicional de 6 horas de maturação em contato com a carcaça não trouxe benefícios adicionais

em maciez da carne. Independentemente do tempo de desossa, os melhores resultados de maciez foram obtidos com 24 horas de tempo de espera, sendo os tratamentos 3, 6 e 9 que utilizaram este tempo sendo classificados como ligeiramente mais macios que o padrão. Os tratamentos 6 e 9 foram os que resultaram em menores perdas de cozimento.

Na análise de maciez objetiva (força de cisalhamento), observou-se que apenas o tratamento 1 (não maturado) apresentou-se estatisticamente diferente dos demais. Estes resultados concordam com Perlo *et al.* (2010), que não encontraram diferença significativa de força de cisalhamento entre 6 e 24 horas, para peito de frango marinado, e Young, Buhr e Lyon (1999), que estudaram a influência do tempo de desossa de 0, 2, 4 e 6 horas em peito de frango marinado com sal e encontraram diferença significativa apenas do tempo zero para os demais tempos.

4.4 Efeito da maturação sobre as características físico-químicas do peito de frango cozido

A Tabela 7 traz os resultados físico-químicos de pH, teor de sal, teor de umidade, teor de proteína e teor de lipídeos avaliados do produto final, após cozimento e congelamento.

Os valores de pH encontrados não apresentaram diferença significativa entre si ($P > 0,05$). Observou-se aumento de pH no produto final em relação ao pH medido antes do tambeamento (média 6,09 e 6,33, respectivamente). Volpato (2005) relatou resultado semelhante em seu trabalho, onde avaliou pH do peito de frango antes do cozimento, após cozimento e após congelamento, encontrando aumento significativo de pH após cozimento e congelamento, em relação ao pH medido antes do cozimento (pH entre 5,86 a 5,97 antes do cozimento e pH entre 6,12 a 6,17 após cozimento e congelamento), porém os valores encontrados de pH, tanto antes como após o cozimento, foram menores do que os resultados encontrados no presente trabalho. Alvarado e Sams (2004) observaram que a marinação com sal aumenta o pH e a intensidade iônica, aumentando a habilidade do músculo em reter água durante o cozimento.

Tabela 7 – Composição centesimal e pH do peito de frango marinado, cozido e congelado.

Tratamento	pH	Sal (%)	Umidade (%)	Proteína (%)	Lípídeo (%)
1	6,42 ^a	0,78 ^a	71,63 ^a	26,49 ^a	*
2	6,26 ^a	0,97 ^a	71,43 ^a	26,77 ^a	*
3	6,37 ^a	0,87 ^a	70,56 ^a	26,65 ^a	*
4	6,37 ^a	0,85 ^a	71,47 ^a	26,14 ^a	*
5	6,21 ^a	0,81 ^a	71,52 ^a	26,40 ^a	*
6	6,30 ^a	0,85 ^a	70,37 ^a	27,40 ^a	1,59
7	6,24 ^a	0,85 ^a	70,56 ^a	27,25 ^a	*
8	6,50 ^a	0,82 ^a	71,80 ^a	25,26 ^a	*
9	6,33 ^a	0,92 ^a	71,49 ^a	25,90 ^a	*

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre as médias encontradas. *não avaliado

Os resultados de análise de sal variaram entre 0,75 e 0,92%, sendo que o menor valor de teor de sal encontrado foi no tratamento 1. Todos os tratamentos foram marinados com o mesmo percentual de sal em salmoura, porém este tratamento apresentou menor absorção de salmoura, o que pode ter reduzido a absorção de sal. Sensorialmente, este tratamento foi avaliado como ligeiramente inferior ao padrão, o que pode ser explicado pelo menor teor de sal detectado na análise físico-química. O maior teor de sal encontrado (0,92%) ocorreu na amostra de maior maturação.

Os valores de umidade encontrados variaram entre 70,37% a 71,8%. Os valores de teor de proteína encontrados variaram de 25,26% a 27,40%. Os tratamentos não apresentaram diferença significativa entre si nas análises de umidade e proteína. O percentual inicial de umidade em peito de frango é de aproximadamente 76% e de proteínas de aproximadamente 21,5% (BARBANTI; PASQUINI, 2005). Para a linhagem Cobb, a umidade inicial pode variar de 73,82% a 75,57%, conforme reportado por Vieira *et al.* (2007) e Souza *et al.* (2005). Observou-se que o cozimento reduziu o teor inicial de umidade no produto e elevou seu conteúdo de proteína, contribuindo assim para os valores nutricionais do produto. O teor de umidade é o componente de maior variação na carne de peito de

frango, assim como a quantidade de proteínas, sendo a quantidade dos dois fatores inversamente proporcional (LAWRIE, 2005). Este resultado está de acordo com o relato do estudo de Vieira *et al.* (2007) que encontraram redução de umidade inicial de 73,82% para 69,53% para peito de frango cozido em água com perda de peso em cozimento de 17,7%. No presente trabalho, a umidade final encontrada foi maior, média 71,23% apesar de maiores perdas de cozimento, provavelmente pela absorção de umidade da salmoura. Peitos de frango da linhagem Cobb apresentam teor de proteína inicial de 23,76%, conforme relatado por Vieira *et al.* (2007). Assim como no trabalho citado, observou-se concentração das proteínas (25,26% a 27,40%) ocasionada pela redução de umidade. Não foram avaliados os teores de umidade e proteína antes do cozimento neste estudo, desta forma tornou-se inviável avaliar o impacto dos tratamentos de maturação nos teores de umidade e proteína no produto final, após cozimento e congelamento.

Visto que os tratamentos de maturação não influenciaram os parâmetros físico-químicos de umidade e proteína, avaliou-se teor de lipídeo de um tratamento como referência. O valor encontrado de 1,59% encontra-se próximo ao relatado por Vieira *et al.* (2007) que relataram teor de lipídeos de 1,17% para peito linhagem Cobb cozido em água.

5 CONCLUSÕES

O tempo maturação antes da desossa influenciou o pH inicial (medido logo após desossa), havendo redução de pH de zero para 6 horas, onde o peito de frango atingiu a resolução do *rigos mortis*. O aumento de tempo de desossa de 6 para 12 horas levou a um aumento de pH. Para os tratamentos com tempo de desossa zero, observou-se declínio do pH até 12 horas, com aumento de 12 para 24 horas.

Os tempos de maturação não influenciaram a absorção de salmoura do peito de frango durante o tumbleamento.

Os tempos de desossa, os tempos de espera e os tempos de maturação total influenciaram as perdas de peso por cozimento.

Observou-se queda nas perdas de cozimento entre os tempos de desossa de zero e 6 horas, porém nenhuma diferença foi observada entre 6 e 12 horas, concluindo-se que 6 horas de maturação na carcaça já são suficientes para reduzir as perdas de cozimento.

O aumento do tempo de espera de zero para 12 ou 24 horas acarretou em redução de perda de peso, independente do tempo de desossa.

Os melhores resultados de perda de peso no cozimento foram obtidos para 6 ou 12 horas de tempo de desossa, combinamos com 24 horas de tempo de espera.

A perda de cozimento diminuiu com aumento do tempo total de maturação.

A maturação influenciou no encolhimento das fibras durante o cozimento, evidenciado pelo aumento de espessura dos peitos de frango.

A maturação exerceu influência sobre os atributos sensoriais da carne de frango. Concluiu-se que seis horas de maturação antes da desossa são suficientes para atender a maciez desejada.

A análise de força de cisalhamento mostrou que houve diferença significativa entre os peitos de frango não maturados e maturados, mas as variações de tempos de maturação não influenciaram significativamente.

Os atributos físico-químicos avaliados do produto final não foram afetados pelos tratamentos de maturação.

Os melhores resultados de perda de cozimento e maciez foram obtidos para maturação antes da desossa por 6 ou 12 horas, seguidos de maturação após desossa por 24 horas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

UBABEF – ASSOCIAÇÃO BRASIELIRA DOS PRODUTORES E EXPORTADORES DE FRANGOS, Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frangos. **Estatísticas**. Disponível em: <http://www.abef.com.br>. Acessado em setembro de 2010.

ABERLE, E.D.; FORREST, J.C.; GERRARD, D.E.; MILLS, D.E.; HEDRICK, H.B.; JUDGE, M.D.; MERKEL, R.A. **Principles of meat science**. 4 ed. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company, 2001, 354 p.

ALVARADO, C.Z.; SAMS, A.R. Injection marination strategies for remediation of pale, exudative, broiler breast meat. **Poultry Science**. v. 82, p. 1332-1336, 2003.

ALVARADO, C.Z.; SAMS, A.R. Early *postmortem* injection and tumble marination effects on broiler breast meat tenderness. **Poultry Science**. v. 83, p. 1035-1038, 2004.

ALVARADO, C.; MCKEE S. Marination to improve functional properties and safety of poultry meat. **Journal of Applied Poultry Research**. v.16, p. 113 – 120, 2007.

AOAC- **Official Methods of Analysis** – 18th –Official Method 992.15 Crude protein in meat and meat products including pet foods. Ed. 2005 – Revisão 2, 2007.

AOAC- **Official Methods of Analysis** – 18th –Official Method 950.46 Moisture in meat. Ed. 2005 – Revisão 2, 2007.

AOAC- **Official Methods of Analysis** – 18th –Official Method 991.36 Fat (crude) in meat and meat products – solvent extraction (submersion). Cap. 39, p.3 Ed. 2005 – Revisão 2, 2007.

AVESITE - **Estatísticas e Preços – Frango estatísticas**. Disponível em [http:// www.avesite.com.br](http://www.avesite.com.br). Acessado em setembro de 2011.

BABJI, A.S. FRONING, G.W.; NGOKA, D.A. The effect of short-term tumbling and salting on the quality of turkey breast muscle. **Poultry Science**. v.61, p. 300-303, 1982.

BARBANTI, D.; PASQUINI, M. Influence of cooking conditions on cooking loss and tenderness of raw and marinated chicken breast meat. **Food Science and Technology**. v.38, n.8, p. 895-901, 2005.

BARBUT, S.; ZHANG, L.; MARCONE, M. Effects of Pale, Normal and Dark chicken breast meat on microstructure, extractable proteins, and cooking of marinated fillets. **Poultry Science**. v. 84, p.797-802, 2005.

BATTULA, V.; SCHILLING, M.W.; THAXTON, Y.; BEHREND, J.M.; WILLIAMS, J.B.; SCHMIDT, T.B. The Effects of low-atmosphere stunning and deboning time on broiler breast meat quality. **Poultry Science**. v. 87, p. 1202-1210, 2008.

BERTRAM H.C.; ANDERSEN, H.J.; KARLSSON, A.H.; HORN, P.O.; HEDEGAARD, J.; NORGAARD, L.; ENGELSEN, S.B. Prediction of technological quality (cooling loss and Napole Yield) of pork based on fresh meat characteristics. **Meat Science**. v. 65, p. 707-712, 2003.

BRESSAN, M. C.; BERAQUET, N. J. Efeitos de fatores pré-abate sobre a qualidade da carne de peito de frango. **Ciência agrotecnica**. v.26, n.5, p.1049-1059, 2002.

BRESSAN, M. C.; BERAQUET, N. J. Tratamentos de pré-resfriamento e resfriamento sobre a qualidade de carne de peito de frango. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 24, n.2, p. 230-235, 2004.

CASTILLO, C. C. Maciez da carne: *rigor mortis* e maturação na carne de frango. **Avicultura Industrial**. Ed. 1086, n.1, 2001. Disponível em <http://www.aviculturaindustrial.com.br>. Acessado em 07 de dezembro de 2009.

CECCHI, H.M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Editora Unicamp, 2003. Campinas.

CHEN, H.; MARKS, B.P.I.; MURPHY R.Y. Modeling coupled heat and mass transfer for convection cooking of chicken patties. **Journal of Food Engineering**. v.42, p. 139-146, 1999.

COSTA, F. **Tese de Doutorado:** Caracterização do processo de *Rigor Mortis* e da maciez dos músculos *Gastrocnemius E. Pectoralis* e efeito da radiação gama na vida comercial da carne de peru. Niterói: Universidade Federal Fluminense. Centro de Ciências Médicas. Programa de Pós Graduação em Medicina Veterinária. Doutorado em Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de produtos de origem animal, 2006. 145p.

FERNANDES, R.P.P. **Dissertação de Mestrado:** Avaliação da estabilidade física e química e microbiológica de carne ovina embalada à vácuo estocada sob refrigeração e congelamento. Pirassununga: Universidade de São Paulo. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA), 2011.170p.

FLETCHER D.L. Broiler breast meat color variation, pH, and texture. **Poultry Science**, v.78, p.1323-1327, 1999.

GOODWIN, T.L., MANESS, J.B. The influence of marination, weight and cooking technique of tenderness of broiler breast meat. **Poultry Science**, v. 63, p. 1925-1929, 1984.

HAY, J. D.; CURRIE, R. W.; WOLFE, F. H. . The effect of aging on physicochemical properties of actomyosin from chicken breast and leg muscle. **Journal of Food Science**, v. 37, p. 346-350, 1972.

HONGSPRABHAS, P.; BARBUT, S. Effect of pre-heated whey protein level and salt on texture development of poultry meat batters. **Food Research International**, v. 32; p. 145-149, 1999.

HUEZO, R.; NORTHCUTT, J.K.; SMITH, D.P.; FLETCHER, D.L. Effect of Chilling Method and Deboning Time on Broiler Breast Fillet Quality. **Journal of Applied Poultry Research**. v.16, p. 537-545, 2007.

JUDGE, M.D.; ABERLE, E.D.; FORREST, J.C.; GERRARD, D.E.; MILLS, D.E.; HEDRICK, H.B.; MERKEL, R.A. **Principles of meat science**. 4 ed. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company, 2001, 354 p.

KOMIYAMA, C. M. **Tese de Doutorado:** Qualidade da carne de Matriz pesada em final de ciclo de produção e técnica de agregação de valor. Botucatu: Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Programa de Pós Graduação em Zootecnia, 2009. 84p.

KOMIYAMA, C. M.; MARTINS, M.R.F.B.; MENDES, A.A.; SANFELICE, C.; CAÑIZARES, M.C.S.; RODRIGUES, L.; CAÑIZARES, G.I.L.. Avaliação da técnica de maturação sobre a qualidade da carne e estrutura da fibra muscular do peito de matrizes pesadas de descarte de frangos de corte. **Brazilian Journal of Food Technology**. II SSA, p. 89-93, jan. 2009.

KOOHMARAIE, M. Effect of pH, temperature and inhibitors on autolysis and catalytic activity of bovine skeletal muscle μ -calpain. **Journal of Animal Science**, v.70, n.10, p.3071-3080, 1992.

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

LEE, H.L.; SANTÉ-LHOUELIER, V.; VIGOUROUX, S.; BRIAND, Y.; BRIAND, M. Role of Calpains in *Postmortem* Proteolysis in Chicken Muscle. **Poultry Science**. v.87,p. 2126-2132, 2008.

LEMOS, A.L.S.C. Marinação e empanamento. **Avicultura Industrial**, Campinas. Disponível em: <http://www.aviculturaindustrial.com.br/site/dinamica.asp?id=203>. Acessado em janeiro de 2008.

LEONHARDT, C.; SANTOS, H.C.P.; MARCZAK, L.D.F.; NORENA-ZAPATA, C.P. Otimização do cozimento de filé de peito de frango empanado em forno de Injeção direta de vapor. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 24, n.1, p. 43-46, 2004.

LONERGAN E.H., LONERGAN S.M. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of *postmortem* biochemical and structural changes. **Meat Science**. v.71, n.1, p. 194-204, 2005.

LIU, Y.; LYON, B.G.; WINDHAM, WR; LYON C.E.; SAVAGE, E.M. Principal component analysis of physical, color, and sensory characteristics of chicken breast deboned at two, four, six and twenty four hours *postmortem*. **Poultry Science**.v.83, p.101-108, 2004.

LYON, C.E; LYON B.G.; PAPA, C.M.; ROBACH, M.C. Broiler tenderness: Effects of postchill deboning time and fillet holding time. **Journal of Applied Poultry Research**. v.1, p. 27-32, 1992.

LYON, C.E.; BILGILI, S.F.; DICKENS, J.A. Effects of chilling time and belt flattening on physical characteristics, yield, and tenderness of broiler breasts. **Journal of Applied Poultry Research**. v. 6, p. 39-47, 1997.

LYON, B.G.; LYON, C.E. Sensory differences in broiler breast meat due to electrical stimulation, deboning time and marination. **Journal of Applied Poultry Research**. v.9, p. 234-241, 2000.

LYON, B.G.; LYON, C.E; DICKENS, J.A. Effects of carcass stimulation, deboning time, and marination on color and texture of broiler breast meat. **Journal of Applied Poultry Research**. v.7, p.53-60, 1998.

LYON, B.G.; LYON, C.E; SAVAGE, E.M. Effect of postchill deboning time on the texture profile of broiler breeder hen breast meat. **Journal of Applied Poultry Research**. v.12, p. 348-355, 2003.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n. 20**. Cap. V – Métodos Quantitativos – 07b. Cloretos, 1999.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n. 20**. Cap. V – Métodos Quantitativos – 14 Lipídeos, 1999.

MONSÓN, F.; SAÑUDO, C.; SURRE, I. Influence of cattle breed and ageing time on texture meat quality. **Meat Science**, v. 68 p.565-602, 2004.

MORAIS, M.V.T.; AZEVEDO, P.R.A. Fatores extrínsecos que influenciam no amaciamento da carne. **Revista nacional da Carne**. v.16, n. 321, 2003.

MOURA, A.C. **Dissertação de Mestrado**: Efeito da injeção *post mortem* de cloreto de cálcio e tempo de maturação, no amaciamento e perdas por cozimento do músculo *Longissimus dorsi* de animais *Bos indicus* e *Bos taurus* selecionados para ganho de peso. Piracicaba, São Paulo: USP, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1997, 78p.

MURPHY, R.Y.; MARKS, B.P.; MARCY J.A. Apparent specific heat of chicken breast patties and their constituent proteins by differential scanning calorimetry. **Journal of Food Science**. v.63, n.1, p. 88-91, 1998.

NORTHCUTT, J.K; BUHR, R.J.; YOUNG, L.L.; LYON, C.E. WARE. Influence of age and postchill Carcass aging duration on chicken breast fillet quality. **Poultry Science**, v. 80, p. 808-812, 2001.

ODA, S. H. I.; SCHNEIDER, J.P.; SOARES, A.L.; BARBOSA, D.M.L.; IDA, E.I.; OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. . Detecção de cor em filés de peito de frango. **Revista Nacional de Carne**. v. 321, p. 31-33, 2003.

OLIVEIRA, L.B; SOARES, G.J.D.; ANTUNES, P.L. Influencia da maturação da carne bovina na solubilidade do colágeno e perdas por cozimento. **Revista Nacional de Agrociência**. V.4, n.3, p.166-171, 1998.

OLIVO, R. Fatores que influenciam as características das matérias-primas cárneas e suas implicações tecnológicas. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, n. 307, p.72-83, 2002.

OLIVO, R. **O mundo do Frango**. Criciúma: do Autor, 680p., 2006.

ORDONEZ, J.A. Alimentos de Origem Animal. Porto Alegre, RS: artmed. v.2, 2005, 279p.

PALKA, K. The influence of *post-mortem* ageing and roasting on the microstructure, texture and collagen solubility of bovine *semitendinosus* muscle. **Meat Science**. v.64, p.191-198, 2003.

PAPA, C.M.; LYON, C.E. Shortening of the *Pectoralis* Muscle and Meat Tenderness of broiler chickens. **Poultry Science**. v. 68, p. 663-669, 1989.

PAPINAHU, P.A.; FLETCHER, D.L. The effect of stunning amperage and deboning time on early rigor development and breast quality of broilers. **Poultry Science**. v. 75, p. 672-676, 1996.

PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. **Ciência e Higiene da Carne. Tecnologia de Sua Obtenção e Transformação**. 1ed. Niterói: 1995.

PENA, R.; SCHETTINI, M. **Como produzir carne maturada**. Viçosa, CPT, 1999, 44p.

PENNY, I. F. **Enzimología de la maduración**. In: LAWRIE, R. Avances de la ciencia de la carne. Editorial Acribia, Zaragoza, España, 1984.

PERLO, F.; BONATO, P.; FABRE, R.; TEIRA, G.; TISOCCO, O. Meat Quality Evaluation of broiler breast fillets affect by aging time and marination. **International Journal of poultry science**. V9, n.11, p.1063-1068, 2010.

PERSON, A.M., GILLET T.A. **Sectioned and formed meat products in Processed Meats**. 3 Ed. New York: Chapman and Hall, 1996.

PRAXEDES, C.I.D. **Dissertação de Mestrado**: Exsudação de gel no cozimento em carne de peito de frango normal, "PSE", e "DFD". Niterói, RJ: UFF, Curso de Pós Graduação em Medicina Veterinária, 2007. 58p.

PRICE, J. **Ciência de la carne e los productos cárnicos**. ZARAGOZA, Espanha: Editora Acribia, 1994. 582 p

PETRACCI, M.; FLETCHER, D.L.; NORTH CUTT, J.K. The effect of holding temperature on live shrink, processing yield, and breast quality of broiler chickens. **Poultry Science**. v 80, p. 670-675, 2001.

QUALI, A. Proteolytic and physicochemical mechanisms involved in meat texture development. **Biochimie**, v. 74, p. 251-265, 1992.

ROÇA, R.O. **Tecnologia da carne e produtos derivados**. Botucatu: UNESP, FCA, Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, 2001. 201p.

SANFELICE, C.; MENDES, A. A.; KOMIYAMA C.M.; CAÑIZARES, M. C.; RODRIGUES, L.; CAÑIZARES, G.I., ROÇA, R.O.; ALMEIDA, I.C.L.P.; BALOG, A.; MILBRADT, E.L.; CARDOSO, K.F.G. Avaliação do efeito do tempo de desossa sobre a qualidade da carne de peito de frango de matrizes pesadas de descarte. **Acta Scientiarum Animal Sciences**. Maringá, v 32 n.1, p. 85-92, 2010.

SCATOLINI, A.M.; SOUZA, P.A.; SOUZA, H.B.A.; BOIAGO, M.M.; PELICANO, E.R.L.; OBA, A. Efeito do período de desossa e do tempo de armazenamento sob refrigeração na qualidade de carne de peito de frangos. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**. N 101, p.257- 262, 2006.

SMITH, D.P.; ACTON, J.C. Marination, cooking and curing of Poultry Products. In: SANS, A.R. **Poultry meat processing**. Boca Raton: CRC Press; 2001. p. 257-280.

SMITH D.P.; YOUNG L. L. Marination Pressure and Phosphate Effects on Broiler Breast Fillet Yield, Tenderness, and Color. **Poultry Science**. v.86, p.2666-2670, 2007.

SOUZA, P.A., KODAWARA, L.M., PELICANO, E.R.L., SOUZA, H.B.A., OBA, A. LEONEL, F.R., NORKUS, E.A., LIMA, T.M.A. Effect of Deboning Time on the Quality of Broiler Breast Meat (*Pectoralis Major*). **Brazilian Journal of Poultry Science**. v.7,n. 2, p. 123-128, 2005.

THIELKE, S.; LHAFI, S.K.; KUHNER, M. Effects of Aging prior to freezing on poultry meat tenderness. **Poultry Science**. V. 84, p. 606-612, 2005.

VIEIRA, J.O.; BRESSAN, M.C.; FARIA, P.B.; FERREIRA, M.W.; FERRÃO, S.P.B.; SOUZA, X.R. Efeito dos métodos de cocção na composição centesimal e colesterol do peito de frangos de diferentes linhagens. **Ciência agrotécnica**. v. 31, n.1, p. 164-170, 2007.

VOLPATO, G. **Dissertação de Mestrado**: Otimização do Processamento de Peito de Frango Cozido. Florianópolis: UFSC, Curso de Pós Graduação em engenharia de Alimentos, 2005. 122p.

WÄHLBY, U.; SKÖLDEBRAND, C.;JUNKER, E. Impact of impingement on cooking time and food quality. **Journal of Food Engineering**. v.43, n.3, p.179-187, 2000.

XIONG, Y. L., KUPSKI, D. R. Time-Dependent Marinade Absorption and Retention, Cooking Yield, and Palatability of Chicken Filets Marinated in Various Phosphate Solutions. **Poultry Science**. 78, n.7, p.1053-1059,1999.

YOUNG, L.L.; LYON, C.E. Effect of postchill aging and sodium tripolyphosphate on moisture binding properties, color and warner-bratzler shear values of chicken breast meat. **Poultry Science**. v.76, p.1587-1590, 1997.

YOUNG. L.L.; BUHR R.J.; LYON, C.E. Effect of polyphosphate treatment and electrical stimulation on postchill changes in quality of broiler breast meat. **Poultry Science**. v. 78, p. 267-271, 1999.

YOUNG. L.L.; SMITH, P.P. Effect of vacuum on moisture absorption and retention by marinated broiler fillets. **Poultry Science**. v. 83, p. 129-131, 2004.

ZOCCHI, C.; SAMS, A.R. Tenderness of broiler breast fillets from carcasses treated with electrical stimulation and extended chilling times. **Poultry Science**. V. 78, p. 495-498, 1999.