

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

PROCESSAMENTOS TÉRMICOS E SEUS EFEITOS
SOBRE AS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE
SASSAMIS DE FRANGOS DE CORTE

Acadêmica: Naiara Nogueira Arguelo

Aquidauana-MS
Fevereiro/2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

PROCESSAMENTOS TÉRMICOS E SEUS EFEITOS
SOBRE AS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE
SASSAMIS DE FRANGOS DE CORTE

Acadêmica: Naiara Nogueira Arguelo
Orientadora: Elis Regina de Moraes Garcia
Co-orientador: Jorge Antônio Ferreira de Lara

“Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal no Cerrado-Pantanal, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia”.

Aquidauana-MS
Fevereiro/2015



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
PRODUÇÃO ANIMAL NO CERRADO-PANTANAL



NAIARA NOGUEIRA ARGUELO

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal no Cerrado-Pantanal, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 25/02/2015.

Dra. Elis Regina de Moraes Garcia (UEMS)
Orientadora.

Dr. Charles Kiefer (UFMS)

Dra. Karina Márcia Ribeiro de Souza (UFMS)

O vento é sempre o mesmo, mas sua resposta é diferente em cada folha.”.

(Cecília Meireles)

Aos meus filhos Joaquim e Maria Emília

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida...

À minha orientadora Prof^a. Dr^a. Elis Regina de Moraes Garcia pelo exemplo de pessoa, caráter, ética, pela orientação, ensinamentos, por sempre me incentivar e me apoiar em todos os meus projetos e sonhos, pela amizade que construímos, pelos inúmeros conselhos, pelas palavras carinhosas, por tudo!!!! Simplesmente meu muito obrigada!

À Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – Unidade Universitária de Aquidauana pela oportunidade da realização do curso de Zootecnia.

Ao meu coorientador Dr. Jorge Antonio Ferreira de Lara pelas conversas, pelos ensinamentos e, principalmente, pela colaboração para a execução de todo o meu experimento.

Ao Prof. Dr. André Luiz Julien Ferraz pela imensa colaboração na interpretação dos dados, e por sempre estar disponível a me auxiliar.

Ao meu amor, Juliano Pereira Arguelo, por sempre estar ao meu lado, pela compreensão por todos os momentos que fiquei ausente, pela cumplicidade e apoio.

Aos meus pais, Suely e Odilson, pela compreensão, pela educação, pelo carinho e por sempre me incentivarem a continuar os estudos mesmo com todas as “dificuldades” de ser mãe.

Aos meus irmãos Viviane e Magno, que mesmo que distante sempre os mantive dentro do meu coração, pessoas que são meu exemplo, meu espelho! Obrigada pela amizade acima de tudo!

Aos meus amigos Bernardo, Jovana, Mirela, Natália e Nícolas pelo apoio e companheirismo, cada um do seu jeito, mas que foram excepcionais para o término desta jornada... pela cumplicidade de cada um, pelas palavras de conforto, pelo carinho a mim proporcionado, sem vocês com certeza não teria chegado até aqui!

À Embrapa Pantanal por me receber e permitir a realização deste trabalho.

À Fundação de Apoio ao Desenvolvimento e ao Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul – FUNDECT pela concessão da bolsa. A todos que diretamente ou indiretamente me ajudaram a concluir essa etapa.

Muito Obrigada!!

SUMÁRIO

Página	
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO 1 – Considerações Gerais	1
1.1 Introdução	1
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo Geral	3
1.2.2 Objetivo Específico	3
1.3 Revisão de Literatura.....	4
1.3.1 Carcaça e cortes de frangos.....	4
1.3.2 Qualidade de carne e processamento térmico.....	5
1.3.3 Cocção e seus efeitos sobre a qualidade da carne.....	7
1.3.4 Congelamento e sua relação com a qualidade de produtos cárneos.....	9
1.3.5 Oxidação lipídica em carne de frangos.....	11
1.3.6 Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico.....	12
1.3.7 Requentamento em carnes	14
1.4 Referências.....	15

CAPÍTULO 2 – Physicochemical characteristics and lipid oxidation of inner fillets from broilers subjected to different thermal processing types.....	22
ABSTRACT.....	22
INTRODUCTION.....	23
MATERIAL AND METHODS.....	24
RESULTS AND DISCUSSION.....	27
CONCLUSION	33
REFERENCES.....	34
CAPÍTULO 3 – Considerações Finais	38
Elementos complementares	39

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Localização do sassami de peito de frango na carcaça.....	4
Figura 2. Reação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico entre o ácido 2-tiobarbitúrico e o malonaldeído	13

LISTA DE TABELAS

	Página
Table 1. Mean values for cooking loss (PPC) of chicken inner fillets cooked in water bath (BM), electric oven (FE), microwave oven (MO), deep frying (FO) and grill (GR)....	27
Table 2. Mean values and differences in malonaldehyde concentration for chicken inner fillets in natura and cooked in water bath (BM) , electric oven (FE), microwave oven (MO), deep frying (FO) and grill (GR).....	29
Table 3. Mean values and differences in malonaldehyde concentration for chicken inner fillets reheated and cooked in water bath (BM) , electric oven (FE), microwave oven (MO), deep frying (FO) and grill (GR).....	31
Table 4. Mean values observed for pH, malonaldehyde concentration, myofibrillar fragmentation index (IFM) and water retention capacity (CRA) of broiler inner fillets subjected to different freezing cycles.....	32

RESUMO

O consumidor, cada vez mais consciente de seu poder de compra e do seu direito de exigir produtos de melhor qualidade, associa a sua satisfação na experiência de consumir carne com o preço, o valor nutricional agregado, a motivação emocional e as características sensoriais da carne. No entanto, quando o produto cárneo chega à residência do consumidor muitos processos térmicos ocorrem para diferentes finalidades. Pode ter o intuito de estagnar as perdas da qualidade nutricional da carne que ocorrem de forma natural com o decorrer do tempo, como o congelamento, ou submetê-la à cocção que é considerada a maneira mais natural para se preparar um alimento. Outra prática que vem se tornando cada vez mais normal na casa dos consumidores é o requeitamento de carnes prontas armazenadas em geladeiras. Esses processamentos térmicos podem ter influencia direta na qualidade do produto final do consumidor. Diante disso, O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar os efeitos dos diferentes processamentos térmicos sobre as características físico-químicas e a oxidação lipídica de sassamis de frangos de corte. O estudo foi dividido em três ensaios. No primeiro foram utilizados 50 sassamis de frango, divididos em cinco grupos, totalizando 10 amostras em cada. Cada grupo foi submetido a diferentes métodos de cocção, sendo eles: banho maria, forno elétrico, microondas, frito em óleo e grelha. As variáveis analisadas foram perda de peso por cocção (PPC) e oxidação lipídica por meio das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS). No segundo ensaio, foram utilizados 50 sassamis de frango, divididos em cinco grupos, totalizando 10 amostras para cada grupo. Cada grupo foi submetido a diferentes métodos de cocção (idênticos aos iniciais), armazenados por 48 horas sob refrigeração e requeitados em microondas. A variável analisada no segundo ensaio foi oxidação lipídica por meio das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS). No terceiro ensaio foram avaliadas 30 amostras de sassamis de frango, submetidas a três diferentes ciclos de congelamento e descongelamento, sendo as análises realizadas em uma, quatro e oito vezes de congelamento e descongelamento. As variáveis analisadas foram: pH, índice de fragmentação miofibrilar (IFM), capacidade de retenção de água

(CRA) e oxidação lipídica (TBARS). Conclui-se que os métodos de cocção fritura em óleo e microondas promove maior oxidação lipídica dos sassamis de frango, no entanto a fritura em óleo ocasiona maior perda de peso por cozimento. O requentamento dos sassamis de frango em microondas causa maior oxidação lipídica da carne. O aumento dos ciclos de congelamento e descongelamento incrementa os valores de pH, IFM, CRA e TBARS dos sassamis de frango.

Palavras-chave: capacidade de retenção de água, cocção, congelamento, índice de fragmentação miofibrilar, requentamento, TBARS.

ABSTRACT

Consumers increasingly aware of their purchasing power and their right to demand better quality products, connect their satisfaction in the experience of eating meat with the price, the added nutritional value, the emotional motivation and sensory characteristics of meat. However, when the meat reaches the consumer's residence many thermal processes occur for different purposes. May have in order to stagnate the loss of nutritional quality of meat that occur naturally with the passage of time, such as freezing, or submit it for cooking that is considered the most natural way to prepare a food. Another practice that is becoming increasingly normal in consumers' homes is the re-cooking of meat stored in refrigerators. These thermal processes may have direct influence on the quality of the final product. Therefore, the study was to evaluate the effects of different types of thermal processing on the physiochemical characteristics and lipid oxidation of chicken broiler inner fillets. The study was divided into three assays: the first used 50 chicken inner fillets, divided into five groups, totaling 10 samples in each group. Each group was subjected to different cooking methods, namely: water bath, electric oven, microwave oven, deep frying and grill. The analyzed variables were: loss in cooking weight (PPC) and lipid oxidation by thiobarbituric acid reactive substances (TBARS). The second assay used 50 chicken inner fillets, divided into five groups, totaling 10 samples per group. Each group was subjected to different cooking methods (identical to the previous ones), stored for 48 hours under refrigeration and reheated in a microwave oven. The variable analyzed in the second assay was lipid oxidation (TBARS). The third assay evaluated 30 samples of chicken inner fillets, subjected to three different freeze-thaw cycles, with analyses carried out over one, four and eight freeze-thaw cycles. The analyzed variables were: pH, myofibrillar fragmentation index (IFM), water retention capacity (CRA) and lipid oxidation (TBARS). It is concluded that the deep frying and microwave oven cooking methods lead to greater lipid oxidation of chicken inner fillets; however, deep frying causes the highest loss in cooking weight. Reheating chicken inner fillets in microwave oven causes the

highest lipid oxidation in meat. Additional freeze-thaw cycles raise values of pH, IFM, CRA and TBARS of chicken inner fillets.

Keywords: capacity to retain water, cooking, freezing, myofibrillar fragmentation index, warmed over flavor, TBARS.

CAPÍTULO 1 – Considerações Gerais

1.1 Introdução

A cadeia produtiva de carne de frango no Brasil produziu em 2012 cerca de 12,6 milhões de toneladas de carne, e somente no mercado interno o consumo, sempre crescente, atingiu 45 kg por habitante no último ano (ABPA, 2014). Este crescente consumo vem acompanhado de mais oportunidades para o setor que compete com carnes provenientes de outros animais como as carnes bovina, suína e o pescado.

O consumidor, cada vez mais consciente de seu poder de compra e do seu direito de exigir produtos de melhor qualidade, associa a sua satisfação na experiência de consumir carne com o preço, o valor nutricional agregado, a motivação emocional e as características sensoriais da carne.

A carne de frango tem vantagens e desvantagens em todos esses aspectos, o que torna o mercado competitivo e aberto para as cadeias que saibam explorar melhor suas vantagens de produção e que também sejam capazes de manter a fidelidade do consumidor com informações sobre o modo de produção, composição nutricional dos produtos e orientações de modo de preparo pós-venda.

Dentro das possibilidades de orientações pós-venda, a forma de descongelamento e as orientações sobre o cozimento são pontos sensíveis para proporcionar a melhor experiência ao consumidor de saborear carne. Muitas são as formas de cozer a carne e também muitas são as variáveis que podem ser influenciadas pelo procedimento adotado.

Perdas de água durante o processo de cozimento ocorrem devido à desnaturação proteica, podendo ocasionar alterações na maciez dos filés, bem como em sua cor e oxidação excessiva. No entanto, após conservar a carne cozida em refrigeração, além dessas alterações, pode ocorrer um aroma indesejável de reaquecimento no produto cárneo, conhecido na língua inglesa como *warmed-over-flavor*.

Prática que pode ocorrer em alguns estabelecimentos comerciais e que também tem relação com a estratégia pós-venda de empresas processadoras de carne é o processo de desligamento acidental ou em alguns casos

intencional do sistema de frio do estabelecimento, o que eventualmente pode levar ao descongelamento acidental dos filés durante a estocagem. Restabelecido o frio a carne é recongelada. Esse processo também pode causar efeitos nos atributos de qualidade da carne.

Conhecer a extensão desses efeitos na carne de frango, principalmente na oxidação lipídica e notadamente dos sassamis de peitos de frango, carne considerada de valor agregado nas condições industriais e comerciais brasileiras, é estratégico para o setor na competição de mercados em orientar seus consumidores sobre as formas de cozer, congelar e descongelar os produtos, e informar sobre as alterações na qualidade do produto cárneo de cada procedimento.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar as características físico-químicas e a oxidação lipídica de sassamis de frangos de corte submetidos a diferentes processamentos térmicos.

1.2.2 Objetivos Específicos

Comparar o efeito de diferentes métodos de cocção (forno elétrico, forno microondas, banho maria, frito em óleo e grelhado) sobre a perda de peso e a oxidação lipídica de sassamis de frango de corte;

Avaliar o efeito do reaquecimento sobre a oxidação lipídica de sassamis de frangos cozidos inicialmente em forno elétrico, forno microondas, banho maria, fritura em óleo e grelha;

Analisar o efeito dos ciclos de congelamento e descongelamento sobre pH, capacidade de retenção de água, índice de fragmentação miofibrilar e oxidação lipídica de sassamis de frangos.

1.3 Revisão de Literatura

1.3.1 Carcaça e cortes de frangos

A cadeia de produção de carne de frango no Brasil produziu em 2012 cerca de 12,6 milhões de toneladas de carne, sendo que somente no mercado interno o consumo, sempre crescente, atingiu 45 Kg por habitante no último ano (ABPA, 2014).

Durante os últimos trinta anos o Brasil tem-se colocado entre os mais importantes produtores e fornecedores de produtos industrializados de frangos de acordo com as mudanças globais no mercado de aves (SANTOS et al., 2004). Atualmente, o Brasil se tornou o terceiro produtor mundial e exporta para 142 diferentes destinos, tornando-se o maior exportador de carne de frango do mundo (MAPA, 2014)

Na atualidade, verifica-se significativo consumo de partes desossadas de frango, sobretudo de cortes nobres, como peito e coxas (PAVAN et al., 2003), e juntamente com estes o filezinho de sassami ou apenas sassami, parte conhecida popularmente como filé mignon do peito de frango.

O sassami de peito de frango localiza-se ao longo do osso e cartilagem do peito, é pequeno e de formato alongado (Figura 1). O corte tem coloração branca, apresentando baixo teor de gordura e comercializado sem pele (LOPES COMERCIAL, 2014).

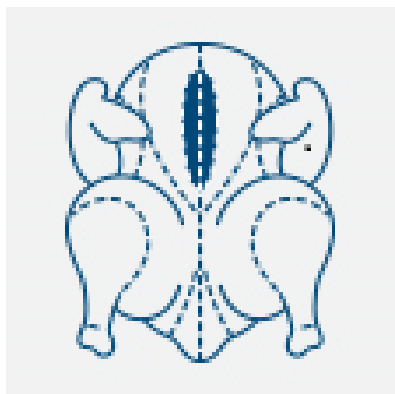


Figura 1. Localização do sassami de peito de frango na carcaça.

Em função da crescente demanda de refeições rápidas, existe uma grande produção de filés de peito junto a uma constante preocupação com as características de qualidade (ALMEIDA et al., 2002).

Ressalta-se que os sassamis de peitos de frango são exportados em grande escala dentro da categoria cortes desossados (ABPA, 2014), no entanto, não existem pesquisas avaliando a qualidade desse corte nobre.

1.3.2 Qualidade de carne e processamento térmico

A qualidade da carcaça e da carne de frangos tem sido cada vez mais exigida, devido a uma série de mudanças no hábito de consumo, como cortes e produtos desossados de carne que estão sendo mais procurados para o processamento, bem como o crescimento do consumo de produtos de preparo rápido (CASTILLO, 2001).

Assim, com a comercialização de cortes e de produtos desossados, muitos dos defeitos na carne se tornaram aparentes ocasionando a rejeição dos mesmos. Da mesma forma, as características sensoriais de cada corte, como por exemplo, a maciez, puderam ser mais bem percebidas e reconhecidas pelo consumidor (BERAQUET, 1999).

A qualidade sensorial e nutricional da carne é de grande importância no momento da escolha do consumidor de carne de frango. Sendo assim, a cadeia produtiva do frango de corte tem o desafio de oferecer cada vez mais produtos de qualidade, que apresentam boa suculência, maciez, cor e sabor agradáveis e que mantenham essas características por um longo período. Além de oferecer produtos seguros, isentos de contaminações microbiológicas e físico-químicas (OLIVO & SHIMOKOMAKI, 2002).

As propriedades funcionais são as características físico-químicas que caracterizam os alimentos e influenciam a utilização dos mesmos. Estas propriedades estão relacionadas com questões sensoriais e não, necessariamente, nutricionais. Possuem implicações tecnológicas diretas e influenciam, decisivamente, nos aspectos econômicos dos produtos. Exemplos de importantes propriedades funcionais são: capacidade de retenção de água (CRA), capacidade de emulsificação (CE), capacidade de geleificação (CG) e

textura (OLIVO & SHIMOKOMAKI, 2002), bem como a cor, pH, sabor, e oxidação lipídica.

A textura de produtos cárneos juntamente com a suculência, o sabor e a cor são as principais características de qualidade da carne que influenciam o julgamento global do consumidor (WOOD et al., 1995). Podem ser influenciados por vários fatores de produção (genética, alimentação, técnicas de um sistema, etc.) e de processamento (refrigeração, marinação e cocção) (PALKA & DAUN, 1999).

O pH da carne tem um grande impacto sobre três características sensoriais de qualidade do alimentos cárneos: aparência / cor, textura / sensibilidade, e sabor, os quais podem afetar a aceitação do consumidor de carne (OFFER & TRINICK, 1983; MIN & AHEN, 2005).

A capacidade de retenção de água é uma variável influenciada por fatores de ordem geral, dependendo também da espécie animal, da idade e da função do músculo. Essa característica é definida como sendo a capacidade da carne de reter sua própria água durante a aplicação de forças externas, tais como cortes, aquecimento por qualquer método de cocção, trituração e prensagem (FORREST et al., 1979).

O aquecimento determinado para cozimento de carne é definido como uma temperatura suficientemente elevada para desnaturar proteínas (DAVERY & GILBERT, 1974). A medição de modificações que ocorre durante a cocção pode ser realizada por uma grande variedade de métodos analíticos incluindo a de textura de carne, avaliação microestrutural (YOUNG et al., 1992), a fragmentação de proteínas (GARCIA-ESTEBAN et al., 2003), perda por cozimento, avaliação de cor (MURPHY & MARKS, 2000) e a oxidação dos lipídios.

As maiores mudanças que ocorrem na carne de frango durante o armazenamento em congelamento se referem à maciez, cor e desenvolvimento de sabores estranhos devido às substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (YOON, 2002).

O desenvolvimento da oxidação lipídica é alterado, independente do processamento térmico, seja aquecimento ou congelamento. No entanto, em proporções diferentes. A oxidação lipídica causa a perda do valor nutricional e sensorial, bem como a formação de compostos potencialmente tóxicos, que

compromete a qualidade da carne e reduz sua vida útil (MALAYOĞLU et al., 2009).

1.3.3 Cocção e seus efeitos sobre a qualidade da carne

A carne é muito importante por possuir um alto valor biológico, sendo indispensável na alimentação humana.

A cocção da carne é a forma em que é geralmente consumida na esfera doméstica e mesmo, em larga escala, processada na indústria. Independentemente do seu valor nutritivo, a carne é apreciada e consumida com maior proveito sempre que se mostra atraente e apetecível (PARDI et al., 1995).

O processo de cocção compreende todas as trocas químicas, físico-químicas e estruturais dos componentes dos alimentos provocados intencionalmente por efeito do calor. Esse processo desagrega as estruturas alimentares, melhorando a palatabilidade e a digestibilidade (TSCHEUSCHNER, 2001).

Na cocção, o aquecimento é resultado do aporte de energia ao sistema, decorrente da transferência de calor (GIRARD, 1991). Nos diferentes métodos de cozimento, as formas de transferência de calor, a temperatura, a duração do processo, e o meio de cocção são alguns dos fatores responsáveis pelas alterações químicas e físicas que podem modificar o valor nutricional dos alimentos (GARCIA-ARIAS et al., 2003).

Os tratamentos térmicos, como a pasteurização, a esterilização ou a cocção de um alimento proteico, promovem a reação de Maillard, a conversão do colágeno em gelatina e a desnaturação das proteínas. O aquecimento da carne pode provocar alterações nas gorduras que resultam na formação de aromas particulares para cada tipo de carne (BOBBIO & BOBBIO, 1995).

Os consumidores atuais, preocupados com qualidade de vida, buscam novas opções de alimentos (SOUZA, 2004), bem como informações relacionadas com a composição química dos alimentos (SIMOPOULOS, 1991). Embora a legislação brasileira tenha estabelecido a obrigatoriedade da rotulagem nutricional de alimentos embalados, garantindo aos consumidores a

possibilidade de escolhas mais saudáveis em relação à dieta, para carnes, a composição fornecida na embalagem corresponde ao corte cru.

A composição química e nutricional da carne varia conforme a espécie, manejo zootécnico, alimentação e ambiente, além de variar entre os diferentes cortes da carcaça, bem como na maneira de preparo da mesma. ROCCO (1999) relata que há variações na composição nutricional e no valor calórico de carne cozidas quando comparada a in natura.

Ressalta-se que há duas décadas, os alimentos são produzidos e transformados segundo técnicas modernas, que, muitas vezes, alteram totalmente o valor dos mesmos (MEZOMO, 1994).

O cozimento da carne afeta sua textura pelas alterações estruturais das fibras das proteínas microfibrilas, alteração do pH e capacidade de retenção de água, liquefação e redistribuição da gordura, alteração do tecido conjuntivo (BOBBIO & BOBBIO, 1992), bem como altera os valores de proteína, gordura, cinzas e matéria seca dos cortes devido à incorporação do meio de cocção e pelas perdas de nutrientes e água (STEINER-ASIEDU et al., 1991; GOKOGLU et al., 2004).

Uma das principais formas de cocção utilizadas pelos consumidores é a cocção em óleo (fritura). E embora esse método resulte em um alimento com maior percentual de gordura, são desconhecidos os efeitos das diferentes formas de cocção sobre a composição nutricional da carne.

Assar é o ato de cozinhar fechado em que a carne diminui seu tamanho e libera os sucos, e parte desse suco evapora-se antes de ter tempo de se depositar. Isto faz com que um pouco dos extratos da carne se mantenha na superfície, aumentando o sabor e reduzindo as perdas (BENDER, s.d).

Entretanto, a literatura a respeito das alterações na oxidação lipídica em carnes de frangos durante o cozimento ainda é escassa.

Avaliando a composição centesimal e o teor de colesterol da carne do peito de frangos das linhagens Carijó, Super pesadão e Cobb, submetidos a diferentes métodos de cocção (cozimento em água, microondas, forno convencional a gás e cozimento em óleo), Vieira et al. (2007) concluíram que peitos de frango assados em microondas apresentam as modificações mais severas com relação à composição química do peito cru, e que o cozimento

em água foi a forma de cocção que menos altera a composição centesimal de peitos de frangos.

Analisando a cor e a textura da carne de peito de frango cru e cozido em banho maria de machos e fêmeas, Saláková et al. (2009) encontraram diferenças do sexo apenas para a textura, de forma que a carne cozida oriunda dos machos apresentou-se mais macia.

Investigando a influência da marinação e diferentes métodos de cocção (microondas, forno elétrico, banho maria e fritura em óleo) sobre pH, cor, perda por cozimento, CRA e textura de peito de frango, Latif (2010) concluiu que todos os métodos utilizados alteraram significativamente a composição química dos peitos de frango. O autor cita que o método de cocção mais adequado para marinação foi o banho maria, devido à redução da perda de cozimento e aumento da capacidade de retenção de água.

Guita et al. (2010), avaliando a influência térmica (120, 150 e 180°C) e diferentes tempos de cozimento (5, 10 e 15 minutos) sobre a textura e perdas por cozimento em carne de peito de frango, concluíram que as melhores condições de cozimento para peito de frango foram encontradas no tempo de 5 minutos de cozimento e nas temperaturas de 120-150°C, em que obtiveram uma menor perda de cozimento e melhor textura das carnes.

1.3.4 Congelamento e sua relação com a qualidade de produtos cárneos

Para distribuição e preservação da qualidade, as carnes são normalmente armazenadas congeladas. No entanto, as perdas graduais nos atributos de qualidade ainda podem ocorrer durante o armazenamento congelado. A deterioração, especialmente em sabor e textura, é devido à oxidação, remoção osmótica de água e desnaturação de proteínas (BENJAKUL et al., 2003).

Outro ponto considerável é a presença de lipídios poliinsaturados na carne que também pode conduzir ao desenvolvimento de rancidez e deteriorização de sabor, o que limita a vida de prateleira de alimentos congelados (SONGSAENG et al., 2010). A extensão da perda de qualidade de carne congelada é dependente de muitos fatores, incluindo a taxa de

congelamento, temperatura de armazenamento e flutuações de temperatura (MUELA et al., 2010).

Oxidação lipídica e alterações físico-químicas são as principais causas da deterioração da carne, que envolve mudanças no sabor, cor, textura, e valor nutritivo, bem como a formação de compostos potencialmente tóxicos. Durante o armazenamento congelado, os processos de oxidação são retardados, mas não cessados. Na verdade, alguns radicais solúveis em lipídios podem ainda ser mais estáveis a temperaturas mais baixas e, assim, propagar oxidação (KANNER, 1994).

A oxidação de proteínas também é responsável por muitas alterações em alimentos (LIU et al., 2000), tais como a agregação da proteína ou a fragmentação, a diminuição da biodisponibilidade de aminoácidos e da solubilidade da proteína (SANTÉ-LHOUELIER et al., 2008).

Processos oxidativos que atuam em proteínas podem diminuir o número de grupos sulfidrilo formando pontes dissulfureto. Espécies de oxigênio ativo também atacam as cadeias laterais de aminoácidos básicos (histidina, arginina e lisina) e pode converter em derivados de carbonilo. Estes grupos carbonilo podem reagir com os grupos amino livres para formar ligações amida (SANTÉ-LHOUELIER et al., 2008).

Xia et al. (2009) sugeriram que vários ciclos de congelamento e descongelamento podem aumentar significativamente o conteúdo sulfidrilo e carbonilo, especialmente em carnes submetidas a diferentes ciclos de congelação-descongelação.

Sabor é um dos mais importantes atributos de qualidade de carne e seus derivados, e centenas de compostos na carne contribuem para o sabor e aroma. Durante o armazenamento, no entanto, muitos destes compostos estão alteradas e novos são gerados (RHEE et al., 2005; CALKINS & HODGEN, 2007).

A oxidação lipídica tem sido considerada a principal causa da deterioração sabor em carnes e produtos cárneos (SHAHIDI & ZHONG, 2010), mas a contribuição potencial de reações que envolvem a degradação de proteínas para essas mudanças de sabor não pode ser descartada (RHEE et al., 2005).

Tem sido dada muita atenção à oxidação lipídica tanto nos seus mecanismos de reação quanto nas mudanças de qualidade durante o processamento e armazenamento da carne (FUENTES et al., 2010; SHAHIDI & ZHONG, 2010).

1.3.5 Oxidação lipídica em carne de frangos

Os lipídios possuem papel determinante na aceitação de produtos cárneos pelo consumidor, já que a sua concentração, composição e integridade influenciam fortemente a textura, aroma e sabor dos alimentos. A oxidação lipídica é uma das maiores causas de deterioração da qualidade em carnes, contribuindo para degradação do *flavor* e redução da vida útil dos produtos devido à iniciação da peroxidação (ANGELO et al., 1996).

O processo de oxidação se inicia na ligação carbono-hidrogênio, adjacente à dupla ligação da cadeia de carbono e pode ser catalisado por um grande número de fatores, especialmente ambientais (umidade, temperatura, luz e oxigênio), presença de metais (cobre, ferro e manganês), de enzimas e de pigmentos (ADAMS, 1999).

No animal ocorre pouco estresse oxidativo e a capacidade antioxidante ocorre de forma estável quando comparado com a carne. Nesta, ou mais precisamente na formação do músculo em carne, existe alto estresse oxidativo e relativamente baixa capacidade antioxidante para reverter às reações de oxidação. É a diferença entre essas duas condições que torna o estresse oxidativo um importante fator para a qualidade de carne (WARNER et al., 2005).

A propensão da carne e de seus produtos serem submetidos à oxidação depende, entre vários fatores, da composição de ácidos graxos (grau de insaturação) e da presença de pró-oxidantes no músculo. Quanto maior o grau de insaturação dos ácidos graxos, maior a susceptibilidade a oxidação da carne (GRAU et al., 2001), afetando sua cor, sabor, textura e valor nutricional, conseqüentemente sua qualidade total durante o armazenamento (JAHAN et al., 2004).

Portanto, existe um enorme interesse em alimentos que contenham níveis elevados de ácidos graxos poliinsaturados, devido aos seus efeitos

benéficos sobre a saúde humana, principalmente na prevenção de doenças cardiovasculares (KRAUSS et al., 2001), como por exemplo os da série ômega três e seis, com isso várias práticas de suplementação estão sendo incorporadas, com o objetivo de melhorar o perfil de ácidos graxos dos produtos cárneos avícolas.

Voljč et al. (2011) observaram que o aumento de ácidos graxos poliinsaturados nas dietas de frangos ocasionaram um aumento nos níveis de malonaldeído em amostras frescas, no entanto, nas amostras armazenadas e tratadas termicamente esse aumento na oxidação lipídica das carnes foi mais acentuado.

Com o objetivo de determinar a influência de dietas contendo quantidades crescentes de ácidos graxos poliinsaturados, e diferentes níveis de α -tocoferol, no desenvolvimento da oxidação lipídica na carne de frango, Cortinas et al. (2005) relataram que houve aumento dos níveis de malonaldeído com níveis crescentes de ácidos graxos polinsaturados.

O malonaldeído é formado durante a oxidação dos ácidos graxos poliinsaturados e é muito utilizado para avaliar a oxidação lipídica em alimentos e principalmente o estresse oxidativo em amostras biológicas, através do teste de TBARS (teste de substâncias reativas com o ácido tiobarbitúrico).

A oxidação lipídica, portanto, é o principal processo pelo qual ocorre perda de qualidade da carne e de seus produtos, depois da deterioração microbiana (GRAY et al., 1996). É um determinante da vida-útil do produto, na medida em que gera produtos indesejáveis do ponto de vista sensorial e degrada vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais (OSAWA et al., 2005).

1.3.6 Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico

As características relacionadas à qualidade da carne de frangos de corte vêm apresentando crescente importância, tanto para a indústria processadora como para os consumidores (POMPEU, 2014).

O teste de substâncias reativas com o ácido tiobarbitúrico, conhecido como TBARS, tem como princípio quantificar o malonaldeído (MDA), um dos

principais produtos de decomposição dos hidroperóxidos de ácidos graxos poliinsaturados, formado durante o processo oxidativo – o MDA é um dialdeído de três carbonos, com grupos carbonilas nos carbonos C-1 e C-3 (ANGELO, 1996).

A reação envolve o ácido 2-tiobarbitúrico com o malonaldeído (Figura 2), produzindo um composto de cor vermelha, medido espectrofotometricamente a 532 nm de comprimento de onda (de acordo com a metodologia, esse comprimento de onda pode variar, situando-se ao redor de 500 a 550 nm). A formação do composto TBA-MDA, na proporção de 2:1, é possivelmente iniciada pelo ataque nucleofílico, envolvendo o carbono 5 do TBA e o carbono 1 do MDA, seguido de desidratação e reação similar subsequente do composto intermediário com uma segunda molécula de TBA, na proporção de 1:16. A quantificação de malonaldeído é feita a partir de curvas de calibração construídas com concentrações conhecidas de malonaldeído. Os padrões mais frequentemente utilizados são 1,1,3,3-tetrametoxipropano (TMP) e 1,1,3,3-tetraetoxipropano (TEP) que, nas condições ácidas do teste, sofrem hidrólise, resultando na liberação do malonaldeído. Os resultados são expressos em unidades de absorbância por unidade de massa de amostra ou em “valor de TBA” ou “número de TBA”, definidos como a massa, em mg, de malonaldeído por kg de amostra (SINNHUBER, 1958; ROBARDS, 1988; ANGELO, 1996; OSAWA et al., 2005).

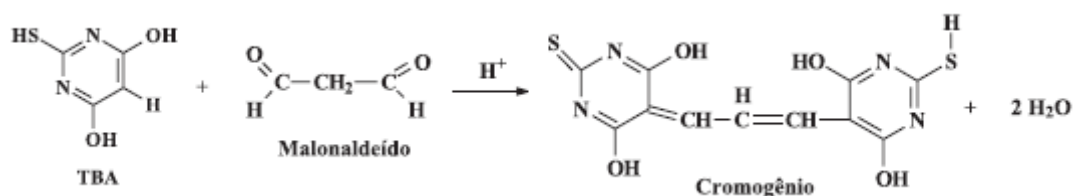


Figura 2. Reação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico entre o ácido 2-tiobarbitúrico e o malonaldeído

Segundo Wasowicz et al. (1993) e Fellenberg & Speisky (2006), o TBA pode também reagir com outras substâncias, por exemplo, outros produtos da

oxidação de lipídios, pigmentos biliares, aminoácidos e açúcares, que geram cromógenos interferentes. Assim, o TBARS tem sido criticado pela falta de especificidade, já que o MDA não é o único produto da oxidação dos lipídios que reage com o TBA.

Quando a quantidade de MDA é baixa, outras substâncias reagem com o TBA, como aldeídos não provenientes de oxidação lipídica, o que pode levar a um resultado superestimado. Ainda o MDA pode se complexar com proteínas, aminas e outros compostos, não reagindo com o TBA, subestimando a oxidação da amostra (POMPEU, 2014)

Apesar de suas limitações, o método mais usual na avaliação da oxidação de lipídios em carnes e produtos cárneos é o teste de TBA, devido à sua simplicidade e rapidez (RAHARJO & SOFOS, 1993).

1.3.7 Requentamento em carnes

A oxidação lipídica é uma das maiores causas de deterioração na qualidade da carne e produtos cárneos. O desenvolvimento da rancidez oxidativa em produtos cárneos começa logo após a morte e continua a aumentar em intensidade até os produtos tornarem-se inaceitáveis para o consumidor (RESCONI et al., 2013). O sabor torna-se uma propriedade crítica de qualquer produto alimentar quando difere daquele esperado pelo consumidor; em outras palavras, os consumidores não aceitarão sabores desagradáveis nos produtos cárneos pré-cozidos.

O termo *warmed-over-flavor* (WOF) reconhecido como sabor requentado (WOF) foi introduzido pela primeira vez pelo Tims & Watts (1958) para descrever o rápido desenvolvimento de sabor oxidado em carne cozida após aquecimento subsequente.

O WOF é geralmente associado com requentamento de carnes que tenham sido refrigerados por 48 horas ou menos. O WOF pode se desenvolver em carnes congeladas pré-cozidas em poucos dias ou semanas e inclui odores e sabores comumente descrito como "obsoleto" "Cardboard-like", "painty" ou "ranço" (LOVE, 1988; VEGA & BREWER, 1994).

O desenvolvimento de WOF está associado com os ácidos graxos poli-insaturados (PUFA), como fosfolipídios, situados nas membranas celulares

(PEARSON et al., 1977), e inicia-se com a oxidação das gorduras da carne (PEARSON et al., 1977; WILLEMOT et al., 1985). A carne de peixe apresenta maior tendência para desenvolver WOF seguida de aves, suínos e ovinos em função do seu conteúdo de PUFA (CROSS et al., 1987).

Os PUFA, que contêm menos hidrogênio na cadeia de carbono do ácido graxo, estão mais propícios a sofrerem oxidação quando comparados aos ácidos graxos saturados.

A abstração de hidrogênio a partir desses pontos de lipídios (gordura) formam "radicais livres", que são extremamente reativos e tendem se ligar com o oxigênio (oxidar) muito rapidamente. Uma vez que a molécula de gordura se liga ao oxigênio, que normalmente se quebra em moléculas menores, tais como pentanal, hexanal, e 2,4-deca dienal, acabam resultando em odores e sabores que reconhecemos como "requeijada" (VEGA & BREWER, 1994).

Existe uma variedade de fatores que podem desencadear o processo de oxidação em produtos cárneos, sendo que a maioria dos fatores adiciona energia suficiente para que ocorra esse processo de oxidação.

O calor (cozimento) é uma das principais causas do tipo de oxidação que ocorre em desenvolvimento WOF. O aquecimento acelera a oxidação dos fosfolipídios por catalisação do ferro ativo libertado da mioglobina e outras proteínas que contêm ferro (IGENE et al., 1980).

O rápido desenvolvimento de "sabores desagradáveis" nesses produtos é um grande desafio aos processadores de carne devido ao aumento da demanda por carnes pré-cozidas nas últimas décadas (LUCIANO et al., 2009).

1.4 Referências

ABPA – **Associação Brasileira de Proteína Animal**. 2012. Disponível em: <http://www.ubabef.com.br/> . Acesso em 30 de outubro de 2014.

ADAMS, C.A. Oxidation and antioxidants In: **Nutricines: food components in health and nutrition**. Nottingham: Nottingham University Press, 1999. cap. 2, p. 11-32.

ALMEIDA, I. C. L. et al. Efeito de dois níveis de lisina e do sexo sobre o rendimento e qualidade da carne de peito de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 4, p. 1744-1752, 2002.

- ANGELO, A.J. St.; VERCELLOTTI, J.; JACKS, T. et al. Lipid oxidation in foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.36, p.175-224, 1996
- BENDER, A. E. **Dicionário de nutrição e tecnologia de alimentos**. 4.ed. São Paulo: Roca, s.d. 212p.
- BENJAKUL, S.; VISESSANGUAN, W.; THONGKAEW, C. et al. Estudo comparativo sobre as alterações físico-químicas das proteínas musculares de alguns peixes tropicais durante o armazenamento congelado. **Food Research International**, v.36, p. 787-795, 2003.
- BERAQUET, N. Influência de fatores *ante e post mortem* na qualidade da carne de aves. **Revista Brasileira de Ciência Avícolas**, n.1, p.155-166, 1999.
- BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Introdução á química de alimentos**. 2.ed. São Paulo: Varela, 1992. 223p.
- BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Química do processamento de alimentos**. 2ed. São Paulo:Varela, 1995. 151p.
- CALKINS, C. R.; HODGEN, J. M. Um novo olhar sobre o sabor da carne. **Meat Science**, v.77, p. 63-80, 2007.
- CASTILLO, C.J.C. Qualidade de carcaça e carne de aves. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 2001, São Pedro. **Anais...**São Pedro: ITAL, 2001. p.79-99.
- CORTINAS, L.; BARROETA, A.; VILLAYERDE, C.; GALOBART, J.; GUARDIOLA, F.; BAUCCELLS, M.D. Influence of the dietary polyunsaturation level on chicken meat quality: lipid oxidation. **Poultry Science**, v.84, p.48-55, 2005.
- CROSS, H.R.; LEU, R.; MILLER, M.F. Scope of warmed-over flavor and its importance to the meat industry. In "Warmed-Over Flavor of Meat", A.J. St. Angelo and M.E. Bailey, Eds.Academic Press, Inc. New York. 1987.
- DAVEY, C. L; GILBERT, K.V. Temperature dependant toughness in beef. **Journal of Science Food and Agriculture**., v. 25, p.931-938, 1974
- FELLENBERG, M.A.; SPEISKY, H. Antioxidants: their effects on broiler oxidative stress and its meat oxidative stability. **Worlds Poultry Science Journal**, v.62, p.53-70, 2006.
- FORREST, J.C. **Fundamentos de ciencia de la carne**, Zaragoza: Acribia, 1979, 364p.

- FUENTES, V.; VENTANAS, J.; MORCUENDE, D. et al. Lipídios e proteínas, oxidação e propriedades sensoriais do presunto curado vácuo-embalados submetido a alta pressão hidrostática. **Meat Science**, v.85, p.506-514, 2010.
- GARCIA-ARIAS, M. T.; PONTES, E. A.; GARCIALINHARES, M. C. et al. Cooking-freezing-reheating (CFR) of sardine (*Sardina pilchardus*) fillets: effect of different cooking and reheating procedures on the proximate and fatty acid compositions. **Food Chemistry**, v. 83, n. 3, p. 349-356, 2003
- GARCIA-ESTEBAN, M.; ANSORENA, D.; GIMENO, O. et al. Optimization of instrumental color analysis in dry cured ham. **Meat Science** . n. 8, v. 63, p.287-292, 2003.
- GIRARD, J. P. **Tecnología de la carne y los productos cárnicos**. Zaragoza: Acribia, 1991. 300 p.
- GOKOGLU, N.; YERLIKAYA, P.; CENGIZ, E. Effects of cooking methods on the proximate composition and mineral contents of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Food Chemistry**, v.84, n.1, p.19-22, 2004.
- GRAU, A.; GUARDIOLA, F.; GRIMPA, S.; BARROETA, A. C.; CODONY, R. Oxidative stability of dark chicken meat through frozen storage: influence of dietary fat and α -tocopherol and ascorbic acid supplementation. **Poultry Science**, v.80, p.1630-1642, 2001.
- GRAY, J.I.; GOMAA, E.A.; BUCKELEY, D.J. Oxidative quality and shelf life of meats. **Meat Science**, Barking, v.43, p.111-123, 1996.
- GUITA, M.; STANESCU, V.; TUDOR, L. et al. Research concerning the influence of processing temperatures for tenderness of chicken meat. **Lucrări Stiințifice**, Seria Medicină Veterinară, v.43, n.2.2010
- IGENE, J.O.; PEARSON, A.M.; DUGAN, L.R. et al. Role of triglycerides and phospholipids on development of rancidity in model meat systems during frozen storage. **Food Chemistry**. n. 5, p. 263, 1980.
- JAHAN, K.; PATERSON, A.; SPICKETT, C.M. Fatty acid composition, antioxidants and lipid oxidation in chicken breasts from different production regimes. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v.39, p.443-453, 2004.
- KANNER, J. Oxidative processes in meat and meat products: quality implications. **Meat Science**, v. 36, p. 169–189, 1994

KRAUSS, R.M.; ECKEL, R.H.; HOWARD, B. et al. AHA Dietary Guidelines: revision 2000: A statement for healthcare professionals from the Nutrition Committee of the American Heart Association. **Stroke**. v.31, n.11, p.2751-2766. 2000.

LATIF, S.S. Effect of marination on the quality characteristics and microstructure of chicken breast meat cooked by different methods. **Lucrări Științifice**, Seria Zootehnie, v.54, p.314-325. 2010.

LIU, G.; XIONG, Y. L.; BUTTERFIELD, D. A. Química, física e propriedades de formação de gel de miofibrilas oxidados e de soro de leite e proteína de soja isolados. **Journal of Food Science**, v.65, p. 811-818, 2000.

LOPES COMERCIAL. Filezinho de Peito (Sassami). 2014. Disponível em <http://www.lopescomercial.com.br/Produto/36185/filezinho-de-peito-sassami->. Acesso em 30 de outubro de 2014.

LOVE, J.D. Sensory analysis of warmed-over flavor in meat. **Food Technol.**, n. 42, v. 6, p. 140-143. 1998.

LUCIANO, G.; MONAHAN, F.J.; VASTA, V. Lipid and colour stability of meat from lambs fed fresh herbage or concentrate. **Meat Science**. n.1, v.82, p. 193–199. 2009.

MALAYOĞLU, H.B.; ÖZKAN, S.; KOÇTÜRK, S.; OKTAY, G.; ERGÜL, M. Dietary vitamin E (α -tocopheryl acetate) and organic selenium supplementation: performance and antioxidant status of broilers fed n-3 PUFA-enriched feeds. **South African Journal of Animal Science**, v.39, n.4, p.274-285, 2009.

MEZOMO, I.F.B. **A administração de serviços de alimentação**. 4.ed. São Paulo: Loyola, 1994. 469p.

MIN, B.; AHEN, D.U. Mechanism of lipid oxidation in meat and meat products – A Review. **Food Science and Biotechnolog**, n. 14, v. 54, p. 152-163, 2005.

Ministério da Agricultura. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/aves>. Acesso em 30 de outubro de 2014.

MUELA, E.; SAÑUDO, C.; CAMPO, M. M.; et al. Efeito do método de congelamento e tempo de armazenamento congelado na qualidade instrumental de cordeiro ao longo de exibição. **Meat Science**, v.84, p.662-669, 2010.

- OFFER, G.; TRINICK, J. On the mechanism of water holding in meat: The swelling and shrinking of myofibrils. **Meat science**.n. 8: p. 245- 281, 1983.
- OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. **Carnes: no caminho da pesquisa**. 2. ed. Cocal do Sul, SC: IMPRINT, 2002, 155 p.
- OSAWA, C.C.; FELÍCIO, P.E.E; GONÇALVES, L.A.G. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Química Nova**, São Paulo, v.28, n.4, p.655-663, 2005.
- PALKA, K.; DAUN, H. In texture, cooking losses, and myofibrillar structure of bovine *M. semitendinosus* during heating. **Meat Science**, v. 51, p. 237-243, 1999.
- PARDI, M. C.; SANTOS, I.F.; SOUZA, E.R. et al. Características Organolépticas da Carne. In: **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. 1.ed. Goiânia: UFG, 1995. p.89 - 97.
- PAVAN, A. C. et al. Efeito da linhagem e do nível de lisina da dieta sobre a qualidade da carne do peito de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1732-1736, 2003.
- PEARSON, A. M.; LOVE, J. D.; SHORTLAND, F. B. “Warmed-over” flavor in meat, poultry, and fish. **Advances in Food Research**., n. 23, p. 1-74. 1977.
- POMPEU, M.A. **Níveis de vitamina E na dieta para frangos de corte nas fases inicial e de crescimento**. 2014. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.
- RAHARJO, S.; SOFOS, J. N. Methodology for measuring malonaldehyde as a product of lipid peroxidation in muscle tissues: A review. **Meat Science**. v.35, n.2. p.145-169. 1993.
- RESCONI, V.C.; ESCUDERO, A.; CAMPO, M.M. The development of aromas in ruminant meat. **Molecules**. n.1, v.8, p. 6748-6781. 2013.
- RHEE, K. S.; ANDERSON, L. M.; SAMS, A. R. Comparação das alterações de sabor em cozidos refrigerados carne bovina, suína e de frango empanadas de carne. **Meat Science**, v.71, p.392-396, 2005.
- ROBARDS, K.; KERR, A. F.; PATSALIDES, E. Rancidity and its measurement in edible oils and snack foods. A review. **Analyst**. v.113, n.2. p.213-224. 1988.
- ROCCO, C. S. **Papel dos substitutos de gordura na elaboração de linguiças frescas**. 1999. Dissertação (Mestrado em Nutrição) – Departamento de Nutrição, Faculdade de Saúde Pública, 1999.

SALÁKOVÁ,A.; STRAKOVÁ,E.; VÁLKOVÁ,V. et al. Quality Indicators of Chicken Broiler Raw and Cooked Meat Depending on Their Sex. **Acta Veterinaria Brno**, v.78, p.497-504.2009.

SANTÉ-LHOUTELLIER, V.; ASTRUC, T.; MARINOVA, P.; et al. P. Efeito do cozimento da carne no estado físico-química e digestibilidade in vitro de proteínas miofibrilares. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.56, p. 1488-1494, 2008

SANTOS, H. C. et al. Influence of post-mortem aging in tenderness of chicken breast fillets. **Ciência Rural**, v. 34, n. 3, p. 905-910, 2004.

SHAHIDI, F.; ZHONG, Y. A oxidação lipídica e melhorar a estabilidade oxidativa. **Chemical Society**, v.39, p.4067-4079, 2010.

SIMOPOULOS, A. P. Summary of the nato advanced research workshop on dietary w-3 and w-6 fatty acids: biological effects and nutritional essentiality. **American Institute of Nutrition**, v. 22, p. 521-526, 1991.

SINNHUBER, R. O.; YU, T. C.; YU, T.C. Characterization of the red pigment formed in the 2-thiobarbituric acid determination of oxidative rancidity. **Journal of Food Science**. v.23, n.6. p-626-634. 1958.

SONGSAENG, S.; SOPHANODORA, J.; KAEWSRITHONG, T. et al. Variações na qualidade de ostras (*Crassostrea belcheri*) durante o armazenamento congelado em função de congelamento e antioxidante. **Food Chemistry**, v.123, p.286-290, 2010.

SOUZA, X. R. **Características de carcaça, qualidade de carne e composição lipídica de frangos de corte criados em sistemas de produção caipira e convencional**. 2004. 329f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

STEINER-ASIEDU, M.; JULSHAMN, K.; LIE, O. Effects of local processing methods (cooking, frying and smoking) on three fish species from Ghana: part I: proximate composition, fatty acids, minerals, trace elements and vitamins. **Food Chemistry**, v. 40, n.3, p.309-321, 1991.

TIMS, M. J.; WATTS, B. M. Protection of cooked meats with phosphates. **Food Technology**, n. 12, p. 240-243. 1958.

TSCHEUSCHNER, H. D. **Fundamentos de tecnologia de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 2001. 746 p.

- VEGA, J.D.; BREWER, M.S. Detectable odor thresholds of selected lipid oxidation compounds at various temperatures in a gelatin model system. **Journal of Food Lipids**. n.1, v. 3, p. 229-245. 1998.
- VIEIRA, J.O.; BRESSAN, M.C.; FARIA, P.B. et al. Efeito dos métodos de cocção na composição centesimal e colesterol do peito de frangos de diferentes linhagens. **Ciência e agrotecnologia**., Lavras, v.31, n 1, p 164-170. 2007.
- VOLJČ, M.; FRANKIČ, T.; LEVART, A.; NEMEC, M.; SALOBIR, J. Evaluation of different vitamin E recommendations and bioactivity of α -tocopherol isomers in broiler nutrition by measuring oxidative stress *in vivo* and the oxidative stability of meat. **Poultry Science**, v.90, p.1478-1488, 2011.
- WARNER, R.D.; DUNSHEA, F.R.; PONNAMPALAM, E.N.; COTTRELL, J.J. Effects of nitric oxide and oxidation *in vivo* and *post mortem* on meat tenderness. **Meat Science**, Barking, v.71, p.205-217, 2005.
- WASOWICZ, W.; NÈVE, J.; PERETZ, A. Optimized steps in fluorometric determination of thiobarbituric acid-reactive substances in serum: importance of extraction pH and influence of sample preservation and storage. **Clinical Chemistry**, v.39, n.12, 1993.
- WILLEMOT, C.; POSTE, L.M.; SALVADOR, J.; et al. Lipid oxidation in pork during warmed over flavor development. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**., n. 8, v. 4, p. 316-322. 1985.
- WOOD, J. D.; NUTE, G. R.; FURSEY, G. A. I. et al. The effect of cooking conditions on the eating quality of pork. **Meat Science**, v. 40 p. 127-135, 1995.
- XIA, X.; KONG, B.; LIU, Q. et al. Mudança físico-química e oxidação de proteínas no músculo Longissimus dorsi de suínos como influenciadas por diferentes ciclos de congelamento e descongelamento. **Meat Science**, v.83, p. 239-245, 2009.
- YOON, K.S. Texture and microstructure properties of frozen chicken breasts pretreated with salt and phosphate solutions. **Poultry Science**, v. 81, n. 12, p. 1910-1915, 2002.
- YOUNG, L. L.; PAPA, C. M.; LYON, C. E. et al. Moisture retention and textural properties of ground chicken meat as affected by sodium tripolyphosphate, ionic strength and pH. **Journal of Food Science**. v. 57, p. 1291-1293, 1992.

Artigo elaborado segundo as normas da revista *Brazilian Journal of Animal Science*

PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND LIPID OXIDATION OF INNER FILLETS FROM BROILERS SUBJECTED TO DIFFERENT THERMAL PROCESSING TYPES

Naiara Nogueira Arguelo¹ Elis Regina de Moraes Garcia² Jorge Antonio Ferreira de Lara³

André Luiz Julien Ferraz⁴

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effects of different types of thermal processing on the physiochemical characteristics and lipid oxidation of chicken broiler inner fillets. The study was divided into three assays: the first used 50 chicken inner fillets, divided into five groups, totaling 10 samples in each group. Each group was subjected to different cooking methods, namely: water bath, electric oven, microwave oven, deep frying and grill. The analyzed variables were: loss in cooking weight (CWL) and lipid oxidation by thiobarbituric acid reactive substances (TBARS). The second assay used 50 chicken inner fillets, divided into five groups, totaling 10 samples per group. Each group was subjected to different cooking methods (identical to the previous ones), stored for 48 hours under refrigeration and reheated in a microwave oven. The variable analyzed in the second assay was lipid oxidation (TBARS). The third assay evaluated 30 samples of chicken inner fillets, subjected to three different freeze-thaw cycles, with analyses carried out over one, four and eight freeze-thaw cycles. The analyzed variables were: pH,

¹ Acadêmica do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Aquidauana, Aquidauana-MS, Brasil.

¹ Professor do Curso de Graduação e do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Aquidauana – Rodovia Aquidauana/UEMS - Km 12 - CEP: 79.200-000 – Aquidauana-MS, Brasil. E-mail: ermgarcia@uems.br (autor para correspondência).

¹ Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Pantanal – Corumbá, Mato Grosso do Sul, Brasil

⁴ Professor da Curso de Graduação e do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Aquidauana-MS, Brasil.

myofibrillar fragmentation index (MFI), water retention capacity (WRC) and lipid oxidation (TBARS). It is concluded that the deep frying and microwave oven cooking methods lead to greater lipid oxidation of chicken inner fillets; however, deep frying causes the highest loss in cooking weight. Reheating chicken inner fillets in microwave oven causes the highest lipid oxidation in meat. Additional freeze-thaw cycles raise values of pH, MFI, WRC and TBARS of chicken inner fillets.

Keywords: cooking, freezing, myofibrillar fragmentation index, lipid oxidation, reheating.

INTRODUCTION

Brazil's poultry meat market has expanded consistently, configured into a successful production chain, not only domestically but achieving worldwide leadership. This competitiveness demands constant technological improvement, standardization, and especially strict product quality control (Brossi, 2007).

There is currently a significant demand for boneless chicken cuts, particularly of choice cuts such as breast and legs (Pavan *et al.*, 2003). In this scenario, the inner fillet, known sometimes as the fillet mignon of chicken breast, has gained popularity in the market. This cut is found along the bone and cartilage of the breast, is small and elongated, white in color, low in fat and sold without skin (Lopes Comercial, 2014). Until now there have been few studies on this cut.

Thermal processing can alter the chemical composition of meat products. Among the different types of processing is cooking, the most commonly applied method for meat consumption. Cooking promotes the Maillard reaction, which is a conversion of collagen into gelatin, protein denaturation and can lead to changes in fats, resulting in peculiar odor in each meat type (Bobbio & Bobbio, 1995).

Reheating is another heating method that can alter the chemical composition of pre-cooked meats due to the possible oxidation of polyunsaturated fatty acids (Pearson *et al.*, 1977; Willemot *et*

al., 1985), unleashing the development of *warmed over flavor* (WOF) . The development of undesirable aromas or flavors is a great challenge for meat processors due to the increasing demand for pre-cooked meats in recent decades (Luciano *et al.*, 2009).

Another type of thermal processing that can cause positive and negative effects in meat products is freezing, which serves to preserve meat quality, both domestically and industrially. However, gradual losses in quality attributes can occur during storage under low temperatures, such as oxidation, osmotic release of water and protein denaturation, adversely affecting the shelf life of frozen products (Benjakul *et al.*, 2003). Among these changes, lipid oxidation can be considered the most responsible for the greatest causes of flavor deterioration and lower useful life of products due to the onset of peroxidation (Angelo *et al.*, 2009).

With that, this study was developed to evaluate the effects of different types of thermal processing on the physiochemical characteristics and lipid oxidation of broiler inner fillets.

MATERIAL AND METHODS

Three assays, which took place from February to July 2014, were carried out using inner chilled chicken breast fillets, belonging to the same shipment directly from the broiler slaughterhouse. After acquisition, the samples were immediately sent to the meat laboratory, stored in plastic containers containing five inner fillets each, labeled, and frozen at -18°C for 30 days for later analysis.

-Assay I

In the first assay, the inner fillets were arranged in an entirely randomized design, with five treatments and 10 replications, totaling 50 samples. Each group was subjected to a cooking treatment and each chicken inner fillet was regarded as one experimental unit. After freezing the inner fillets, the samples were thawed, weighed (starting weight) and subjected to lipid oxidation

analysis by the thiobarbituric acid reactive substances method (TBARS), as per the methodology described by Vyncke (1970).

For thawing, the samples were arranged on a polyethylene tray, protected by a plastic film and kept in a refrigerated environment during a period of 12 hours, so that all fillets were under the same conditions.

Later, all samples were subjected, individually, to the following cooking processes:

a) Water bath (WB): the samples previously placed in polyethylene bags were placed in water preheated at 80°C for approximately six minutes in order to cook the inner fillets, indicated by the internal temperature of 72°C.

b) Electric oven (EO): the samples were placed in a non-stick aluminum baking pan, and baked in an oven preheated to 150 °C for approximately six minutes until reaching an internal temperature of 72°C.

c) Microwave oven (MO): the samples were placed in a glass pan and cooked at maximum power for approximately two and a half minutes, until reaching an internal temperature of 72°C.

d) Deep frying (DF): the samples were placed in a non-stick frying pan with 15 mL of soybean oil, and turned once after one and a half minute for each side of the inner fillet, totaling three minutes immersed in oil until reaching the internal temperature of 72°C. After frying, the samples were placed on absorbing paper to remove excess oil and to cool down.

e) Grilling (GR): the samples were placed in a grill preheated to 180°C for approximately eight minutes; each chicken inner fillet was turned once in an interval of approximately four minutes until reaching an internal temperature of 72°C.

For all treatments, the internal temperature of the samples was detected individually using a meat thermometer. The time and temperature used for each method were obtained in a previous assay.

After the cooking processes, the samples were cooled at room temperature, arranged in polyethylene trays wrapped in plastic film, weighed (final weight), with another analysis of lipid oxidation (mg of malonaldehyde per kg of sample). The loss in cooking weight (CWL) was calculated considering the differences between starting and final weights.

-Assay II

In the second assay, the inner fillets were arranged in an entirely randomized design with five treatments and 10 replications, totaling another 50 samples. Each chicken inner fillet was regarded as one experimental unit. After freezing, the samples from each group were thawed and later subjected to the same cooking processes as the first study, cooled at room temperature and subjected to lipid oxidation analysis (Vyncke, 1970). Later, the samples were placed in polyethylene trays, wrapped in plastic film and stored under refrigeration for 48 hours. Next, they were reheated for four minutes in a microwave oven at high power, cooled at room temperature and subjected once again to lipid oxidation analysis (Vyncke, 1970).

-Assay III

In the third assay, the inner fillets were arranged in an entirely randomized design with three treatments (freezing/thawing cycles), 30 replications, and each chicken inner fillet was regarded as one experimental unit. The samples were wrapped, numbered individually and subjected to three different freeze/thaw cycles (one, four and eight times).

The samples were weighed individually in an analytical balance ($\pm 0.0001\text{g}$) and later divided longitudinally into three equal parts, each of which was analyzed in an freeze/thaw cycle, and the remaining parts were returned to the freezer (-18°C).

To that end, first the samples were removed from the freezer during the afternoon and remained under refrigeration overnight until total thawing. The next morning, the part to be analyzed was removed from the same samples and the remainder was returned to the freezer to continue the second freeze cycle.

The analyses carried out were: pH, myofibrillar fragmentation index (MFI) (Culler *et al.* 2009), water retention capacity (WRC) (Lakshmanan *et al.*, 2007) and lipid oxidation (TBARS) (Vyncke, 1970).

The data were subjected to analysis of normality using the Shapiro-Wilk test and analysis of variance, with the means compared through Tukey's test ($p \leq 0.05$), using SAS software.

RESULTS AND DISCUSSION

The results demonstrated an effect ($p < 0.05$) of the different types of cooking on water loss from cooking (Table 1) of the broiler inner fillets, with the lowest values observed in cooking by water bath (16.70%) and microwave oven (17.24%).

Table 1. Mean values for cooking loss (CWL) of chicken inner fillets cooked in water bath (WB), electric oven (EO), microwave oven (MO), deep frying (DF) and grill (GR)

	WB	EO	MO	DF	GR	Mean	SEM*
CWL (%)	16.70 ^c	23.48 ^b	17.24 ^c	30.11 ^a	19.39 ^{bc}	21.38	0.88

*Standard Error of the Mean. Means in the same row, followed by different lowercase letters, differ significantly by Tukey's test ($p \leq 0.05$).

When using conventional heating forms (direct flame, hot air, direct contact with hot grill and similar others) in meat cooking, the heat sources cause the food molecules to heat up from the surface to the inside of the muscle mass, so that heating occurs in successive layers. This determines the cooking of the outside of the piece – that is, protein coagulation, forming a film, which prevent any loss of meat components to the outside before its internal temperature rises, resulting in lower cooking losses (Potter & Hotchkiss, 1995).

However, heat transfer in a microwave oven occurs through electromagnetic irradiation, emitted by a warm body and absorbed by a cold body, which determines an increase in kinetic

energy, causing thermal excitation in which the distribution of temperature is homogenous from the area in which the temperature is high to where the temperature is low (Araújo, 1982). Thus, heat is quickly generated and distributed evenly throughout the piece, the molecules enter into ebullition inside the item and the steam heats the adjacent solids through conduction that escapes to the outside (Girard, 1991), which causes greater water loss through this cooking method. However, in the present study, as soon as the internal temperature of the meat reached 72 °C heating was interrupted, minimizing water loss to the outside.

The results found in this work differ partially from those obtained by Rosa *et al.* (2006), who, comparing the effects of different cooking methods (cooking in water, conventional oven, grill, microwave oven and deep frying) for broiler breast and leg, observed greater weight loss from cooking for cooking under microwave oven (32.49%), followed by deep frying (29.18%), with the lowest losses in cooking weight (CWL) when the samples were cooked in a grill (23.46%).

The highest loss in cooking weight found by Rosa *et al.* (2006) by the microwave oven method may likely be explained by cooking time, which was 10 minutes for breast samples and 12 minutes for leg samples – longer than used in this study. Another point may that may have interfered in that result is the non-measurement of the internal temperature of the cuts by those authors, which may have been higher than 72°C, leading to greater evaporation of meat nutrients. Moreover, inner fillets are special cuts that differ from conventional cuts applied in chicken carcasses, which may also have influenced the result.

Vieira (2005), comparing the methods: cooking in water, deep frying, baked in conventional oven and in microwave oven, reported lower weight losses in deep-fried and water-cooked chicken fillets, which partially corroborates the results found in the present study.

Califano *et al.* (1997) affirmed that upon heating a meat product at temperatures between 40°C and 60°C, there is considerable actin denaturation, and this effect is responsible for the loss of fluids that occurs in the product. However, the literature defines meat cooked at internal

temperatures of 60 °C as “rare”, 71 °C “medium” and 77 °C “well done” (Savell *et al.*, 1998), indicated greater losses of water in the product when cooking occurs at higher temperatures. The highest percentage of loss from cooking in the deep frying treatment found in the present work likely occurred due to the high temperature to which the samples were exposed, leading to greater protein denaturation and, consequently, greater loss of fluids in the meat.

The results demonstrated that the differences in malonaldehyde concentration for chicken inner fillets *in natura* and cooked using the deep frying and microwave oven methods were greater ($p < 0.05$), with the lowest difference obtained with grill cooking (Table 2). However, the treatments based on water bath and electric oven did not differ from ($p > 0.05$) the remaining treatments.

Table 2. Mean values and differences in malonaldehyde concentration for chicken inner fillets *in natura* and cooked in water bath (WB), electric oven (EO), microwave oven (MO), deep frying (FDFO) and grill (GR)

	Malonaldehyde (mg/kg)		
	<i>In natura</i>	Cooked	Difference*
WB	0.1325	0.2945	0.1621 ^{ab}
EO	0.1432	0.2725	0.1293 ^{ab}
MO	0.1512	0.3295	0.1783 ^a
DF	0.1616	0.3487	0.1871 ^a
GR	0.1627	0.2616	0.0989 ^b
Mean	0.1502	0.3014	0.1511
SEM**	0.0031	0.0086	0.008
P Value			0.0022

*(Cooked – *In natura*) **Standard Error of the Mean. Means in the same column, followed by different lowercase letters, differ significantly by Tukey’s test ($p \leq 0.05$).

The microwave oven cooking method caused greater oxidation likely because it was directly linked the reactions of fat oxidation initiation. Lipid oxidation consists of three main phases: initiation, propagation and termination (Sevanian & Hochstein, 1985), and in meats, fat oxidation initiation reactions can take place through the actual thermal degradation of the organic matter or by using microwave ovens, through energy absorption (Ferrari, 1998).

Another method that increases the lipid oxidation of inner fillets is deep frying, and this process can be explained by the actual autoxidation – a process in which it is the main mechanism of oxidation for oils and fats (Berger & Hamilton, 1995). With that, immersing meat samples in oil likely increases lipid levels in their composition, causing greater lipid oxidation in the samples subjected to the deep frying process.

To avoid oil autoxidation, the incidence of all factors that favor it must be reduced, lowering as much as possible the levels of temperature and light (Ramalho & Jorge, 2006); nevertheless, it is essential to increase temperature when oils are used for cooking. This temperature increase can complement the change in lipid oxidation in the deep frying treatment, as it combines the high temperature of the cooking process with the greater availability of fatty acids susceptible to oxidation (Silva, 2013).

The processes of oxidation during cooking are more influenced by long time and lower temperature than by short time and higher temperature; and because the samples showed higher levels of oxidation compounds, despite the low temperature and short tempo, it is suggested that there is some sort of interaction between the microwave oven and meat fat that causes oxidation of polyunsaturated fatty acids (Broncano *et al.*, 2009), which might explain the increase in lipid oxidation observed in the microwave oven cooking process.

Broncano *et al.* (2009), analyzing the *Latissimus dorsi* muscle of pigs treated with different cooking methods, determined that cooking in microwave oven caused slightly lower lipid oxidation compared to the frying and baking processes in traditional oven, which partially concurs with the results obtained in this study.

Some enzymes can inhibit lipid oxidation, such as glutathione peroxidase, which catalyzes the reduction of organic hydroperoxides, protecting lipoproteins and membranes. However, the activity of glutathione peroxidase, as well as that of most enzymes, is reduced as heating temperature increases, which may lead to greater lipid oxidation of food items, regardless of

cooking method (Thomas, 1990; Arthur, 2000), as observed in this work.

The differences in malonaldehyde concentrations between the cooked samples and after reheating were greater ($p < 0.05$) in inner fillets subjected to the cooking method under microwave oven compared to the other treatments (Table 3).

Table 3. Mean values and differences in malonaldehyde concentration for chicken inner fillets reheated and cooked in water bath (WB) , electric oven (EO), microwave oven (MO), deep frying (DF) and grill (GR)

	Malonaldehyde (mg/kg)		
	Cooked	Reheated	Difference*
WB	0.2160	0.4382	0.2222 ^b
EO	0.2363	0.3126	0.0763 ^b
MO	0.4318	1.0851	0.6533 ^a
DF	0.2787	0.2496	-0.0291 ^b
GR	0.2580	0.3149	0.0570 ^b
Mean	0.2842	0.4801	0.1959
SEM**	0.0161	0.0567	0.0451
P Value	<0.0001		

*(Reheated - Cooked). **Standard Error of the Mean. Means in the same column, followed by different lowercase letters, differ significantly by Tukey's test ($p \leq 0.05$).

TBARS greater than 1 mg of malonaldehyde per kg of sample are perceptible, resulting in *off flavors* (Djenane *et al.*, 2002). The samples that showed values near 1 mg were those subjected to cooking and later reheating using microwave oven. The results showed that cooking with microwave oven is the process that most influences (60.21%) lipid oxidation when the chicken inner fillets are reheated, compared to the samples *in natura*.

Cooking is one of the main causes of lipid oxidation of meat products; protein denaturation occurs during this process, due to heating. However, when reheating pre-cooked meats, chelating denaturated proteins release active iron, acting a catalyzing agent of oxidation reactions, responsible for the development of *warmed over flavor* in reheated meats (Igene *et al.*, 1980).

When evaluating the values regarding the different freezing cycles for chicken inner fillets

(Table 4), it was observed that pH values were influenced ($p < 0.05$) throughout the freezing cycles. The pH values of the first cycle were lower (6.03), when compared to the other freezing cycles. Conversely, starting with the fourth freezing cycle, pH values remained unchanged, indicating a stabilization in that variable.

Table 4. Mean values observed for pH, malonaldehyde concentration, myofibrillar fragmentation index (MFI) and water retention capacity (WRC) of broiler inner fillets subjected to different freezing cycles

Freezing cycles	pH	Malonaldehyde (mg/kg)	MFI (%)	WRC (%)
1 time	6.03 ^b	0.1439 ^c	58.51 ^c	63.06 ^c
4 times	6.22 ^a	0.4035 ^b	63.57 ^b	64.10 ^b
8 times	6.25 ^a	0.4909 ^a	67.65 ^a	65.21 ^a
Mean	6.17	0.3461	63.24	64.13
SEM*	0.02	0.0159	0.47	0.19
P Value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

* Standard Error of the Mean. Means in the same column, followed by different lowercase letters, differ significantly by Tukey's test ($p \leq 0.05$).

Contradictory results were found by Ali *et al.* (2015), who while analyzing the influence of freezing cycles (six cycles) of chicken breast fillets on pH, observed a decrease in the levels of that a variable as freezing cycles increased.

For water retention capacity (WRC), there was a significant effect throughout all three freezing cycles. The highest values were found in the inner fillets subjected to eight freezing cycles, and the lowest values with only one freezing cycle. The inner fillets that were frozen four times differed from the remaining treatments.

When studying the effect of freezing in chicken meat, Hernandez (2005) concluded that WRC values were lower in fresh meats. It is known that WRC is a variable influenced by general factors (Forrest *et al.*, 1979), defined by the ability of the meat to retain its own water during the application of external forces, such as freezing. With that, it is assumed that the higher the external forces applied on the meat, the lower will be the water retention capacity of the meat.

WRC and pH showed higher values when subjected to eight freezing cycles, which confirms the positive correlation between these Variables (Ngapo *et al.*, 1999; Zapata *et al.*, 2006) and suggests that as pH rises, the higher will be the capacity of the meat to retain water.

The myofibrillar fragmentation index (MFI) is frequently used, as it predicts more than 50% of the variation in meat softness (Hopkins *et al.*, 2000; Veiseth *et al.*, 2001). In the present study, the samples were not large enough to determine the shearing force or sensorial analysis.

For MFI, differences were observed ($p < 0.05$) among the freezing cycles, with the lowest values for inner fillets frozen once, and the highest for eight times. The samples subjected to four freezing times differed ($p < 0.05$) from the other treatments.

According to Culler *et al.* (2009), meats with MFI values over 60 are considered to have satisfactory texture, and overall the results for MFI were within the recommended value (average 63.24).

The fragmentation of myofibrils caused by autolysis and the severity of the cold/heat cycles may have influenced the increase in WRC, given that the pH did not show significant differences between treatments following thawing/freezing cycles.

With the increase in freezing cycles, there was a rise ($p < 0.05$) in malonaldehyde levels in the samples, with the highest values of malonaldehyde found when subjected to eight freezing cycles, followed by four, and one freeze/thaw cycle.

Similar results were found by Ali *et al.* (2015), who while studying the effect of freeze/thaw cycles (six cycles) on lipid oxidation, observed a considerable increase in the concentration of malonaldehyde thawed chicken breasts starting in the fourth freezing cycle, and even greater in the fifth and sixth cycles.

CONCLUSION

Deep frying and microwave oven are the cooking processes that cause the highest lipid oxidation in chicken inner fillets; however, the loss in cooking weight is even greater when deep fried.

When reheating chicken inner breast fillets, microwave oven use increases lipid oxidation.

The three freezing cycles (one, four and eight times) increase pH, water retention capacity, myofibrillar fragmentation index and lipid oxidation, acting to worsen the quality of broiler chicken inner fillets.

Research on cooking methods and freezing cycles are still scarce, highlighting the importance of studies evaluating thermal processing methods in meat products, in order to disseminate that knowledge to the public, as well as reduce consumer intake of oxidized food items, given that meat cooking and freezing are domestic processes as well.

REFERENCES

- Ali S, Zhang W, Rajput N, Khan MA, Li CB, Zhou GH. Effect of multiple freeze-thaw cycles on the quality of chicken breast meat. *Food Chemistry* 2015; 173:808-814.
- Angelo AJSt, Vercellotti J, Jacks T, Legendre M. Lipid oxidation in foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 2009; 36(3):175-224.
- Araújo C. Transmissão de calor. 2 ed. Rio de Janeiro; RJ / : LTC; 1982.
- Arthur JR. The glutathione peroxidases. *Cellular and Molecular Life Sciences* 2000; 57:1825–1835.
- Benjakul S, Visessanguan W, Thongkaew C, Tanaka M. Comparative study on physicochemical changes of muscle proteins from some tropical fish during frozen storage. *Food Research International* 2003; 36(8):787-795.
- Berger KG, Hamilton RJ. Lipids and oxygen: is rancidity avoidable in practice. In: Hamilton RJ, editor. *Developments in oils and fats*; 1995; Londres: Springer; 1995. p.269.

Bobbio PA, Bobbio FO. Química do processamento de alimentos. 2 ed. São Paulo; SP / Varela; 1995.

Broncano JM, Petróñ MJ, Parra, V. Timón ML. Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of free cholesterol oxidation products (COPs) in Latissimus dorsi muscle of Iberian pigs. Meat Science 2009; 83(3):431- 437.

Brossi, C. Qualidade de carne de frango: efeito do estresse severo pré-abate, classificação pelo uso da cor e marinação. [Dissertation]. Piracicaba (SP): Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz; 2007.

Califano NA, Bertola NC, Bevilacqua AE, Zaritzky NE. Effect of processing conditions on the hardness of cooked beef. Journal of Food Engineering 1997; 34(1):41-54.

Culler RD, Parrish JRFC, Smith GC, Cross HR. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. Journal of Food Science 2009; 43(4): 1177–1180.

Djenane D, Sanchez-Escalante A, Beltrán JA, Roncalés P. Ability of α - tocopherol, taurine and rosemary, in combination with vitamin C, to increase the oxidative stability of beef steaks packanged in modified atmospheres. Food Chemistry 2002; 76(4):407-415.

Ferrari CKB. Oxidação lipídica em alimentos e sistemas biológicos: mecanismos gerais e implicações nutricionais e patológicas. Revista de Nutrição 1998; 11(1):3-14.

Forrest JC. Fundamentos de ciencia de la carne. 1 ed. Zaragoza; Acribia; 1979.

Girard JP. Tecnologia de la carne y los productos cárnicos. Zaragoza; Acribia; 1991.

Hernández AJR. Efecto Del método de congelamiento sobre lãs características fisicoquímicas y organolépticas de La carne de pechuga de pollo. [Dissertation]. Porto Rico: Universidade de Porto Rico; 2005.

Hopkins DL, Littlefield PJ, Thompson JM. A research note on fators affecting the determination of myofibrillar fragmentation. Meat Science 2000; 56(1):19-22.

Igene JO, Pearson AM, Dugan JRLR, Price JF. Role of triglycerides and phospholipids on development of rancidity in model meat systems during frozen storage. Food Chemistry 1980; 5(4):263-276.

Lakshmanan R, Parkinson JA, Piggott JR. High-pressure processing and waterholding capacity of fresh and cold-smoked salmon (*Salmo salar*). LWT- Food Science and Technology 2007; 40(3):544-551.

Lopes Comercial. Filezinho de Peito (Sassami). 2014. Available in:

<http://www.lopescomercial.com.br/Produto/36185/filezinho-de-peito-sassami->. Access: July 20, 2015.

Luciano G, Monahan FJ, Vasta V, Pennisi P, Bella M, Priolo A. Lipid and colour stability of meat from lambs fed fresh herbage or concentrate. Meat Science 2009; 82(2):193-199.

Ngapo TM, Babare IH, Reynolds J, Mawson RF. Freezing and thawing rate effects on drip loss from samples of pork. Meat Science 1999; 53(3):149-158.

Pavan AC, Mendes AA, Oliveira EG, Denadai JC, Garcia RG, Takita TS. Efeito da linhagem e do nível de lisina da dieta sobre a qualidade da carne do peito de frangos de corte. Revista Brasileira de Zootecnia 2003; 32(6):1732-1736.

Pearson AM, Love JD, Shorland FB. “*Warmed-over flavor*” in meat, poultry, and fish. New York; N.Y / Advances in Food Research; 1977.

Potter NN, Hotchkiss JH. Ciência de lós Alimentos. 5 ed. Zaragoza; Acribia; 1995.

Ramalho VC, Jorge N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. Química Nova 2006; 29(4):755-760.

Rosa FC, Bressan MC, Bertechini AG, Fassani EJ, Vieira JO, Faria PB, Savian TV. Efeito de métodos de cocção sobre a composição química e colesterol em peito e coxa de frangos de corte. Ciência e Agrotecnologia 2006; 30(4):707-714.

Savell JW, Smith GC. Laboratory Manual for Meat Science. 6 ed. Boston; MA / American Press; 1998.

Sevanian A, Hochstein P. Mechanisms and consequences of lipid peroxidation in biological systems. Annual Review of Nutrition 1985; 5:365-390.

Silva CE. Elaboração e avaliação de hambúrgueres de carne bovina com substituições de toucinho por farinha de linhaça. [Dissertação]. Londrina(PR): Universidade Tecnológica Federal do Paraná; 2013.

Thomas JP, Maiorino M, Ursini F, Girotti AW. Protective action of phospholipid hydroperoxide glutathione peroxidases against membrane-damaging lipid peroxidation. In situ reduction of phospholipids and cholesterol hydroperoxides. Journal of Biological Chemistry 1990; 265(1):454-461.

Veiseth E, Shackelford SD, Wheller TL, Koohmaraie M. Technical note: comparison of myofibril fragmentation index from fresh and frozen pork and lamb longissimus. Journal of Animal Science 2001; 79(4):904-906.

Vieira JO. Métodos de cocção na composição centesimal, colesterol e perfil de ácidos graxos do peito de frangos criados no sistema convencional e alternativo. [Dissertação]. Lavras (MG): Universidade Federal de Lavras; 2005.

Vyncke W. Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. Fette-Seifen Anstrichmittel 1970; 72(12):1084-1087.

Willemot C, Poste LM, Salvador J, Wood DF. Lipid oxidation in pork during warmed over flavor development. Canadian Institute of Food Science and Technology Journal 1985; 8(4):316-322.

Zapata JFF, Andrade AA, Assunção GM, Barreto CSC, Abreu VKG. Avaliação preliminar do armazenamento em congelamento sobre a qualidade da carne de peito de frango de dois tipos genéticos. Brazilian Journal Food Technology 2006; 9(3):185-191.

CAPÍTULO 3 – Considerações Finais

A avicultura de corte tem evoluído muito nos últimos anos e, como segmento importante na produção de alimento de alto valor biológico, tem se adequado às técnicas que possibilitam a melhoria da eficiência de produção das aves.

Os resultados obtidos neste trabalho demonstram que os métodos de aquecimento (frito em óleo e microondas) e congelamento (ciclo de oito vezes de congelamento e descongelamento) afetam a qualidade nutricional da carne, mais precisamente a oxidação lipídica, ocasionando uma deteriorização do produto final da carne.

No entanto, pesquisas sobre métodos de cocção e ciclos de congelamento ainda são escassos, ressaltando a importância de pesquisas que avaliem os processamentos térmicos em produtos cárneos, para promover a disseminação de tais conhecimentos ao público, bem como para os consumidores minimizarem a ingestão de alimentos oxidados, uma vez que o cozimento e congelamento de carnes são processos inteiramente domésticos.

Um ponto importante é a demanda crescente do sassami de frango, um corte nobre comercializado no mercado interno e de exportação é que não há pesquisas relacionadas a este corte.

Dessa forma tornam-se necessárias pesquisas sobre a melhor forma de cozer carnes avícolas, mais precisamente os sassamis de frango, bem como informar aos consumidores a maneira correta e quantidade de ciclos de congelamento adequados para manter a vida de prateleira, possibilitando que o consumidor adquira um produto de maior qualidade nutricional.

Elementos complementares – pós textuais

Análises Laboratoriais

Perda de peso por cozimento

A perda de peso por cozimento (PPC) foi determinada com o auxílio de balança analítica ($\pm 0,001\text{g}$) por meio das pesagens das amostras antes e após o cozimento.

$$\text{Perda pelo cozimento (\%)} = \frac{\text{peso após cozimento} - \text{peso antes cozimento}}{\text{peso antes do cozimento}} \times 100$$

pH

A leitura do pH foi mensurada em três pontos das amostras de sassamis com auxílio do potenciômetro digital portátil Toledo® acoplado com eletrodo para carnes, devidamente calibrado com as soluções tampão 4 e 7.

Capacidade de retenção de água

Para a determinação da capacidade de retenção de água (CRA) utilizou-se a metodologia proposta por LANKHMANAN et al. (2007). Foram pesadas aproximadamente 1 g de amostras em triplicata, posteriormente foram dispostos em eppendorf com papel filtro e submetidos por uma centrifugação a 1500 rpm, durante quatro minutos.

Após a centrifugação as amostras foram novamente pesadas, arranjadas em bandejas de polietileno devidamente identificadas, e colocadas em estufa a 70°C por 12 horas, para a obtenção da secagem das amostras. Após a secagem foi obtida o peso da amostra seca.

A porcentagem de CRA foi obtida pela diferença do peso da amostra de carne após centrifugação e o peso da amostra após secagem, sendo essa diferença dividida pelo peso inicial da amostra e posteriormente multiplicada por 100. Os resultados foram expressos em porcentagem.

$$\text{CRA} = \frac{\text{PAPC-PAS}}{\text{peso inicial}} \times 100$$

PAI

PAI = Peso da amostra inicial

PAPC = Peso da amostra pós-centrifugação

PAS = Peso da amostra seca

Oxidação lipídica

Para a análise de oxidação lipídica foi utilizado o método de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), conforme a metodologia proposta por VYNCKE (1970).

Para análise de TBARS foram pesados cinco gramas de amostra e armazenados em sacos de polietileno. Foram adicionados 25 mL de ácido tricloroacético (TCA) a 7,5% e homogeneizados por um minuto em homogeneizador de amostras. A solução adquirida foi filtrada e 4 mL do filtrado foram pipetados em tubos de ensaio em triplicatas. Ao filtrado foram adicionados 1 mL de TCA a 7,5% e 5 mL de ácido tiobarbitúrico (TBA) a 0,02 M. Os tubos foram fechados e levados a fervura em banho maria por 40 minutos.

Após, as amostras foram resfriadas em temperatura ambiente e os valores de TBARS foram determinados por espectrofotometria com leitura a 538 nanômetros.

Índice de fragmentação miofibrilar

A determinação do Índice de Fragmentação Miofibrilar (IFM) foi realizada conforme a metodologia descrita por CULLER et al. (1978).

Foram separados 3,0 g de músculo, livres de tecido adiposo e tecido conjuntivo. As amostras foram homogeneizadas em 30 mL de tampão de Índice de Fragmentação Miofibrilar (TFMI) à 2°C (100 mM KCL , 20 mM de fosfato de potássio, 1 mM de EDTA, 1 mM MgCl₂ e 1 mM NaN₃,) duas vezes por 30 segundos. Após a homogeneização as amostras foram centrifugadas a 1200 RCF por 15 min a 2°C, descartando o sobrenadante. O sedimento foi dissolvido em 30 mL de TMFI (2°C), utilizando um bastão de vidro até dissolver o sedimento completamente e centrifugado novamente a 1200 RCF por 15 min a 2°C. Foi descartado o sobrenadante, e a porção de gordura e o sedimento foram ressuspensos em 7,5 mL de TMFI (2°C).

O tubo foi agitado em vórtex até que o sedimento fosse completamente dissolvido. As amostras foram filtradas e armazenadas em tubos (15 mL) identificados e refrigerados. Em seguida, foi extraída a proteína, em triplicata para cada suspensão. Foram colocados 0,75 mL de TMFI e 0,25 mL de amostra em tubo de ensaio e adicionados 4 mL de reagente de biureto. Foram preparados o branco com 1 mL de TMFI e 4 mL de reagente de biureto. Posteriormente, foram realizadas as leituras em absorbância no comprimento de onda de 540 nm, sendo obtidos os valores de MFI pelo seguinte cálculo $MFI = 200 \times \text{absorbância}$ (CULLER et al., 1978).