

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

ROSEMAR FRIGOTTO SAGGIN

**RESFRIAMENTO POR VENTILAÇÃO: IMPACTOS NA QUALIDADE
DA CARNE DE PERU (*Meleagris gallopavo*)**

LONDRINA
2018

ROSEMAR FRIGOTTO SAGGIN

**RESFRIAMENTO POR VENTILAÇÃO: IMPACTOS NA QUALIDADE
DA CARNE DE PERU (*Meleagris gallopavo*)**

Dissertação de mestrado, apresentada ao Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Londrina, como requisito para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre da Trindade Alfaro

Coorientador: Prof^a. Dr^a. Naimara Vieira do Prado

LONDRINA
2018

TERMO DE LICENCIAMENTO

Esta Dissertação está licenciada sob uma Licença Creative Commons *atribuição uso não-comercial/compartilhamento sob a mesma licença 4.0 Brasil*. Para ver uma cópia desta licença, visite o endereço <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> ou envie uma carta para Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, Califórnia 94105, USA.



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca UTFPR - Câmpus Londrina

S129r Saggin, Rosemar Frigotto
Resfriamento por ventilação: impactos na qualidade da carne de peru
(*Meleagris gallopavo*) / Rosemar Frigotto Saggin. - Londrina : [s.n.], 2018.
92 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre da Trindade Alfaro
Coorientadora: Prof^a Dr^a Naimara Vieira do Prado
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos. Londrina, 2018.
Bibliografia: f. 39-44.

1. Indústria avícola. 2. Carne - Qualidade. 3. Carne - Resfriamento.
4. Ventilação. I. Alfaro, Alexandre da Trindade, orient. II. Prado, Naimara
Vieira, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
IV. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos. V. Título.

CDD: 664

Ficha catalográfica elaborada por Cristina Benedeti Guilhem - CRB: 9/911

FOLHA DE APROVAÇÃO

RESFRIAMENTO POR VENTILAÇÃO: IMPACTOS NA QUALIDADE DA CARNE DE PERU (*Meleagris gallopavo*)

por

ROSEMAR FRIGOTTO SAGGIN

Esta dissertação foi apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de MESTRE EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS – Área de Concentração: Tecnologia de Alimentos, pelo Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos – PPGTAL – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Câmpus Londrina às 14:00 h de 04 de setembro de 2018. O trabalho foi aprovado pela Banca Examinadora, composta por:

Prof. Alexandre Alfaro da Trindade, Dr.
UTFPR
Orientador

Profa. Cleusa Ines Weber, Dra.
UTFPR
Membro Examinador Titular

Prof. Sérgio Bertelli Pflanzler, Dr.
UNICAMP (SP)
Membro Examinador Titular

Prof. Lúcia Felicidade Dias
(Coordenadora do PPGTAL)

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Programa de Mestrado Profissional em Tecnologia de Alimentos.

Aos meus colegas de trabalho do
Abatedouro Frigorífico de Perus – Linha
02, que não mediram esforços durante a
execução da coleta de dados, dedico.

AGRADECIMENTOS

É impossível agradecer somente em uma página, a todos que fizeram o projeto acontecer. Preciso agradecer muito a todos!!

Aos meus pais, em especial a minha Mãe, que não estava aqui ao meu lado, mas que sempre, durante toda minha vida, está rezando, pedindo proteção e que Deus me conceda sabedoria para eu ir em frente, seja nos desafios da vida de estudante, da vida profissional e agora, novamente na vida de estudante. Esse trabalho também é pela Senhora... para a Senhora!!

Totinho, meu esposo querido, compreendeu minha presença temporária em casa e a minha mente ausente da nossa vida de casal, compreendeu a minha dedicação aos estudos e ao meu trabalho durante o mestrado, restando poucas horas de convívio para a gente. Agradeço muito toda a compreensão da importância que é realizar esse sonho e por ser parceiro e permitir eu dividir com ele minhas angústias, meu cansaço. Agradeço pelos lanchinhos deliciosos que fazia e trazia para eu me alimentar enquanto passava horas estudando. Alimentada com muito amor e estímulo para seguir sempre em frente!

Anito, Marcio, Rafael, Rafa, Alcení, Marcelo, Alexsandro, Sidinei, Giovane, Rudinei, Luciano, Charles, Gaúcho, Jéssica, Márcia, Pâmela, Ana, Voneci, Faísca, Cleverson, Elisandro, Drica, Vanderlei, Ademar e mais os colegas que peço desculpas por não lembrar o nome agora. Foram cerca de 48.425,31kg (quarenta e oito mil, quatrocentos e vinte e cinco quilogramas e trezentas e dez gramas) de carcaças de peru, erguidos durante os dias de coleta de dados para o projeto. Minha gratidão é eterna aos meus colegas de trabalho do abatedouro de perus linha 02, do primeiro e do segundo turno, da sala de evisceração, da pendura da entrada da câmara de resfriamento fase 01 e da entrada da câmara de resfriamento fase 02, da pendura dos cortes condicionais. Foram literalmente fortes, pois fizeram a parte mais pesada e sem a boa vontade em ajudar e sem a cooperação de todos, eu não teria avaliado uma carcaça sequer, ou seja, não existiria projeto de mestrado. Cada carcaça que ergueram, cada carrinho pesado que empurraram para mim, cada porta que ajudaram abrir para eu passar, cada corrida na sala de cortes para buscar carrinho vazio, cada palavra de apoio durante os dias de teste, dos cuidados que tiveram comigo quando adoeci, lembrarei para sempre a solidariedade e a torcida para que o trabalho desse

certo. Indiferente do resultado, trabalhar com vocês foi muito gratificante!! Todo meu carinho, admiração, gratidão a todos. O esforço dos meus colegas da sala de cortes do abatedouro de perus linha 02 para encaixar na rotina do dia-a-dia o tempo para preparar a sala e coletar as amostras. Tenho muita sorte por ter tido pessoas como vocês no meu caminho, capazes de tornar possível um trabalho desse tamanho e com esse peso!

E tudo seria ainda mais difícil se não tivesse o suporte de alguns colegas de trabalho, me ajudando naqueles momentos de coleta de dados, pesagem, anotações, embalagem de amostras, corridas para buscar termômetro, lacrar velocidade da nórea, guardar amostras na câmara de estocagem, separar amostras congeladas, almoçar juntos nos intervalos de teste, compartilhar os acertos e os erros. Gratidão enorme ao Maycon Meyer, Isabela Neves, Rodrigo Berto, Mateus Wolf, Pangarte, Éder Mochnacz, Vilnei Kunhen, Marcio Apolinário pela paciência, companheirismo e dedicação.

Mesmo distante, o Professor Sérgio Pflanzner, do Departamento de Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP, foi um suporte importante para a realização das análises do meu estudo. A ele, minha gratidão por me receber por ocasião da entrega das amostras na UNICAMP, pela cooperação e paciência. Não foi tão fácil alinhar tudo e depois do término das análises, ainda continuei solicitando informações e sempre fui atendida com muita atenção.

Sandro Parteca, ainda bem que você fez o mestrado antes de mim!! Obrigada por todo apoio e auxílio durante o meu mestrado. Você foi meu terceiro orientador!!

Professor Alfaro e Professora Naimara, o peso intelectual do projeto, a paciência, a confiança, o incentivo, o apoio, a amizade e os ensinamentos foram imprescindíveis para execução e conclusão desta monografia. A vocês, com carinho, meus sinceros agradecimentos.

Ficar tanto tempo longe da universidade e retornar para uma sala de aula com os professores do Mestrado em Tecnologia em Alimentos, foi uma experiência que não poderia passar por essa vida e não ter vivido. Aprendi ensinamentos que me encantaram, me mostraram como é maravilhoso e como tem várias possibilidades de trabalhar com os alimentos, com a tecnologia... tecnologia!!

Agradeço em especial ao Professor Luciano Luchetta, que literalmente me impressionou com seus ensinamentos sobre os vegetais.

Sem uma oportunidade de desenvolver um estudo, seria impossível realizar o mestrado. Pelo incentivo ao acreditarem na minha proposta para tentar aprovação na seleção do mestrado, por permitirem realizar todos os estudos e o comprometimento dos colegas das áreas de execução dos testes, toda minha gratidão à empresa BRF S/A, ao antigo gerente Fábio Coelho Dias, ao atual gerente da unidade de Francisco Beltrão/PR, Sandro Fontes e ao coordenador de produção dos abatedouros, Tiago Bruno Facina. Meu objetivo é concretizar minha gratidão, devolvendo um trabalho que possa agregar qualidade ao produto estudado, gerar desenvolvimento para a empresa e melhorar a vida e segurança dos funcionários do abatedouro de perus - linha 02.

Franciélly Stadler, Ronaldo Follmann, Letícia Misturini e Daiana Menin, ter a companhia de vocês no período das aulas foi a parte alegre, de companheirismo, de risadas, de desabafos do dia-a-dia. Dividir os conhecimentos foi importante e agregador, mas fazer nossos lanchinhos de intervalo, almoçarmos e jantarmos juntos, foram momentos únicos. Obrigada por serem excelentes companhias, colegas e parceiros daquele tempo de aprendizagem.

Minha infinita e eterna gratidão a todos os familiares, amigos, conhecidos que deram uma palavra de incentivo, um abraço e que entenderam minha ausência.

Deus, é certo que toda sabedoria, empenho, dedicação e fé que tive e que fui capaz de realizar esse projeto, todas as pessoas que estiveram comigo nesse caminho, vieram do Senhor. Por isso, as orações que meus pais me ensinaram a fazer desde criança e que eternamente farei, são por gratidão e ciência de todo bem e amor incondicional que vem do Senhor. Cada passo, cada momento que precisei de mais força física do que era capaz de fazer, de cada minuto de atenção, vieram do Senhor.

Eternamente grata por tudo!!

“E ainda que tivesse o dom de profecia, e conhecesse todos os mistérios e toda a ciência, e ainda que tivesse toda a fé, de maneira tal que transportasse os montes, e não tivesse amor, nada seria”

(1 Coríntios, 13:2)

RESUMO

SAGGIN, Rosemar Frigotto. **Resfriamento por ventilação: impactos na qualidade da carne de peru (*Meleagris gallopavo*)**. 2018. 92 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2018.

O Brasil foi o terceiro maior exportador de cortes de peru em 2016, cujo principal mercado foi a União Europeia e que possui uma exigência legal quanto ao percentual de absorção de água e relação umidade/proteína. Ao utilizar o sistema combinado de resfriamento (ventilação e aspersão por 80 minutos e somente ventilação durante 8 horas e 30 minutos), é atendido o padrão do importador de 0% de ganho de umidade, porém há uma perda elevada de água das carcaças. O trabalho teve como objetivo determinar os parâmetros de resfriamento por ventilação, para minimizar a perda de umidade e alterações nas características das carcaças de perus. Foram selecionadas 20 carcaças íntegras de perus machos da linhagem Nicholas, com peso médio de 18,5 kg e idade entre 145 a 160 dias. No método de resfriamento combinado (ventilação/aspersão (VA) + ventilação (V)), as carcaças apresentaram um percentual de absorção médio de -1,78%, com uma perda de peso aproximada de 0,330kg/carcaça. O pH de 5,74, a capacidade de retenção de água (CRA) de 56,2% e a cor com valor de L* de 71,76 foram os resultados que mostraram que há alterações na carne. Para avaliação do resfriamento realizado somente pelo sistema de aspersão e ventilação (VA), foi aplicado um delineamento experimental com duas repetições no ponto central. As variáveis independentes foram a vazão de água (m³/h) e temperatura (°C). As amostras não apresentaram diferença significativa (p>0,05) no percentual de absorção. As carcaças resfriadas com vazão de 2,5 m³/h de água e temperatura de -1 °C (ensaio 4) foram caracterizadas. As carcaças resfriadas nessas condições apresentaram um percentual de absorção (+1,53%) que atendeu o regulamento europeu, com um ganho aproximado de 0,380kg/carcaça. Nas amostras resfriadas pelo sistema de ventilação e aspersão (VA), o resultado da CRA foi de 62,3%, a maciez foi de 4,01kgf e o comprimento de sarcômero foi de 1,76 µm. O sistema de ventilação e aspersão (VA), reduziu a perda de água por evaporação, principalmente dos membros menos espessos e com maior área de contato com o ambiente. A Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), evidenciou espaços inter miofibrilares entre feixes musculares mais curvilíneos, sugerindo que houve maior hidratação.

Palavras-chave: Resfriamento. Ventilação. Absorção. Aspersão. Peito de Peru.

ABSTRACT

SAGGIN, Rosemar Frigotto. **Ventilation cooling: impacts on turkey meat quality (*Meleagris gallopavo*)**. 2018. 92 pages. Dissertation (Professional Master in Food Technology) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2018.

Brazil was the third largest exporter of turkey cuts in 2016, whose main market was the European Union and which has a legal requirement regarding the percentage of water absorption and moisture / protein ratio. When using the combined cooling system (ventilation and sprinkling for 80 minutes and only ventilation for 8 hours and 30 minutes), the importer's standard of 0% moisture gain is met, but there is a high loss of water from the carcasses. The objective of this work was to optimize ventilation cooling parameters to minimize moisture loss and changes in the characteristics of turkey carcasses. Twenty male carcasses of the Nicholas lineage, with an average weight of 18.5 kg and age between 145 and 160 days, were selected. In the combined cooling (ventilation / sprinkling (VA) + ventilation (V) method), the carcasses had an average absorption percentage of -1.78%, with a weight loss of approximately 0.330kg / carcass. PH of 5.74, water retention capacity (CRA) of 56.2% and color with L * value of 71.76 were the results which showed that there are changes in the meat. To evaluate the cooling performed only by the sprinkler and ventilation system (VA), an experimental design with two replications was applied at the central point. The independent variables were water flow (m³ / h) and temperature (°C). The best results were obtained in test 4, with a flow rate of 2.5 m³ / h of water and a temperature of -1 ° C. This variable was used, since the carcasses cooled under these conditions presented a percentage of absorption (+ 1,53%) that met the European regulation, with an approximate gain of 0,380 kg / carcass. The samples cooled by the ventilation and sprinkler system (VA), the result of CRA was 62.3%, the softness was 4.01kgf and the sarcomere length was 1.76µm. The ventilation and sprinkler system (VA) reduced the loss of water by evaporation, mainly from the less thick limbs and with greater area of contact with the environment. The Scanning Electron Microscopy (SEM) revealed inter-myofibrillar spaces between more curvilinear muscle bundles, suggesting that there was more hydration.

Keywords: Cooling. Ventilation. Absorption. Aspersão. Turkey breast.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

REFERENCIAL TEÓRICO

Figura 1: Produtos de peru exportados pelo Brasil.....	21
ARTIGO CIENTÍFICO 1: Resfriamento de carcaças de peru em sistema de <i>air chiller</i> combinado: impacto nas características da carne	
Figura 1: Corte longitudinal de estrutura muscular do peito de peru com 200µm e 50 µm de aumento. As figuras A-C e B-D referem-se ao corte longitudinal com 200µm e 50 µm de aumento, respectivamente. As figuras E-F referem-se ao corte transversal com aumento de 200 µm	63
ARTIGO CIENTÍFICO 2: Otimização do resfriamento por ventilação e avaliação das características físico-químicas e estruturais da carne de peru	
Figura 1: Corte longitudinal de estrutura muscular do peito de peru com 200µm e 50 µm de aumento. As figuras A-C e B-D referem-se ao corte longitudinal com 200µm e 50 µm de aumento, respectivamente. As figuras E-F referem-se ao corte transversal com aumento de 200 µm	84

LISTA DE TABELAS

REFERENCIAL TEÓRICO

Tabela 1: Exportações brasileiras por região (e principais países por região) e por produto (tonelada)	22
Tabela 2: Principais propriedades nutricionais da carne de corte de peito de peru sem pele in natura.....	23

ARTIGO CIENTÍFICO 1: Resfriamento de carcaças de peru em sistema de *air chiller* combinado: impacto nas características da carne

Tabela 1: Resultado das análises de pH e cor de cortes de peito de peru resfriados em sistema combinado.....	59
Tabela 2: Composição de ácidos graxos do corte de peito de peru resfriado por ventilação pelo sistema combinado.....	60

ARTIGO CIENTÍFICO 2: Otimização do resfriamento por ventilação e avaliação das características físico-químicas e estruturais da carne de peru

Tabela 1: Valores codificados e reais das variáveis do delineamento experimental para resfriamento de carcaças de perus por ventilação	70
Tabela 2: Matriz do planejamento experimental com valores reais e resultados obtidos para absorção (%) das carcaças de peru resfriadas por ventilação.....	78
Tabela 3: Resultado das análises de % de umidade, % de proteína e relação umidade/proteína das mostras do sistema VA.....	79
Tabela 4: Composição de ácidos graxos do corte de peito de peru resfriado por ventilação pelo sistema de ventilação e aspersão.....	82

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

a*	Componente vermelho/verde
ABPA	Associação Brasileira de Proteína Animal
AOAC	Associação Oficial de Químicos Analíticos
AOCS	Sociedade Americana de Químicos de Óleos
b*	Componente amarelo/azul
BHT	Dibutil hidroxitolueno ou hidroxitolueno butilado
CE	Comunidade Europeia
CIE	Comissão Internacional da Iluminação
cm	Centímetro
CRA	Capacidade de Retenção de Água
DIPOA	Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal, da Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
EU – 27	European Union – 27
EUA	Estados Unidos da América
g	Gramma
h	Hora
HCIO₄	Ácido perclórico
Hz	Hertz
Kg	Quilograma
Kgf	Quilograma força
kV	Quilovolt
L	Litro
L*	Luminosidade
M	Molar
MDA	Malonaldeído
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Mb	Mioglobina
m³/h	Metro cúbico por hora
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
Mg	Miligrama
Min	Minuto
mL	Mililitro
MT	Mil Toneladas
MtMb	Metamioglobina
mW	Megawatts
Nm	Namômetro
Pa	Pressão Pascal
pH	Potencial Hidrogeniônico
PSE	Pale, Soft, Exudative (pálida, macia, exsudativa)
Psi	Libra força por polegada quadrada
P0	Peso inicial
P1	Peso final
RIISPOA	Regulamento e Inspeção Industrial e Sanitária de produtos de Origem
SIF	Serviço de Inspeção Federal
seg	Segundo (tempo)
T°C	Temperatura em Graus Celsius

TBARs	Ácidos Tiobarbitúricos
EU	União Europeia
USDA	United States Department of Agriculture (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos)
%	Percentual
%U	Percentual de umidade
µm	Micrômetro
µL	Microlitro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
2 OBJETIVOS	20
2.1 OBJETIVO GERAL.....	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
3 REFERENCIAL TEÓRICO	21
3.1 PRODUÇÃO BRASILEIRA DE CARNE DE PERU.....	21
3.2 COMPOSIÇÃO E PROPRIEDADES DA CARNE	22
3.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA CARNE DE PERU.....	23
3.3.1 Percentual de Absorção / Gotejamento.....	23
3.3.2 Umidade.....	24
3.3.3 Proteína.....	25
3.3.4 pH.....	25
3.3.5 Cor.....	26
3.3.6 Oxidação Lipídica.....	27
3.3.7 Capacidade de Retenção de Água (CRA)	28
3.3.8 Maciez	29
3.3.9 Perfil de Ácidos Graxos.....	31
3.4 ABATE DE AVES.....	32
3.4.1 Temperatura das Carcaças.....	32
3.5 SISTEMAS DE RESFRIAMENTO.....	33
3.5.1 Sistema de Imersão.....	34
3.5.2 Sistema de Ventilação.....	34
3.5.3 Sistema de Ventilação com Aspersão.....	36
3.6 IMPACTOS DO RESFRIAMENTO NA QUALIDADE DA CARNE	37
3.7 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)	38
REFERÊNCIAS	39
RESULTADOS	45
ARTIGO CIENTÍFICO 1: Resfriamento de carcaças de peru em sistema de ventilação combinado: impacto nas características da carne.....	46
1 INTRODUÇÃO	48
2 MATERIAL E MÉTODOS	49
2.1 MATERIAL.....	49
2.2 MÉTODOS.....	49
2.2.1 Resfriamento por Ventilação.....	49
2.2.2 Percentual de Absorção	50
2.2.3 Amostragem	50
2.2.4 Análises Físico-Químicas e Estruturais	51
2.2.4.1 Umidade.....	51
2.2.4.2 Proteína.....	51
2.2.4.3 Relação Umidade / Proteína.....	51
2.2.4.4 pH.....	52
2.2.4.5 Cor.....	52
2.2.4.6 Oxidação Lipídica.....	52
2.2.4.7 Capacidade de Retenção de Água (CRA)	53
2.2.4.8 Força de Cisalhamento.....	53
2.2.4.9 Comprimento de Sarcômero.....	54
2.2.4.10 Perfil de Ácidos Graxos.....	54

2.2.4.11 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)	55
2.2.5 Avaliação Estatística.....	55
2.2.6 Determinação do Peso das Carcaças entre a Câmara de Ventilação e Aspersão e a Câmara de Ventilação.....	55
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
3.1 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)	61
4 CONCLUSÃO	63
REFERÊNCIAS	63
ARTIGO CIENTÍFICO 2: Otimização do resfriamento por ventilação e avaliação das características físico-químicas e estruturais da carne de peru.....	67
1 INTRODUÇÃO	69
2 MATERIAL E MÉTODOS	70
2.1 MATERIAL.....	70
2.2 MÉTODOS.....	70
2.2.1 Planejamento Experimental.....	70
2.2.2 Resfriamento por Ventilação.....	71
2.2.3 Percentual de Absorção.....	71
2.2.4 Amostragem	71
2.2.5 Análises Físico-Químicas e Estruturais.....	72
2.2.5.1 Umidade	72
2.2.5.2 Proteína	72
2.2.5.3 Relação Umidade/Proteína.....	73
2.2.5.4 pH	73
2.2.5.5 Cor.....	73
2.2.5.6 Oxidação Lipídica.....	74
2.2.5.7 Capacidade de Retenção de Água (CRA)	74
2.2.5.8 Força de Cisalhamento.....	75
2.2.5.9 Comprimento de Sarcômero.....	75
2.2.5.10 Perfil de Ácidos Graxos.....	76
2.2.5.11 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)	76
2.2.6 Análise Estatística.....	77
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	77
3.1 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA.....	82
4 CONCLUSÃO	85
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
REFERÊNCIAS	86
ANEXOS	90

1 INTRODUÇÃO

Aves e produtos de aves continuam sendo um dos alimentos cárneos mais populares e consumidos em todo o mundo (CARVALHO, SHIMOKOMAKI, ESTÉVEZ, 2017).

O setor brasileiro de avicultura vem obtendo crescimento, desenvolvimento e consolidação de uma estrutura integrada, que abrange melhoramento genético entre outros fatores (STADUTO et al., 2008). A criação de perus no Brasil acompanha este crescimento, tanto para o abastecimento do mercado interno como para a exportação (PULICI et al., 2008).

Respaldando as expectativas anteriores, o Brasil se desenvolveu consideravelmente ao longo dos anos no setor de avicultura. Em 2017, foi o terceiro maior exportador mundial de carne de peru e Santa Catarina foi o estado que se destacou como o maior produtor e exportador do país (ABPA, 2018).

A Europa foi o principal continente importador do Brasil (ABPA, 2018). Um dos critérios exigidos pela Europa é a avaliação do método de controle do resfriamento das carcaças, cujos parâmetros a serem monitorados são o percentual de absorção e relação umidade/proteína para o resfriamento por ventilação e devem atender o Regulamento da Comunidade Europeia (CE) n.º 543, de 16 de junho de 2008 (UNIÃO EUROPEIA, 2008) e ambos são avaliados após o resfriamento.

O resfriamento está previsto no fluxo de produção da Portaria 210 (BRASIL, 1998), que define que o abate de aves consiste na pendura, insensibilização, sangria, depenagem, evisceração, resfriamento, espostejamento, embalagem, congelamento e estocagem.

O resfriamento das carcaças de perus avaliado neste estudo é realizado através de câmara com ventilação e aspensão, onde as carcaças permanecem 1 hora e 20 minutos. Na sequência, passam por resfriamento somente por ventilação em outra câmara, permanecendo aproximadamente 8 horas e 30 minutos ou até atingir 4 °C, conforme preconiza o Regulamento (CE) n.º 853/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho de 29 de abril de 2004 (UNIÃO EUROPEIA, 2004).

Segundo Ordóñez (2005), o resfriamento por ventilação causa a perda de água da carne devido à evaporação. A perda ou o ganho de peso da carcaça através

da alteração no seu teor de água pode causar alterações nas suas características físico-químicas.

O presente estudo visa avaliar os impactos do resfriamento pelo método de ventilação, aspersão e ventilação nas características físico-químicas da carne de peru e, desse modo, estabelecer os parâmetros a serem testados no método de resfriamento que utiliza somente ventilação e aspersão.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Otimizar os parâmetros do resfriamento por ventilação, visando minimizar a perda de água e alterações nas características das carcaças de peru (*Meleagris gallopavo*).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar as características físico-químicas da carne de peru resfriadas por ventilação pelo sistema combinado de ventilação/aspersão e ventilação;
- Identificar as variáveis com influência no processo de resfriamento por ventilação pelo sistema combinado de ventilação/aspersão e ventilação (V);
- Relacionar as variáveis com influência no processo de resfriamento por ventilação pelo sistema combinado de ventilação/aspersão e ventilação com a perda/absorção de água das carcaças de peru;
- Aplicar os parâmetros selecionados no sistema de resfriamento por ventilação pelo sistema de ventilação e aspersão (VA);
- Avaliar as características físico-químicas e estruturais da carne de peru submetidas ao processo de resfriamento pelo sistema de ventilação e aspersão (VA).

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 PRODUÇÃO BRASILEIRA DE CARNE DE PERU

Em 2017, o Brasil produziu 390,48 mil toneladas (MT) de carne de peru, sendo destinadas 109 MT para exportação (27,95% da produção nacional) (ABPA, 2018). O volume de exportação em 2017 por tipo de produto de peru pode ser visualizado na Figura 1. O estado de Santa Catarina foi maior produtor do Brasil, representando 32,71% da produção nacional.

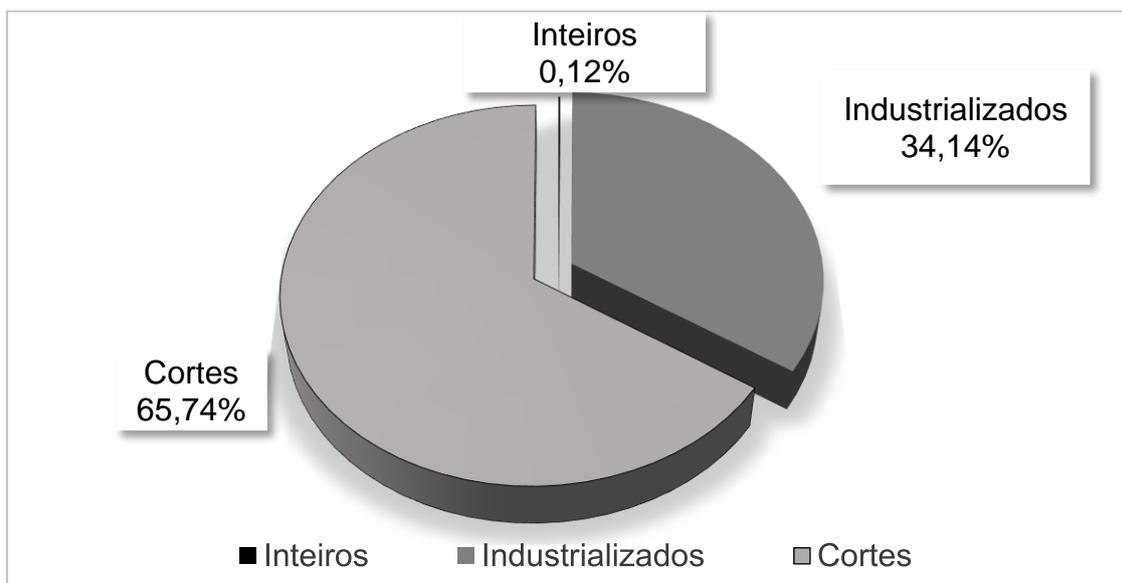


Figura 1 – Produtos de peru exportados pelo Brasil
Fonte: Associação Brasileira de Proteína Animal, 2018.

De acordo com a ABPA (2018), nas exportações por região mundial (e seus principais países importadores) e por tipo de produto, a União Europeia foi a maior importadora em 2017, seguida da África e da América conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Exportações brasileiras por região (e principais países por região) e por produto (tonelada)

Regiões / Principais países importadores	Inteiro	Cortes	Industrializados	Total
União Europeia (Países Baixos, Itália e Alemanha)	0,0	8.598	34.986	43.584
África (África do Sul, Angola, Benin e Congo)	0,3	36.528	787	37.315
América Chile, Peru e México foram os maiores importadores)	24	21.640	1.747	23.411
Oriente Médio	103	2.495	0	2.598
Europa Extra-EU	0	2.535	0	2.535
Ásia	0	522	25	548

Fonte: Associação Brasileira de Proteína Animal, 2018

Carne do peito de peru (filé) foi considerada a preferida pelos consumidores em todo o mundo. Por ser mais propensa a deterioração rápida, as indústrias de alimentos estão buscando tecnologias para aumentar a sua vida de prateleira (VASILATOS; SAVVAIDIS, 2013).

3.2 COMPOSIÇÃO E PROPRIEDADES DA CARNE

O tecido musculoesquelético representa cerca de 50% do peso da carcaça de bovinos, aves, ovinos e suínos, representando com isso, um dos principais componentes dos organismos dos animais, constituindo sua principal fração comestível de interesse. O tecido muscular é formado por fibras musculares dispostas por diferentes tecidos conjuntivos compostos por colágenos (ORDÓÑEZ et al., 2005).

Para GÓRSKA (2017), a carne é um resultado de muitos fatores associados à nutrição animal, criação e abate, bem como ao plantel (genótipo). Para Ordóñez et al. (2005), os músculos e suas fibras musculares apresentam diferentes composições de acordo com as suas funções no organismo, o que é observado pela variação de suas colorações entre tons de vermelho, branco e intermediário e entre as proporções das frações proteicas, gordurosas e colagenosas em diferentes cortes carnes provenientes do mesmo animal.

De acordo com Hughes et al. (2014), a estrutura muscular é composta por proteínas sarcoplasmáticas, mioglobina, calpaína (solúveis), as proteínas miofibrilares, tecido citoesquelético e conjuntivo (insolúveis) e por água. A água faz parte da estrutura, permite a difusão e a interação do substrato e da enzima, determina a plasticidade, a rigidez e a gelatinização das proteínas insolúveis.

Dessa forma, diferentes cortes musculares possuem diferentes composições. Um corte de carne de qualidade é aquele que apresenta características sensoriais desejadas pelo consumidor como cor, odor, suculência, palatabilidade e maciez. Estas características são dependentes da capacidade de retenção de água pelo músculo, teor de tecido conjuntivo colagenoso, pH, idade do animal entre outros (ORDÓÑEZ et al., 2005).

BEKHIT et al. (2018) considerou que a carne de peru é carne branca e que uma cor rosa-acinzentada é normal.

A composição química da carne de peru pode ser evidenciada na Tabela 2.

Tabela 2 – Principais propriedades nutricionais da carne de corte de peito de peru sem pele *in natura*

Nutriente (em g)	Valor em 100g
Água	74,66%
Proteína	23,44%
Gorduras totais	2,33%
Demais nutrientes	1,9%

Fonte: USDA, 2018.

Segundo Mead (1995), a estrutura da carne de peru é semelhante à de outras carnes, pois cada músculo contém um grande número fibras (células musculares alongadas) que são constituídas de numerosos filamentos chamados de miofibrilas. Associados a estes elementos estão estruturas membranosas e as fibras são banhadas em fluídos inter e intracelulares.

3.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA CARNE DE PERU

3.3.1 Percentual de Absorção/ Gotejamento

Segundo Hughes et al. (2014), a água liberada pode ser descrita como *drip*, gotejamento, expurgo, choro, exsudato ou perda de cozimento. A capacidade de

retenção de água (CRA) reduzida resulta em alta perda de gotejamento e purga, o que pode representar perda significativa de peso de carcaças e cortes. O aumento da perda por gotejamento é encontrado em músculos encurtados, é crescente à medida que o comprimento do sarcômero diminui, sendo mais pronunciado com o aumento do tempo *post mortem*.

A perda por gotejamento é influenciada pela extensão do encolhimento lateral e transversal de miofibrilas no espaçamento inter filamentar, permeabilidade da membrana celular à água, desenvolvimento de canais de gotejamento, pelo espaço extracelular e degradação da proteína do citoesqueleto *post mortem*. O gotejamento também é importante em relação à suculência da carne cozida e ao rendimento de produtos cárneos industrializados (WIKLUND et al., 2010).

3.3.2 Umidade

Segundo Lawrie (1998), cerca de 15% da água está localizada fora da rede miofibrilar e 85% está dentro da rede de proteínas miofibrilares densas em proteínas.

Aproximadamente 75% de água constitui a carne e a maior parte da distribuição está nas miofibrilas, entre as miofibrilas, entre as miofibrilas e a membrana da célula (sarcolema) e entre as células do músculo ou entre feixes musculares (WIKLUND et al., 2010).

Segundo a USDA (2018), a carne de peru possui cerca de 74,66% de água.

Peemoeller e Pintar (1980) e Bertram et al. (2003) observaram que diferentes taxas de resfriamento da carcaça afetaram a dinâmica da água no músculo *post mortem*, alterando os movimentos da água da rede miofibrilar para o espaço extra-miofibrilar.

A umidade da carne sofre influência do pH, principalmente se houver queda de pH, causando uma perda maior de água.

Segundo Brewer (2014), a glicólise *post mortem* produz ácido láctico, o que reduz o pH e resulta na perda da CRA das proteínas através da proteção de carga.

Pearce et al. (2011) consideraram que a água pode estar associada às proteínas (água ligada a proteínas com pouca mobilidade e permanece firmemente ligada, mesmo em caso de força mecânica severa ou física (congelamento e

aquecimento). A água pode ser imobilizada (está dentro de miofibrila, porém pode ser mobilizada quando houver alteração na estrutura celular e ou alteração no pH) e pode ser água livre, localizada dentro de capilares e é facilmente mobilizada durante o encolhimento das miofibrilas no *rigor mortis*.

3.3.3 Proteína

Pearce et al. (2011) citou que as fibras musculares são constituídas principalmente das proteínas actina (filamentos finos) e miosina (filamentos espessos). Existem muitas proteínas regulatórias associadas à actina, mas as duas principais são a tropomiosina e a troponina. São compostas também por desmina, filamina, talina e vinculina, que são filamentos intermediários transversais que ligam o sarcolema a outras miofibrilas (TAYLOR et al., 1995).

A maior parte do aumento da maciez da carne é atribuída a alterações nas proteínas miofibrilares e proteínas do citoesqueleto (PEARCE et al., 2011; MELODY et al., 2004).

Segundo o USDA (2018), o teor de proteína em 100g de carne do peito de peru é de 23,44%.

3.3.4 pH

Segundo Lawrie (1998), no momento do sacrifício da ave, o pH fisiológico inicia a sua queda decorrente do *rigor mortis*. Durante esse processo, com a produção de ácido lático devido à glicólise anaeróbica, o pH normalmente diminui para 5,8. Valores de pH final em 24 horas *post mortem*, menores ou maiores que 5,8 são considerados anormais, pois influenciam na qualidade funcional da carne. Para Chan et al. (2010), o pH normal da carne de peito de peru varia de 5,9 a 6,0. O USDA (2018) considera que o pH de para carne de peru é de 5,7 para carne de peru branca e de 6,1 para a carne de peru escura.

Um rápido declínio do pH muscular poderia estar relacionado à desnaturação das proteínas sarcoplasmáticas e miofibrilares, aumento da contração da actomiosina e alteração da estrutura da carne (LESIAK, 1995).

Carcaças resfriadas por ventilação resultaram em cortes com um pH maior, menor perda por gotejamento, e inferior força de cisalhamento quando cozidos em comparação com refrigeração por imersão das carcaças (BOWKER, ZHUANG, BUHR, 2014).

3.3.5 Cor

As cores associadas à boa qualidade da carne dependem do tipo de carne. Para frango, peru, vitela e porco são considerados carnes brancas e uma cor rosa-acinzentada é considerada normal (BEKHIT et al., 2018).

Segundo Suman e Nair (2017), a mioglobina (Mb) é a proteína heme sarcoplasmática responsável pela cor da carne, e o estado de oxirredução da Mb determina a cor das carnes frescas. Enquanto a oximioglobina e a carboximioglobina são responsáveis pela cor vermelho-cereja da carne fresca, que é desejável pelo consumidor, a desoximioglobina vermelha purpúrea é o pigmento em vácuo. A Mb do peru foi tem maior termoestabilidade do que a Mb de carne bovina e a desnaturação incompleta de Mb foi atribuída como a razão subjacente para a ocorrência da cor rosa em carne de peru.

A descoloração indesejável da carne durante a conservação é frequentemente atribuída à oxidação da Mb na metamioglobina (MetMb) na superfície da carne (SMAOUI, 2017).

Para Huez et al. (2007), a refrigeração por imersão melhora a qualidade do produto, quanto à aparência e cor enquanto Demirok (2013) cita que o ar refrigerado provoca desidratação e descoloração na superfície das carcaças.

A Comissão Internacional da Iluminação (CIE) estabeleceu os padrões para avaliação da cor, que é identificada pelo valor da luminosidade (L^*), do componente vermelho/verde (a^*) e do componente amarelo/azul (b^*).

Chan et al. (2010) considerou que o valor de L^* da cor da carne de peru varia de 45 a 49. Ferreira (2016) classificou L^* menor que 53 como normal para carne de peito de peru.

Para Çelen et al. (2016), a carne de peito de peru possui coloração normal ao apresentar o valor médio de 48,49 para L*, de 2,06 para a* e de 1,41 para b*. Já Feng (2017) analisou carne de peito de peru crua e o resultado obtido foi L* de 56,57, a* de 9,05 e b* de 4,11.

3.3.6 Oxidação Lipídica

A oxidação lipídica é um dos principais mecanismos de deterioração da qualidade dos alimentos, especialmente em produtos cárneos.

É a responsável pela geração de compostos tóxicos, como o malonaldeído e os produtos da oxidação do colesterol levam ao desenvolvimento de odores de ranços, alterações na cor e na textura, redução da qualidade e da aceitabilidade da carne (SMAOUI, et al. 2017).

Raharjo e Sofos (1993), consideraram que a oxidação lipídica é uma das principais causas de deterioração em produtos de carne crua e cozida durante o armazenamento, seja refrigerado ou congelado. Logo após o abate, as células musculares ficam carregadas de lipídeos oxidados e radicais de oxigênio, pois o tecido não possui mais a capacidade antioxidativa.

Para Smaoui et al. (2017), a análise de ácidos tiobarbitúricos (TBARs) é um método popular e um dos mais antigos para estimar a peroxidação lipídica em alimentos e sistemas biológicos. A coloração forte pode ser influenciada por várias condições de reação e o valor de TBA observado nos materiais biológicos e alimentares pode não indicar necessariamente a quantidade de hidroperóxidos lipídicos. Os valores de TBARs representam o conteúdo de produtos de oxidação lipídica secundária, principalmente aldeídos e carbonilas de hidrocarbonetos que causam aromas anormais na carne.

Segundo Ferreira (2016), a oxidação em lipídica em cortes de peito de perus machos com 140 dias de idade, após o descongelamento, foi de 0,181 (\pm 0,01) mg MDA/ Kg de amostra. Para Feng (2017), o resultado foi de 0,160 mg MDA/kg no estudo realizado em carne de peito de peru *in natura*.

3.3.7 Capacidade de Retenção de Água (CRA)

De acordo com Ismail (2017), considerando o ponto de vista do consumidor, as características de qualidade da carne podem ser classificadas pela perda de gotejamento ou purga, maciez, sabor e pela suculência da carne após o cozimento.

A capacidade de retenção de água (CRA) é definida como a capacidade da carne fresca reter sua própria água (HUGHES et al., 2014; LONERGAN, 2009).

Muitos fatores inerentes ao animal vivo são responsáveis pela capacidade de retenção de água na carne. A gama de fatores inclui a genética do animal, o manejo do animal antes do abate e o manuseio da carcaça e da carne após o abate (LONERGAN, 2009).

A água encontrada no tecido muscular magro em um teor elevado de 65 a 80% ocorre devido à sua natureza bioquímica polar e se compara com o tecido adiposo, que possui moléculas não polares, nas quais dificilmente a água se dissolve (PRÄNDL et al., 1994; NELSON, COX, 2006).

Para Lonergan (2009), a CRA consiste também em reter quaisquer fluidos que possam ser adicionados à carne durante o processamento adicional. Considera que há evidências significativas do envolvimento da proteólise na capacidade de retenção de água.

Cassens (1994), cita que a CRA da carne depende do pH muscular, já que em valores entre 5 a 5,1 esta característica é baixa, provavelmente porque o ponto isoelétrico das proteínas é atingido nesta condição. A perda de peso por cocção é influenciada especialmente pela quantidade de gordura subcutânea existente na carcaça que vai favorecer a CRA.

A retenção de água na carne impacta de forma clara na qualidade sensorial e no processamento da carne (WIKLUND et al., 2010).

A eventual perda de água compromete a qualidade da carne, conferindo textura dura, seca e fibrosa, bem como predispõe a rancificação e outras alterações físico-químicas indesejáveis. Assim, a habilidade de reter água é uma importante propriedade da carne, principalmente sob aspecto econômico e sensorial (OLIVO, 2005).

3.3.8 Maciez

Segundo Takahashi (1996), os cinco fatores principais que contribuem para a qualidade geral da alimentação são o sabor, a textura, a suculência, a aparência e o odor da carne, porém a textura é provavelmente considerada a mais importante pelo consumidor.

Destaca-se a maciez como a mais importante para o consumidor. Nessa ótica, a maciez pode ser afetada por diversos elementos como genética, raça do animal abatido, idade ao abate, sexo do animal, tipo de alimentação, temperamento dos animais e técnicas pré-abate e pós-abate (ALVES et al., 2005).

Segundo Bertram et al. (2007), ao avaliar a carne suína de animais jovens com 90 dias de idade, observou que a carne estava mais frouxamente ligada e deu maior pontuação sensorial ao ser cozida em comparação com carne suína de animais mais velhos, com 140 a 182 dias de idade.

Também varia entre espécies e raças, entre diferentes músculos e diferentes distâncias da superfície muscular devido a gradientes de temperatura durante a conversão de músculo em carne (GUO; GREASER, 2017).

De acordo com Pinto, Ponsano e Almeida (2010), a dificuldade de padronização da textura é um dos principais problemas relacionados à qualidade da carne bovina. A avaliação instrumental pela mensuração da força de cisalhamento tem sido a principal ferramenta utilizada em estudos envolvendo a textura da carne.

Para Guo e Greaser (2017), a maciez da carne está associada a muitos fatores que envolvem alterações estruturais do músculo, degradação proteica, quebra de compostos de alta energia, atividade enzimática, pH, temperatura e tempo de processamento.

Proteínas miofibrilares também podem contribuir para a maciez da carne. Isso depende do estado contrátil do músculo, mas não é visto até que a temperatura de cozimento suba acima de 60 °C (MEAD, 1995).

Segundo Leygonie (2012), o aumento da maciez está correlacionado com o tempo do armazenamento congelado e o grau em que a carne foi maturada antes do congelamento. O efeito do congelamento sobre a maciez da carne parece não ocorrer quando a carne estava suficientemente maturada antes do congelamento.

Ertbjerg (2017), considerou que a unidade contrátil básica do músculo, o sarcômero, se contrai ao entrar em rigor *post mortem*. Conforme há declínio do pH, resfriamento e restrições mecânicas nos músculos, o encurtamento longitudinal resultará em vários comprimentos de sarcômeros no *post mortem*. Também ocorrem diferenças laterais nas distâncias entre os filamentos de miosina e actina.

Para Koolmes, Frans e Smolders (1986), a distância entre as linhas Z adjacentes delimita o comprimento do sarcômero. No início do *rigor mortis*, a configuração de filamentos miofibrilares permanece bloqueada, como resultado de deficiências de adenosina trifosfato (ATP). Assim, o grau de encurtamento que ocorre no *rigor mortis* varia e é refletido pelo comprimento do sarcômero.

Segundo Koohmaraie (1994), há evidências experimentais substanciais sugerindo que o sistema proteolítico da calpaína é responsável pelo amaciamento da carne devido à proteólise *post mortem*. A calpaína é o único sistema proteolítico que possui todas as características necessárias para ocasionar alterações *post mortem* que resultam no amaciamento da carne.

Características como maciez e CRA estão relacionadas ao comprimento de sarcômero, que por sua vez está relacionado de maneira complexa às reações bioquímicas da proteólise e do metabolismo do glicogênio. O comprimento do sarcômero também influencia a qualidade alimentar da carne cozida e a retenção de água em produtos cárneos (ERTBJERG, 2017).

Locker (1963), evidenciou em seus estudos que o frio gerou um encurtamento das miofibrilas e, conseqüentemente, impactou na maciez da carne de cordeiros. O efeito “encurtamento a frio” tornou-se altamente significativo para a ciência da carne ao ser considerada a sua descoberta anterior, de que a resistência na carne aumenta com a contração muscular.

Pinto et al. (2010) considera que a avaliação da maciez da carne pode ser realizada através do método subjetivo e do método objetivo. O método subjetivo consiste em uma análise sensorial, onde um grupo de pessoas treinadas classifica a carne de acordo com sua maciez após provar diversas amostras. O método objetivo consiste em medir a força de cisalhamento da carne, ou seja, a força necessária para cortar o pedaço de carne que está sendo testado, de maneira que, quanto maior a força necessária, menor é a maciez deste pedaço.

De acordo com Claus (2001), a força de cisalhamento em cortes de peito de peru foi de 3,20 kgf.

3.3.9 Perfil de Ácidos Graxos

Os consumidores preocupados com a saúde preferem ter refeições que contenham uma porcentagem maior de ácidos graxos insaturados do que os ácidos graxos saturados (SICKLER et al., 2013).

A oferta de ácidos graxos na dieta é o principal fator que rege a composição de ácidos graxos da gordura intramuscular e do tecido adiposo. Isso envolve a fonte, o conteúdo da gordura dietética, a duração e o tempo de alimentação. Nas espécies monogástricas, os ácidos graxos da dieta sofrem pouca transformação durante a digestão e a absorção (SMET, VOSSSEN, 2016).

A carne de peru tem uma boa aceitação devido ao seu sabor neutro, textura suave e tem como característica apresentar baixos níveis de colesterol e lipídios totais e altos níveis de ácidos graxos poli-insaturados (BAGGIO, VICENTE, BRAGAGNOLO, 2002).

Ferreira (2016) analisou cortes de peito de peru machos com 140 dias de idade, após o descongelamento e os resultados foram de 20,80% de ácido palmítico (C16:0), 7,68% de ácido esteárico (C18:0), 3,34% de ácido araquidônico (C20:4), 29,42% de ácido oleico (C18:1) e 31,28% de ácido linoleico (C18: 2 n 6).

Segundo Baggio, Vicente e Bragagnolo (2002), ao analisar cortes congelados de peito de peru adquiridos em ponto de venda, os ácidos graxos analisados apresentaram o valor de 2,6% de ácido mirístico (C14:0), 91,4 % ácido palmítico (C16:0), 62,1% ácido esteárico (C18:0), 40,2% ácido araquidônico (C20:4), 7,0% de ácido palmitoleico (C16: 1 n 7) e 27,4% ácido linoleico (C18: 2 n 6).

Parar SMET e VOSSSEN (2016), a composição de ácidos graxos dos tecidos é um espelho da composição de ácidos graxos da dieta.

Segundo Wood et al. (2003), o efeito dos ácidos graxos no prazo de validade é explicado pela propensão à oxidação dos ácidos graxos insaturados, levando ao desenvolvimento de ranço.

3.4 ABATE DE AVES

Os métodos de elaboração de produtos de origem animal foram padronizados pela Portaria nº. 210, de 10 de novembro de 1998, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL,1998), cujo fluxo de abate a ser atendido consiste na recepção das aves, insensibilização e sangria, escaldagem e depenagem, evisceração, pré resfriamento, gotejamento, classificação e embalagem, seção de cortes de carcaças, instalações frigoríficas, seção de expedição (plataforma de embarque) e transporte.

Segundo Çelen et al. (2016), os perus podem ser sensíveis a fatores de estresse *ante mortem* e *post mortem* e que podem resultar na formação acelerada de *rigor mortis*. Existe uma estreita associação entre a qualidade da carne e a diminuição do pH muscular durante o período *post mortem*, que resulta da glicólise *post mortem* acelerada.

O manejo pré-abate inadequado pode induzir ao estresse psicológico ou físico, afetando a qualidade da carne devido à redução do pH no *post mortem* e consequente redução da CRA (PEARCE et al., 2011).

3.4.1 Temperatura das Carcaças

Segundo o Regulamento (CE) n.º 853, do Parlamento Europeu e do Conselho de 29 de abril de 2004 (UNIÃO EUROPEIA, 2004), após a inspeção e a evisceração, os animais abatidos devem ser limpos e refrigerados até atingirem uma temperatura inferior a 4°C assim que possível, a não ser que a carne seja espostejada a quente. Durante o espostejamento, a desossa, o refile, o corte em fatias, o corte em cubos, o acondicionamento e a embalagem, a carne deve ser mantida a uma temperatura menor ou igual a 4°C, mediante a temperatura ambiente de 12°C ou um sistema alternativo de efeito equivalente.

3.5 SISTEMAS DE RESFRIAMENTO

O resfriamento é fundamental para a higiene da carne, a segurança, a vida de prateleira, aparência e qualidade alimentar (ZHOU, et al., 2010).

Segundo Bertram, Karlsson, et al. (2003), o aumento do resfriamento melhora a CRA devido à redução da movimentação de água para o espaço extra-miofibrilar, que se torna reduzido, limitando assim o acúmulo de gotejamento potencial.

A Portaria nº. 210, de 10 de novembro de 1998, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL,1998), considera como pré-resfriamento o processo de rebaixamento da temperatura das carcaças de aves, imediatamente após as etapas de evisceração e lavagem, realizado por sistema de imersão em água gelada e/ou água e gelo ou passagem por túnel de resfriamento, obedecidos os respectivos critérios técnicos específicos. O pré-resfriamento pode ser por aspersão de água gelada, por imersão em água por resfriadores contínuos, tipo rosca sem fim, por resfriamento por ventilação (câmaras frigoríficas) ou por outros processos aprovados pelo DIPOA.

Segundo Mead (1995), o resfriamento de carcaças de aves pode ser realizado com o uso de refrigerantes como água, ar, dióxido de carbono sólido e nitrogênio líquido.

Segundo Ordóñez (2005), a temperatura, a umidade relativa, purificação e circulação de ar, luz, composição da atmosfera são fatores que devem ser controlados durante o resfriamento dos alimentos.

O Regulamento da Comunidade Europeia (CE) nº. 543, de 16 de junho de 2008 (UNIÃO EUROPEIA, 2008) considera que os métodos de resfriamento que podem ser utilizados são a refrigeração a ar, onde o resfriamento das carcaças de aves é com ar frio. A refrigeração por aspersão e ventilação das carcaças das aves é realizada com ar frio intercalado com neblina de água ou aerossol. O resfriamento das carcaças pode ser realizado por imersão em tanques de água ou de gelo e água em conformidade com o processo de fluxo de água em contracorrente.

Bowker, Zhuang, Buhr (2014) consideram que os métodos de resfriamento por ventilação seco e úmido (complementado com aspersão de água gelada), utilizam a circulação de ar frio forçado (geralmente de 0 °C a 1,7 °C) e mantém as carcaças de frango em um quarto túnel por 1 hora e 30 minutos a 2 horas e 30 minutos e a

carcaça chega a uma temperatura final inferior a 4,4°C. Em outro sistema de ventilação, as carcaças são colocadas em uma câmara refrigerada com ar frio com temperatura de -7°C a -2°C.

3.5.1 Sistema de Imersão

As carcaças são resfriadas em gelo e água (0 °C a 4 °C), em tanques de agitação com borbulho de ar e fluxo de água em contracorrente para aumentar a eficiência de troca de calor (BOWKER, ZHUANG, BUHR, 2014).

Segundo Carciofi e Laurindo (2007), durante a imersão, as carcaças ganham água que entra nos espaços intercelulares criados durante o *rigor mortis*.

Na concepção de Huezio et al. (2007), a refrigeração por imersão melhora a qualidade do produto, quanto à aparência e cor.

Quanto aos parâmetros dos sistemas, embora o resfriamento por imersão em água geralmente resulte em carcaças resfriadas mais rapidamente do que as obtidas em um sistema de ar, o custo operacional para o sistema de imersão em *chiller* é mais elevado (JAMES et al., 2006), bem como os custos de água e esgoto segundo Demirok (2013).

3.5.2 Sistema de Ventilação

Segundo Savell, Mueller e Baird (2005), o resfriamento por ar forçado é descrito como o método de resfriamento que proporciona uma maior qualidade à carne de frango.

A utilização de ar frio para operações em larga escala de abate de aves foi desenvolvido mais tarde. Hoje, a necessidade de uma operação contínua em linha exige processos rápidos e eficazes, de um modo adequado, sem retirar as carcaças da linha (BARBUT, 2014).

Refrigeração no ar reduz a temperatura da superfície da carcaça, melhora a secagem da carcaça e ambos reduzem o crescimento das bactérias (ZHOU, et al.,

2010), porém Demirok (2013) considera que o ar refrigerado provoca desidratação e descoloração na superfície das carcaças.

Para Zhuang (2009), o método de resfriamento por ventilação pode ser dividido em ventilação de baixo fluxo, onde as carcaças são conduzidas através de uma sala refrigerada em um transportador aéreo com ar refrigerado soprado sobre os produtos. Há o fluxo de ventilação transversal, em que os produtos são resfriados por ar frio a partir da lateral das carcaças. No fluxo infra frio, o ar frio é direcionado para o interior dos produtos, para a cavidade abdominal e para aquelas porções com uma camada mais espessa de carne, tais como o peito.

Túneis de refrigeração utilizados para carne são geralmente do tipo contínuo. A carne é sujeitada a um processo de duas fases, com condições semelhantes para a câmara fria e a temperatura pode estar tão baixa quanto -5°C durante um curto período de tempo (CANO-MUÑOZ, 1991).

Para Klassen et al. (2009) o sistema de ventilação é mais adequado do ponto de vista sanitário, pois a água que envolve as carcaças normalmente possui uma elevada carga microbiana proveniente da própria ave, podendo levar a uma contaminação da carne. Em contrapartida, o processo de resfriamento com água é mais rápido, mais eficiente e mais viável economicamente.

Um aumento na velocidade do ar e/ou uma diminuição da temperatura (controlável) diminui o tempo de resfriamento. Um fator limitativo, no entanto, é a dificuldade em remover o calor rapidamente a partir do tecido mais profundo das carcaças (ZHOU, et al., 2010).

Huezo et al. (2007) concluiu em seu estudo que o resfriamento por ventilação é uma alternativa adequada para a refrigeração das carcaças de aves, porque a cor do filé, o rendimento ao ser marinado e a maciez não são afetados. Ao ser cozido, o rendimento do corte de frango foi melhorado em 2% e o aproveitamento dos filés aumentou com esse resfriamento, pois houve maior rendimento.

Estudos comparativos entre resfriamento por imersão em água e ventilação por ventilação relatam que, embora a aparência da carcaça seja considerada melhor, o processo de resfriamento por imersão apresenta indesejáveis consequências para a carcaça de frango, como a perda de água no degelo e maiores perdas no cozimento, na comparação com o resfriamento por ar forçado (HUEZO et al., 2007).

Zhuang (2009) considerou que o resfriamento com ar é uma tecnologia mais segura e proporciona uma maior qualidade, melhor sabor e maior maciez em frangos.

De acordo com Mead (1995), no resfriamento a ar, o fluxo de calor é parcialmente removido devido à transferência de calor relacionado com a evaporação de água a partir das superfícies de carcaça. Mesmo quando o ar está saturado com água, o fluxo de calor devido à evaporação é relativamente alto. Assume-se que a atividade de água da superfície do produto permanece durante a operação de resfriamento.

Sansawat (2014), considerou que o resfriamento por ventilação possui muitas vantagens, como consumo de água reduzido, redução de águas residuais, menor custo de trabalho e o potencial para a melhoria da qualidade do produto. No entanto, exige tempo de refrigeração estendido e os cortes ficam mais enrijecidos do que aqueles resfriados por imersão em água.

O Regulamento da Comunidade Europeia (CE) n°. 543, de 16 de junho de 2008 (UNIÃO EUROPEIA, 2008) prevê os sistemas de resfriamento a ar, resfriamento por aspersão e ventilação e resfriamento por imersão. Também prevê a possibilidade de combinação entre esses métodos. Uma forma de combinação é o resfriamento por ventilação e aspersão e posterior resfriamento somente com ar frio. Para qualquer combinação dos métodos de resfriamento, o percentual de absorção deve atender no máximo 0,0%. No resfriamento que utiliza somente um método, como por aspersão e ventilação (ar frio), prevê que o percentual de absorção deve ser de no máximo 2,0%.

3.5.3 Sistema de Ventilação com Aspersão

Segundo Savell, Mueller e Baird (2005), o processo de resfriamento por aspersão/spray consiste na pulverização intermitente de água fria nas carcaças durante as primeiras três a oito horas de *post mortem* para substituir a água perdida pela evaporação. Com o resfriamento por pulverização, a superfície permanece úmida, permitindo a máxima transferência de massa e resfriamento evaporativo, sem aumentar a perda de peso da carcaça.

Pelo Regulamento da Comunidade Europeia (CE) n°. 543, de 16 de junho de 2008 (UNIÃO EUROPEIA, 2008), o resfriamento que utiliza somente um método, como por aspersão e ventilação, deve atender o percentual de absorção de no máximo 2,0%.

3.6 IMPACTOS DO RESFRIAMENTO NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA CARNE

Para a carne atingir boa qualidade é importante controlar a umidade ambiental e adotar medidas para reduzir as perdas de peso e a contaminação microbiana (ORDÓÑEZ, 2005).

Segundo Demirok (2013), no sistema de resfriamento por ventilação, a perda de peso entre 1% a 1,5% é comum, podendo ser tão elevada, a ponto de atingir 3%, dependendo das necessidades, capacidade e do tipo de sistema.

A perda de água por exsudação ou por gotejamento gera impacto sobre a aparência da carne refrigerada embalada a vácuo, comprometendo a aceitação do consumidor no momento da compra (WIKLUND et al., 2010).

O resfriamento de carne pode ter efeitos pronunciados sobre a maciez (LOCKER; HAGYARD, 1963), bem como no rendimento (BARBUT, 2014).

Segundo Lovat (2014), a umidade absoluta do ar é geralmente um pouco menor do que a da superfície do alimento. O resfriamento por ventilação leva a três efeitos:

1 – A superfície da carne ficará seca e com aparência indesejável.

2 – Ocorrerá uma redução da massa de produtos cárneos devido à redução da umidade da carne. Como a carne é frequentemente vendida com base no peso, uma massa reduzida de carne resultará em redução no rendimento.

3 - A evaporação da umidade aumenta o coeficiente de transferência de calor da superfície efetiva em comparação com a convecção pura, aumentando assim a taxa de resfriamento.

Para James et al. (2006), além de reduzir o crescimento de microrganismos deteriorantes e evitar o crescimento da maioria dos microrganismos. Nenhum dos métodos de resfriamento considerados (imersão, ventilação, nitrogênio líquido ou dióxido de carbono) teve qualquer efeito sobre o sabor ou suculência de carne cozida de peito ou coxa. A aparência das aves foi ligeiramente inferior ao serem resfriadas ao ar a 3,0 ou 0,2 ms⁻¹ e 0 °C sem aspersão de água.

3.7 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) é usada tanto pelas ciências biológicas quanto pelas ciências dos materiais para examinar a topologia e a composição elementar das superfícies das amostras (PAREDES, 2014).

Segundo Rowe (1983), a MEV é ideal para estudar alguns aspectos morfológicos dos músculos, principalmente quando o intuito é analisar a qualidade de carne. É possível ampliar significativamente o tamanho de amostra em relação à amostra menor a ser utilizada em microscopia eletrônica de transmissão. A MEV permite altas ampliações com grande profundidade de foco das imagens, possibilitando a visualização e avaliação de estruturas tridimensionais intactas, sem ter que recorrer a seções seriadas e reconstrução de imagens. Essa condição de análise que a MEV oferece é importante para visualizar elementos estruturais relevantes de tecidos, como a carne.

Para Castro (2002) a resolução do MEV de 10 nanômetros utiliza um feixe de elétrons que passa durante alguns segundos para frente, para trás e sobre a amostra. Irregularidades na superfície de uma amostra afeta a dispersão dos elétrons, gerando colorações claras e escuras. Buracos ou fissuras aparecem escuros, as protuberâncias e saliências aparecem claras, resultando em uma imagem tridimensional. A MEV é utilizada para a visualização de organismos inteiros, tecidos e órgãos, visualização *in situ* de organelas subcelulares. Somente estruturas superficiais podem ser examinadas.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Proteína Animal – ABPA, **Relatório Anual**. Disponível em <<http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/mercado-mundial>> Acesso: 24/08/2018.
- ALVES, D. D.; TONISSI, R. H.; GOES, B.; MANCIO, A. B. Maciez da carne bovina. Viçosa: **Revista Ciência Animal Brasileira**, v. 6, n. 3, p. 135-149, 2005.
- BAGGIO, S. R.; VICENTE, E.; BRAGAGNOLO, N. Cholesterol oxides, cholesterol, total lipid, and fatty acid composition in turkey meat. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 5981-5986, 2002.
- BARBUT, S. Review: Automation and meat quality-global challenges. **Meat Science**, v. 96, p.335-345, 2014.
- BEKHIT, A. E. D.; HOPKINS, D. L.; FAHRI, F. T.; PONNAMPALAM, E. N. Oxidative Processes in Muscle Systems and Fresh Meat: Sources, Markers, and Remedies. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 12, 2013.
- BERTRAM, H C.; KARLSSON, H.; ANDERSENA, H. J. The significance of cooling rate on water dynamics in porcine muscle from heterozygote carriers and non-carriers of the halothane gene—a low-field NMR relaxation study. **Meat Science**, v. 63, p. 1281-1291, 2003.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Portaria nº. 210, de 10 de novembro de 1998**. Brasília: Diário Oficial da União, 1998.
- BREWER, M.S. CHEMICAL AND PHYSICAL CHARACTERISTICS OF MEAT | Water-Holding Capacity. **Encyclopedia of Meat Sciences**, p. 274-282, 2014.
- BOWKER, B. C.; ZHUANG, H.; BUHR R. J. Impact of carcass scalding and chilling on muscle proteins and meat quality of broiler breast fillets. **Food Science and Technology**, v. 59, p. 156-162, 2014.
- CANO-MUÑOZ, G. **Manual on meat cold store operation and management. Cold preservation of meat products. Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Rome. Publicado em: 1991. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep>> Acesso em: 04/10/2017.
- CARCIOFI, B. A. M., LAURINDO, J. B. Water uptake by poultry carcasses during cooling by water immersion. **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, v. 46, p. 444-450, 2007.

CARVALHO, R.; SHIMOKOMAKI, M.; ESTÉVEZ, M. Poultry Quality Evaluation: Quality Attributes and Consumer Values. **Food Science, Technology and Nutrition**, c. 6, p. 133-157, 2017.

CASSENS, R. G. Meat preservation: preventing losses and assuring safety. Trumbull: **Food & Nutrition Press**, 1994. 133p.

CASTRO, L. A. S. **Processamento de Amostras para Microscopia Eletrônica de Varredura**. Pelotas: EMBRAPA, 2002.

ÇELEN, M. F.; BUNYAMIN, S.; OMER, Z.; HUSREV, D.; AHMET, T. Comparison of normal and PSE turkey breast meat for chemical composition, pH, color, myoglobin, and drip loss. São Paulo: **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45, n. 8, p.441-444, 2016.

CHAN, J.T.Y., et al. Effect of ultimate pH and freezing on the biochemical properties of proteins in turkey breast meat. **Food Chemistry**, v. 127, p. 109–117, 2010.

CLAUS, J.R. et al. Tenderization of chicken and turkey breasts with electrically produced hydrodynamic shockwaves. **Meat Science**, v. 58, p. 283-286, 2001.

DEMIROK, E.; VELUZ, G.; STUYVENBERG, W. V.; CASTAÑEDA, M. P.; BYRD, A.; ALVARADO, C. Z. Quality and safety of broiler meat in various chilling systems. **Poultry Science**, v. 92, p. 1117–1126, 2013.

ERTBJERG, P., PUOLANNE, E. Muscle structure, sarcomere length and influences on meat quality. **A review Meat Science**, v. 132, p. 139-152, 2017.

FENG, X.; MOON, S. H.; LEE, H. Y. AHN, D. U. Effect of irradiation on the parameters that influence quality characteristics of raw turkey breast meat. Department of Animal Science, Iowa State University, **Radiation Physics and Chemistry**, v. 130, p. 40-46, 2017.

FERREIRA, D. C. B. H. **Caracterização física, química e histológica de carnes de peru PSE e normal e de cortes comerciais e obtenção de isolado de colágeno de barbelas**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2016.

GÓRSKA, M.; WOJTYSIAK, D. Pathological Changes in the Microstructure of Pale, Soft, Exudative (PSE) and Normal Turkey Breast Muscle. **Folia Biol-Krakow**, v. 65, p. 149-154, 2017.

GUO, W.; GREASER, M. L. New aspects of meat quality: From genes to ethics. **Food Science, Technology and Nutrition**, c.2, p.13 – 31, 2017.

HUEZO, R.; SMITH, D. O.; NORTHCUTT, J. K.; FLETCHER, D. L. Effect of Immersion or Dry Air Chilling on Broiler Carcass Moisture Retention and Breast Fillet Functionality. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 16, 3 ed., p. 438-447, 2007.

HUGHES, J.; OISETH, S.; PURSLOW, P.; WARNER, R. A structural approach to understanding the interactions between color, water-holding capacity and tenderness. **Meat Science**, v. 98, p. 500-532, 2014.

ISMAIL, I.; JOO, S. Poultry Meat Quality in Relation to Muscle Growth and Muscle Fiber Characteristics. **Korean Journal Food Science**. v. 37, c. 6, p. 873-883, 2017.

JAMES, C.; VINCENT, C.; LIMA, T.I.A.; JAMES, S.J. The primary chilling of poultry carcasses - a review. **International Journal of Refrigeration**, v. 29, p. 847-862, 2006.

KEETON, J. T.; ELLERBECK, S. M.; GONZÁLEZ, M. T. N. Chemical and Physical Characteristics of Meat | Chemical Composition. **Encyclopedia of Meat Science**, v. 1, p. 235-243, 2004.

KLASSEN, T.; MARTINS, T. D.; CARDOZO FILHO, L.; SILVA, E. A. Modelagem do sistema de resfriamento por imersão de carcaças de frangos utilizando redes neurais artificiais. **Acta Scientiarum Technology**, v. 31, n. 2, p. 201-205, 2009.

KOOLMES, P. A.; FRANS, F. K.; SMULDERS, J. M. Accuracy and Utility of Sarcomere Length Assessment by Laser Diffraction. **Food Structure**, v. 5, n. 1, 1986.

KOOHMARAIE, M. Muscle Proteinases and Meat Aging. **Meat Science**, v.36, p. 93-104, 1994.

LAWRIE, R.A. **Lawrie's meat eaton**. Lancaster-Basel: Ed. Technomic, 1998. 336p. Disponível em:
https://books.google.com.br/books?id=2zfgBAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false. Acesso em 22/08/2018.

LEYGONIE, C.; TREVOR, J.; BRITZ, J. T.; HOFFMAN, L. C. Impact of freezing and thawing on the quality of meat. **Review Meat Science**, v. 91, p. 93-98, 2012.

LESIAK, M. T.; OSLOQB, D. G.; LESIAK, C. A.; AHD, D. U. Effects of Post mortem Temperature and Time on the WaterHolding Capacity of Hot-Boned Turkey Breast and Thigh Muscle. Ames: Department of Animal Science, Iowa State University, **Meat Science**, v. 43, n. 1, 1995.

LOCKER, R. H.; HAGYARD C. J. A cold shortening effect in beef muscles. **Science Food Agriculture Journal**, v. 14, p. 787-793, 1963.

LONERGAN, E. Improving the sensory and nutritional quality of fresh meat. Fresh meat water-holding capacity. **Food Science, Technology and Nutrition**. c.6, p. 147-160, 2009.

LOVATT, S.J. REFRIGERATION AND FREEZING TECHNOLOGY | Applications. **Encyclopedia of Meat Sciences**, 2. ed., p. 178-183, 2014.

MEAD, G. C. **Processing of poultry**. London: Chapman & Hal, 1 ed.,1995.

MELODY, J. L.; LONERGAN, S. M.; ROWE, L.J.; HUIATT, T.W.; MAYES, M.S. Early post mortem biochemical factors influence tenderness and water-holding capacity of three porcine muscles. **Journal of Animal Science**, p, 1195-1205, 2004.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger princípios de bioquímica**. São Paulo: Editora Sarvier, 4 ed, 2006.

OLIVO R. Atualidades na qualidade de carne de aves. In: OLIVO R. **O mundo das carnes**. Criciúma: Do autor, 2005, p. 99-121.

ORDÓÑEZ, J. A. et al. **Componentes dos alimentos e processos**. Porto Alegre: Editora Artmed, v. 1, 2005.

ORDÓÑEZ, J. A. et al. **Tecnologia de alimentos, alimentos de origem animal**. Porto Alegre: Editora Artmed, v. 2, 2005.

PAREDES, A.M. Scanning Electron Microscopy. **Food Science**, p. 693-701, 2014.

PEEMOELLER, H., PINTAR, M. Nuclear magnetic resonance analysis of water in natural and deuterated mouse muscle above and below freezing. **Biophysical Journal**, v. 29, p. 427-436, 1980.

PEARCE, K. L.; ROSENVOLD, K.; ANDERSEN , H. J.; HOPKINS, D. L. Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes - A review. **Meat Science**, v. 89, p. 111–124, 2011.

PINTO M. F.; PONSANO, E. H. G.; ALMEIDA, A. P. S. Espessura da lâmina de cisalhamento na avaliação instrumental da textura da carne. **Revista Ciência Rural**, v. 40, n. 6, p. 1405-1410, 2010.

PRÄNDL, O. et al. **Tecnología e higiene de la carne**. Zaragoza: Editora Acribia, 1994.

PULICI, R.; ALVES, F. R.; GAMEIRO, A. H. **Aceitação e Segmentação do Mercado de Produtos Derivados da Carne de Peru**. Rio Branco: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo. XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2008 .

RAHARJO, S.; SOFOS, J. N. Methodology for Measuring Malonaldehyde as a Product of Lipid Peroxidation in Muscle Tissues: A Review. Fort Collins: Departments of Animal Sciences and Food Science and Human Nutrition, Colorado State University, **Meat Science**, 1993.

REGULAMENTO (CE) n° 543, Jornal Oficial da União Europeia, 16 de junho de 2008, **que estabelece regras de execução do Regulamento (CE) n.º 1234/2007 do Conselho no que respeita às normas de comercialização para a carne de aves de capoeira**. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R0543&qid=1443958120765&from=PT>. Acesso em: 02/10/2015.

REGULAMENTO (CE) n°. 853/2004, do Parlamento Europeu e do Conselho de 29 de abril de 2004, **que estabelece regras específicas de higiene aplicáveis aos géneros alimentícios de origem animal**. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:02004R0853-20100715&from=EN>. Acesso em: 02/10/2015.

ROWE, R. W. D. Muscle Sample Preparation for Scanning Electron. **Meat Science** v.10, p. 275-284, 1984.

SANSAWAT, T., et al. Combination of muscle tension and crust-freeze-air-chilling improved efficacy of air chilling and quality of broiler fillets. **Poultry Science**, v. 93, p. 2314–2319, 2014.

SAVELL, J.W.; MUELLER, S.L.; BAIRD, B.E. The chilling of carcasses. **Meat Science**, v. 70, p. 449-459, 2005.

SICKLER, M. L.; CLAUS, J. R.; MARRIOTT, N. G.; EIGEL, W. N.; WANG, H. Reduction in lipid oxidation by incorporation of encapsulated sodium tripolyphosphate in ground turkey, **Meat Science**, v. 95, p. 376–380 2013.

SMAOUI, Slim et al. Relationships between textural modifications, lipid and protein oxidation and sensory eatons of refrigerated turkey meat sausage Treated with Bacteriocin BacTN635. **Food Bioprocess Technology**, v. 10, p. 1655-1667, 2017.

SMET, S., Vossen, E. Meat: The balance between nutrition and health. A review. **Meat Science**. v. 120, p. 145-156, 2016.

STADUTO, Jefferson A.R.; DELIBERALI, Edson A.; VIANA, Giomar; RINALDI, Rubia N. **As Exportações de carne de frango e as habilitações de produtos para o mercado internacional – Um estudo da mesorregião Oeste do Paraná**. Rio Branco: XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociedade Rural, 2008.

SUMAN, S. P.; NAIR, M. N. New aspects of meat quality from genes to ethics. **Food Science, Technology and Nutrition**, c.6, p.111-127, 2017.

TAKAHASHI, K. Structural Weakening of Skeletal Muscle Tissue during Post mortem Ageing of Meat: the Non-Enzymatic Mechanism of Meat Tenderization. **Meat Science**, v. 43, p. 67-80, 1996.

TAYLOR, R. G. et al. Proteolytic activity of proteasome on myofibrillar structures. **Molecular Biology Reports**, v. 21, p. 71-73, 1995.

VASILATOS, G. C.; SAVVAIDIS, I. N. Chitosan or rosemary oil treatments, singly or combined to increase turkey meat shelf-life. **International Journal of Food Microbiology**, v.166, p. 54–58, 2013.

WIKLUND, E., et al. Spray chilling of deer carcasses effects on carcass weight, meat moisture content, purge and microbiological quality. **Meat Science**, v. 86, p. 926-930, 2010.

WOOD, J. D., et al. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, v. 66, p. 21–32, 2003.

USDA, United States Department of Agriculture. Agricultural Research. **Service National Nutrient Database for Standard Reference Legacy Release**.

Disponível em:

<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/05710?n1=%7BQv%3D1%7D&fgcd=&man=&facet=&count=&max=25&sort=default&qlookup=Turkey%2C+retail+parts%2C+breast%2C+meat+only%2C+raw&offset=&format=Full&new=&measureby=&Qv=1&ds=&qt=&qp=&qa=&qn=&q=&ing=> Acesso em: 20/08/2018.

ZHOU, G.H., et al. Preservation Technologies for fresh meat – A review. **Meat Science**, v. 86, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>> Acesso em: 20/06/2018.

ZHUANG, H.; SAVAGE, E. M.; SMITH D. P.; BERRANG, M. E. Effect of dry-air chilling on sensory descriptive profiles of cooked broiler breast meat deboned four hours after the initiation of chilling. **Poultry Science**, v. 88, p. 1282-1291, 2009.

RESULTADOS

ARTIGOS CIENTÍFICOS:

ARTIGO 1 – Resfriamento de carcaças de peru em sistema de ventilação combinado: impacto nas características da carne

ARTIGO 2 – Determinação dos parâmetros de resfriamento por ventilação e avaliação das características físico-químicas e estruturais da carne de peru.

ARTIGO 1

Resfriamento de carcaças de peru em sistema de ventilação combinado: impacto nas características da carne

RESUMO

Alterações no teor de umidade da carne podem causar variações nas suas características físico-químicas. O objetivo do estudo foi avaliar o impacto do resfriamento combinado (ventilação com aspersão + ventilação), nas características da carne de peru e identificar as variáveis com influência no processo. Foram avaliadas 20 carcaças de peru machos, com peso médio de 18,5 kg. A amostra apresentou CRA de 56,2%, maciez de 3,94 kgf, e comprimento do sarcômero (1,88 μ m), similar ao de músculos de frango submetidos a resfriamento. Observou-se valores elevados nos parâmetros de cor L* (78,04), a (2,25), b (16,54), possivelmente decorrentes da elevada oxidação lipídica (0,63 mg MDA/kg). A microscopia eletrônica de varredura mostrou espaços vazios decorrentes da perda de água intramuscular. A carne de peru submetida ao resfriamento combinado apresentou elevada perda de água, com conseqüente impacto nas suas características físico-químicas.

Palavras-chave: Perda de umidade. Avaliações físico-químicas. Qualidade. Avaliação morfológica.

ABSTRACT

Changes in the moisture content of the meat may cause variations in its physicochemical characteristics. The objective of the study was to evaluate the impact of combined cooling (ventilation with spraying + ventilation) on turkey meat characteristics and to identify the variables that influence the process. Twenty male turkey carcasses were evaluated, with an average weight of 18.5 kg. The sample presented WHC of 56.2%, softness of 3.94 kgf, and length of the sarcomere (1.88 μ m), similar to that of chicken muscles submitted to cooling. High values were observed in the color parameters L* (78,04), a* (2,25), b* (16,54), possibly due to the high lipid oxidation (0.63 mg MDA / kg). Scanning electron microscopy showed empty spaces resulting from the loss of intramuscular water. The turkey meat submitted to the combined cooling presented high loss of water, with consequent impact on its physico-chemical characteristics.

Key words: Loss of moisture. Physico-chemical evaluations. Quality. Morphological evaluation.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil foi o terceiro maior exportador mundial de carne de peru em 2016 e Santa Catarina foi o estado que se destacou em 2017 como o maior produtor e exportador do país (ABPA, 2018).

A Europa foi considerada o principal continente importador do Brasil em 2017 (ABPA, 2018). Um dos critérios exigidos pela Europa é a avaliação do método de resfriamento das carcaças, cujos parâmetros a serem monitorados são o percentual de absorção e relação umidade/proteína para sistemas de resfriamento por ventilação e devem atender o Regulamento da Comunidade Europeia (CE) n°. 543, de 16 de junho de 2008 (UNIÃO EUROPEIA, 2008). Os parâmetros a serem atendidos variam de acordo com o sistema de resfriamento utilizado.

Segundo a Portaria n°. 210, de 10 de novembro de 1998, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 1998), o fluxo de abate de aves consiste nas etapas de pendura, insensibilização, sangria, depenagem, evisceração manual, resfriamento, espostejamento, embalagem, congelamento e estocagem.

O resfriamento de carcaças é a etapa do processo que pode ser realizado através de imersão em água contida em tanque chamado de *chiller*, em câmaras de ventilação forçada chamadas de *air chiller* ou com a utilização de gases refrigerantes (MEAD, 1995).

O Regulamento da Comunidade Europeia (CE) n°. 543, de 16 de junho de 2008 (UNIÃO EUROPEIA, 2008) prevê a utilização do sistema de resfriamento por ventilação com ventilação forçada e com aspensão em uma câmara, seguido de novo período de resfriamento somente por ventilação, realizado numa segunda câmara. Quando são utilizadas duas formas de resfriamento, o regulamento considera que trata-se de um sistema de resfriamento combinado.

O objetivo do estudo foi avaliar os impactos nas características da carne de peru resfriadas em sistema de resfriamento combinado de ventilação com aspensão e seguido de ventilação e identificar as variáveis com influência no processo de resfriamento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIAL

Foram utilizadas 20 carcaças íntegras de perus machos, da linhagem Nicholas, com idade entre 145 e 160 dias e peso médio de 18,5kg ($\pm 3,5$ kg). A coleta das amostras foi realizada em um dia de produção do mês de março de 2018.

2.2 MÉTODOS

2.2.1 Resfriamento por Ventilação

O local de realização do estudo foi um abatedouro de perus registrado no Serviço de Inspeção Federal e que está localizado na região sudoeste do estado do Paraná.

O resfriamento em sistema de ventilação combinado é constituído de duas etapas, uma na câmara com ventilação e aspersão e na sequência na câmara somente com ventilação.

As carcaças selecionadas foram pesadas individualmente (balança TOLEDO 200316-2090) e foram identificadas. Após medir a temperatura (termômetro TESTO 106), foram penduradas em ganchos individuais móveis e deslocadas para o interior da câmara de ventilação e aspersão através de transportador aéreo contínuo com velocidade de 1.000 carcaças/hora. A temperatura do interior da câmara foi de $-1,0$ °C e aspersão de água de $3,5$ m³/hora e velocidade do ar de 14 m/s.

O tempo de permanência das carcaças na câmara foi de 1 hora e 20 minutos. Após a saída da câmara de ventilação e aspersão, as carcaças foram retiradas dos ganchos do transportador aéreo e transferidas para gancheira em haste na entrada da câmara de ventilação. Foram encaminhadas para o interior através de trilhos dessa

câmara, onde a temperatura foi de -2,5 °C. Nesta etapa, permaneceram estáticas durante 8 horas e 30 minutos.

A gancheira foi retirada da câmara de ventilação após as carcaças atingirem 4 °C. As carcaças foram removidas manualmente das hastes e foi realizada a segunda pesagem (balança TOLEDO 200316-2090).

2.2.2 Percentual de Absorção

O percentual de absorção é estabelecido pelo Regulamento da Comunidade Europeia (CE) n°. 543, de 16 de junho de 2008 (UNIÃO EUROPEIA, 2008) e calculado após o término do resfriamento. O peso inicial foi avaliado na entrada da câmara de ventilação / aspersão e o peso final foi avaliado após atender a temperatura máxima de 4,0 ° C na profundidade do músculo peitoral profundo, na saída da câmara de ventilação. O percentual de absorção foi obtido conforme a equação 1.

$$\% \text{ de absorção} = \frac{\text{Peso Final} - \text{Peso Inicial}}{\text{Peso Inicial}} \times 100 \quad (1)$$

2.2.3 Amostragem

Foi retirado meio peito de cada uma das 20 carcaças selecionadas para o experimento. O peso médio de cada amostra foi de 2,100kg e apresentavam a temperatura máxima de 4°C. Cada amostra foi armazenada em uma embalagem plástica identificada e todas foram encaminhadas para o congelamento em túnel armazenamento na câmara de estocagem com temperatura de -23°C. Posteriormente, foram selecionadas, aleatoriamente, duas amostras congeladas para envio ao laboratório para as análises.

2.2.4 Análises Físico-químicas e Estruturais

As amostras coletadas após o resfriamento foram enviadas congeladas aos laboratórios.

2.2.4.1 Umidade

Foi utilizado o método gravimétrico com o emprego de calor, o qual se baseia na perda de peso do material quando submetido a aquecimento em estufa a 105°C, até atingir peso constante (AOAC, 1995). Todas as avaliações foram realizadas em triplicatas.

2.2.4.2 Proteína

O teor de proteína foi determinado de acordo com o método de Kjeldahl, conforme procedimento da AOAC (2009). Após a digestão da amostra com a mistura digestora (sulfato de cobre e sulfato de potássio) e ácido sulfúrico, foi realizada destilação e posterior titulação com solução de ácido clorídrico. Todas as avaliações foram realizadas em triplicatas.

2.2.4.3 Relação Umidade/Proteína

A relação umidade / proteína foi determinada pela divisão do resultado obtido do percentual da umidade pelo resultado obtido do percentual da proteína de cada amostra.

2.2.4.4 pH

Para determinação do pH foi utilizado o método da ISO (*International Organization for Standardization*) 2917:1999 para carnes e produtos cárneos. Foi homogeneizada amostra de 5g em solução de KCl (volume 10 vezes maior) por meio de homogeneizador de eixo. Foi introduzido o eletrodo do peagâmetro Mettler Toledo, FG2 FiveGo Portátil no extrato de amostra e definido o sistema de correção de temperatura do medidor de pH para a temperatura de 25 °C do extrato. A amostra foi agitada com o agitador magnético e o pH foi considerado ao alcançar um valor constante.

2.2.4.5 Cor

Foi utilizado um Colorímetro portátil MiniScan XE (Hunter Associates Laboratory, Inc., Reston, Virginia, USA), com iluminante D65 e ângulo de observação de 10°. As medidas realizadas na superfície da amostra de carne foram expressas no sistema CIELAB, sendo as cores descritas por luminosidade (L^*), coordenada a^* (conteúdo de vermelho a verde) e coordenada b^* (conteúdo de amarelo a azul). Todas as avaliações foram realizadas em triplicatas.

2.2.4.6 Oxidação Lipídica

A análise de oxidação lipídica foi realizada utilizando o método TBARs (FERNÁNDEZ, ÁLVAREZ, LÓPEZ, 1997). Para isso, 5 g de carne foram homogeneizados em 15 ml de 0,38 M HClO_4 durante 3 minutos em banho de gelo. Para evitar oxidação adicional, foram acrescentados 0,5 ml de uma solução etanólica de 0,19 M de butil-hidroxitolueno (BHT). O homogeneizado foi centrifugado (3000g, 5 min, 5°C) e filtrado em papel filtro Whatman N 54. Misturou-se uma alíquota de 0,7 ml com 0,7 ml de uma solução de TBA a 0,02 M e aqueceu-se a 100°C durante

30 min. Após aquecimento, a mistura foi centrifugada a 3000 g durante 15 minutos a 5°C. A absorvância foi medida a 532 nm. Os resultados foram expressos como mg de malonaldeído (MDA) / kg de amostra. Todas as avaliações foram realizadas em triplicatas.

2.2.4.7 Capacidade de Retenção de Água (CRA)

A análise de CRA foi realizada utilizando o procedimento descrito por Wierbic (1958). A amostra de carne magra comenutada foi envolta em papel de filtro, colocada entre placas de acrílico e pressionada imediatamente sob pressão constante de 500 p.s.i. durante um minuto. O conjunto da prensa foi removido e a primeira placa de acrílico foi separada. A placa contendo a amostra foi direcionada contra a luz e as áreas formadas pelo filme de carne e pelo exsudato foram delimitadas com caneta. Foi retirado o filme da placa e as áreas marcadas foram medidas com um software de análise de imagens. A área circular marrom ou vermelha (área de água livre) de água absorvida pelo filtro papel foi medida, utilizando um software de análise de imagens. Todas as avaliações foram realizadas em triplicatas.

O cálculo da CRA é realizado com a seguinte fórmula:

$$\text{H}_2\text{O livre (\%)} = \frac{[\text{A}_{\text{exsudato}} (\text{cm}^2) - \text{A}_{\text{filme}} (\text{cm}^2)] \times 9,47 \times 100}{\text{Umidade total (mg) na amostra}}$$

Umidade total da amostra = peso da amostra x umidade em estufa

9,47 significa que cada cm² embebido possui 9,47mg de água

CRA (%) = 100 – H₂O livre

2.2.4.8 Força de Cisalhamento

A avaliação de força de cisalhamento foi realizada conforme Dadgar (2010). Foram cortados dos filés cozidos, dez blocos retangulares, com uma seção transversal de 1 cm² e altura de 2 a 3 cm. A força de cisalhamento foi determinada usando um analisador de textura TMS-Pro (modelo 2R1087, Food Technology Corp.,

Sterling, VA) equipado com uma lâmina de cisalhamento Warner-Bratzler. A amostra foi cortada perpendicularmente à direção das fibras e a força de cisalhamento, calculada como a média das 10 amostras.

2.2.4.9 Comprimento de Sarcômero

A metodologia para análise do comprimento de sarcômero foi difração de raio laser (KOOLMES, KORTEKNIE, SMOLDERS, 1986). Para a investigação microscópica, foi utilizado um microscópio de contraste de fase (Zeiss) com uma objetiva de óleo de imersão pH 3, 100/1,30 equipado com uma câmara lúcida. O padrão de difração foi avaliado pela exposição da amostra que foi usado para microscopia para um feixe de luz monocromático de 2,0 mW com um comprimento de onda de 632,8 nm, gerado por um tubo de laser de gás hélio-néon. As amostras foram cortadas em dez pedaços de 3,0 × 3,0 × 2,0 cm e colocadas em um frasco de cintilação contendo solução de glutaraldeído 5% e fixado por 4 horas a 4 °C. Após a solução foi descartada e substituída por solução de 0,2M de sacarose, mantido durante uma noite a 4°C. O comprimento do sarcômero foi determinado por difração de laser e expresso em micrômetros (µm). Todas as avaliações foram realizadas em triplicata.

2.2.4.10 Perfil de Ácidos Graxos

A metodologia utilizada para análise foi o método oficial e a prática recomendada pela Sociedade Americana de Químicos de Óleos (AOCS, 2009).

A análise de perfil de ácidos graxos de duas amostras foi realizada em cromatógrafo gasoso capilar – CGC AGILENT 68650 SERIES GC SYSTEM, coluna capilar DB-23 AGILENT (50% cianopropil) – metilpolisiloxano, com dimensões de 60 mm, diâmetro interno de 0,25 mm, 0,25 µm filme. As condições de operação do cromatógrafo foram em fluxo coluna de 1,0 ml/min, a velocidade linear de 24 cm/seg. A temperatura do detector foi de 280°C e a temperatura do injetor foi de 250°C. A temperatura do forno foi de 110°C por 5 minutos, 110 – 215°C (5°C/min) e 215°C por

24 minutos. Foi utilizado como gás de arraste o gás hélio, num volume injetado de 1,0 μ L. Todas as avaliações foram realizadas em duplicata.

2.2.4.11 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A amostra foi fixada em glutaraldeído, posteriormente lavada em solução tampão de cacodilato e desidratada por uma série alcóolica. Após, passou por processo de secagem pela técnica de ponto crítico com dióxido de carbono. Na sequência, houve a metalização com ouro de aproximadamente 20 nm de espessura por 150 segundos em corrente de 25 mA, através do processo de *sputtering* (OLIVEIRA, REIS FILHO, GRÖTZNER, 2011).

As eletromicrografias foram obtidas em microscópio eletrônico de varredura Tescan, VEGA3LMU. As escalas micrométricas foram projetadas nas mesmas condições ópticas e as imagens foram obtidas empregando detector de elétrons secundário e tensão de 15 kV.

2.2.5 Avaliação Estatística

O desvio padrão dos resultados das avaliações físico-químicas foram determinados com auxílio do programa XLSTAT versão 218.1.49386 para Excel (Microsoft Office, 2015).

2.2.6 Determinação do Peso das Carcaças entre a Câmara de Ventilação e Aspersão e a Câmara de Ventilação

Embora não seja estabelecido pelo Regulamento da Comunidade Europeia (CE) n°. 543, de 16 de junho de 2008 (UNIÃO EUROPEIA, 2008), foram pesadas 20 carcaças na entrada da câmara de ventilação e aspersão e após 1 hora e 20 minutos,

foi realizada uma segunda pesagem na saída desta câmara, com o intuito de verificar se houve perda ou ganho de peso nessa fase.

Para avaliação do método combinado (ventilação / aspensão e ventilação), foram pesadas 20 carcaças na entrada da câmara de ventilação / aspensão e outra pesagem foi realizada após a saída da câmara de ventilação.

Os valores foram expressos em quilogramas (kg).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao pesar 20 amostras na entrada e na saída da câmara de ventilação / aspensão, após 1 hora e 20 minutos de resfriamento, houve um ganho médio de $1,8 \pm 0,0243\text{g}$, indicando que não ocorreu perda de peso nas carcaças. Ao pesar as mesmas amostras na saída da câmara de ventilação, após 8 horas e 30 minutos, o resultado foi a perda média de $72 \pm 0,0479\text{g}$, caracterizando que a maior perda de peso ocorreu na câmara de ventilação.

Observou-se que na câmara de ventilação, ocorreu uma elevada perda de água nas carcaças. Segundo Demirok (2013), no sistema de resfriamento por ventilação a perda de peso entre 1% a 1,5% é comum, podendo ser tão elevada, a ponto de atingir 3%, dependendo da necessidade, capacidade e do tipo de sistema.

Na câmara de ventilação / aspensão, provavelmente não ocorreu perda de água da carcaça, devido à aspensão de água e a temperatura mais elevada do interior desta câmara.

Considerando que a velocidade do fluxo de abate e a velocidade do ar é a mesma empregada na câmara de ventilação, as variáveis que influenciaram no processo de absorção e ou desidratação foram a temperatura e a vazão da aspensão.

Quanto aos resultados do teste realizado no sistema combinado (ventilação / aspensão e ventilação), com pesagem na entrada da câmara de ventilação / aspensão e após a saída da câmara de ventilação, todas as amostras apresentaram perda elevada de água e conseqüente perda de peso durante o processo de resfriamento, quando expostas somente à ventilação. A média da temperatura final das carcaças foi de $0,73\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,447$ e o percentual médio de perda de água das carcaças foi de $1,78\% \pm 0,342$. Esse percentual representa uma perda de 0,330kg por carcaça de 18,5kg.

Devido ao sistema de ventilação combinado (ventilação / aspersão e ventilação) ter uma etapa apenas com ventilação, onde as carcaças permanecem mais de 8 horas expostas à condição de ar seco e frio, ocorreu a desidratação das carcaças. A desidratação na câmara de ventilação foi confirmada através do resultado da pesagem realizada na saída da câmara de ventilação / aspersão. Segundo Demirok (2013), o ar resfriado provoca desidratação e descoloração na superfície das carcaças.

Prado e Felício (2010) citam que no resfriamento realizado com ar frio em carcaças de bovinos, ocorre uma perda de peso regular causada devido à exsudação, evaporação da superfície e secagem, que podem atingir aproximadamente 2% de perda de peso.

Segundo Lawrie (1998), outro fator que reduz a água da carne é o baixo pH resultante do metabolismo do glicogênio, formando ácido láctico. No momento do sacrifício da ave, o pH fisiológico inicia a sua queda decorrente do *rigor mortis*.

O Regulamento da Comunidade Europeia (CE) n°. 543, de 16 de junho de 2008 (UNIÃO EUROPEIA, 2008) prevê que não pode haver ganho de água acima de 0% para o sistema de ventilação combinado (ventilação / aspersão e ventilação). O abatedouro analisa diariamente o percentual de absorção em 20 carcaças íntegras de perus em cada turno de produção.

Ao considerar um histórico de 28 dias de avaliação do percentual de absorção fornecido pelo abatedouro onde foi realizado o estudo, a média do percentual de absorção foi de $-1,32\% \pm 0,268$.

O teor de água encontrado na amostra foi de $74,5\% \pm 0,353$ após o descongelamento, sendo relativamente maior que o percentual aproximado de 73,23% ao analisar cortes após o descongelamento (FERREIRA, 2016) e foi semelhante ao teor de 74,66% estabelecido pela USDA (2018). O percentual de proteína da amostra foi de $24,1\% \pm 0,637$, sendo superior ao descrito pela USDA (2018) (23,44%), porém foi inferior ao resultado de 24,80%, evidenciado por Ferreira (2016).

Segundo o Regulamento da Comunidade Europeia (CE) n°. 543, de 16 de junho de 2008 (UNIÃO EUROPEIA, 2008), a relação umidade/proteína para cortes de peito de peru sem pele deve ser de no máximo 3,40 para cortes de peito de peru resfriados por ventilação. Ao considerar os resultados de percentual de umidade e

percentual de proteína, o resultado foi 3,09 de relação umidade/proteína e assim, atendeu ao padrão estabelecido pelo regulamento.

O pH da amostra foi de $5,74 \pm 0,0047$. Este valor foi inferior ao encontrado por Chan (2011) e Ferreira (2016), que foi entre 5,9 a 6,0. Segundo Lawrie (1998), durante o processo de *rigor mortis*, a produção de ácido lático devido à glicólise anaeróbica reduz o pH, normalmente para 5,8.

O pH muscular baixo que pode causar maior perda de água, em caso de declínio rápido devido à desnaturação das proteínas sarcolasmáticas e miofibrilares, aumento da contração da actinmiosina e alteração da estrutura da carne (LESIAK,1995).

O pH final do músculo é um dos principais determinantes da qualidade da carne e está relacionado à depleção de glicogênio e à liberação de ácido lático no pré e pós-abate (WATANABE, 1996). Chan (2011) e Goli (2014), consideram que o pH baixo resulta em carne com menor capacidade de retenção de água (CRA).

A CRA da amostra foi de $56,2\% \pm 5,705\%$, sendo menor que o resultado de 79,73% encontrado no estudo realizado por Carvalho et al. (2014). Segundo Ordóñez (2005), o pH é responsável pelas diferenças na CRA observadas entre animais da mesma espécie. A CRA tem forte impacto no desenvolvimento e na apreciação das características sensoriais, como cor, textura, firmeza, suculência e maciez.

A maciez da carne da amostra foi avaliada através do teste de cisalhamento e o resultado foi $3,94 \text{ kgf} \pm 0,910$, sendo maior que o resultado encontrado por Claus (2011), que foi de 3,20 kgf. Segundo Chan (2011), a maciez da carne é reduzida pelo em valores menores de pH, confirmando Barbut (1993) que considera que quanto menor o pH, mais macia será a textura do peito. De acordo com Ertbjerg (2017), as características como a maciez, capacidade de retenção de água, reações bioquímicas da proteólise e do metabolismo do glicogênio se inter-relacionam com o comprimento do sarcômero de maneira complexa.

Na avaliação do comprimento de sarcômero da amostra, o resultado foi $1,88\mu\text{m}$ de comprimento. Ao comparar com o comprimento de sarcômero de $1,8 \mu\text{m}$ do peito de frango descongelado relatado por Yu et. al. (2005), pode-se considerar que há uma similaridade entre os resultados, caracterizando uma textura macia da carne da amostra. Bekhit (2011), afirma que com as mudanças *post mortem* no aparelho contrátil do músculo (sarcômero) ocorre uma fase de encurtamento durante o desenvolvimento do *rigor mortis*, determinando assim a textura da carne. Segundo

Ordóñez (2005), os efeitos das interações actina-miosina na CRA da carne são evidenciados quando se comparam as perdas de exsudação dos músculos que entram em *rigor* com as miofibrilas em extensão ou em graus diferentes de encurtamento do sarcômero. Lesiak (1995) relatou que comprimentos reduzidos de sarcômeros resultaram em aumento da força de cisalhamento no músculo do peito de frango.

O encolhimento da miofibrila poderia, assim, levar à redução do diâmetro total da célula muscular, criando canais entre as células e entre feixes de células que podem afunilar a gotejamento para fora do produto (OFFER et al., 1988).

Em seus estudos com carne de peru, Barbut (1993) correlacionou maciez e cor. Ao verificar a tabela 1, a amostra apresentou coloração mais clara ao comparar com o valor de L* de 48,49, a* de 2,06 e b* de 1,41 da carne de peito de peru avaliada por Çelen et al. (2016).

Tabela 1 – Valores de pH e cor de cortes de peito de peru resfriados em sistema combinado

Sistema	pH	L*	a*	b*
Carne de peru	5,74 ±0,335	78,04 ±2,638	2,25 ±0,739	16,54 ±1,247

Para Dadgar (2010), os parâmetros para carne de peru são pH de 5,7 a 6,1 e o valor de L* de 46 a 53. O principal fator que determina a cor da carne de aves é o conteúdo de mioglobina. Os principais fatores determinantes do conteúdo de mioglobina considerados são espécie, músculo e idade do animal (ÇELEN, 2016). A mioglobina, uma proteína solúvel em água, é capaz de se combinar com o oxigênio, essencial para o metabolismo aeróbico muscular, para desenvolver oximioglobina (cor vermelha brilhante, indicador de frescor (HAMDI, 2018).

O resultado da análise de oxidação lipídica foi de 0,631 mg MDA/kg ±0,026, sendo superior ao resultado encontrado por Ferreira (2016), de 0,181 MDA/kg e por Feng (2017) (0,16 mg MDA/kg). O elevado valor de oxidação lipídica, possivelmente está relacionado com o alto percentual de ácidos graxos insaturados, conforme a tabela 5. Para Hamdi (2018), os processos oxidativos são os principais fatores não microbiológicos envolvidos na deterioração da qualidade da carne durante o armazenamento refrigerado. A oxidação induz modificações de lipídios e proteínas

musculares e, portanto, afeta as propriedades organolépticas e nutricionais de carne e produtos cárneos.

Para Ordóñez (2005), a oxidação lipídica é um conjunto de reações que afeta principalmente os ácidos graxos insaturados e leva à formação de compostos de baixo peso molecular (aldeídos, cetonas, ácidos graxos de cadeia curta, lactonas, etc), que são responsáveis pelo aparecimento de cores e odores anômalos.

Tabela 2 - Composição em ácidos graxos do corte de peito de peru resfriado por ventilação pelo sistema combinado (aspersão / ventilação e ventilação)

Ácidos Graxos	Média (%m/m)
Láurico (C12:0)	0,240 ±0,071
Mirístico (C14:0)	0,605 ±0,049
Pentadecanóico (C15:0)	0,145 ±0,035
Palmítico (16:0)	19,935 ±1,959
Margárico (C17:0)	0,265 ±0,007
Cis-10-heptadecenóico (C17:1)	0,080 ±0,014
Esteárico (C18:0)	9,740 ±0,537
Trans elaídico (C18:1)	0,215 ±0,233
T-Linoleico (C18:2)	0,105 ±0,007
T-linolênico (C18:3)	0,165 ±0,049
Araquídico (C20:0)	0,200 ±0,014
Eicosenóico (C20:1)	0,185 ±0,007
Behênico (C22:0)	0,150 ±0,028
Conjugado puccínico (C18:3)	0,160 ±0,028
Lignocérico (C24:0)	0,075 ±0,035
Docosapentaenóico (C22:5)	0,620 ±0,000
Docosahexaenóico (C22:6)	0,440 ±0,000
Palmitoléico (C16:1)	1,100 ±0,113
Oleico (C18:1)	26,325 ±0,106
Linoleico (C18:2)	32,540 ±2,659
Linolênico (C18:3)	2,295 ±0,049
Araquidônico (C20:4)	4,425 ±0,021

Os ácidos láurico e palmítico, que são saturados e os ácidos oleico, linoleico e linolênico, que são insaturados, apresentaram percentual maior na amostra em relação aos valores descritos pela USDA (2018). Segundo Ordóñez (2005), os ácidos graxos insaturados são os principais substratos para a oxidação lipídica, pois possuem ligações duplas que reagem com oxigênio.

Joo et al. (2013) citam que a testosterona aumenta o crescimento muscular e diminui a deposição lipídica intramuscular. Em geral, os machos inteiros depositam menos gordura em todo o corpo e dentro do músculo, e são mais suscetíveis ao estresse pré-abate a longo prazo do que as fêmeas e machos castrados. No estudo, considerando que trabalhou somente com machos de 145 a 160 dias, o percentual de ácidos graxos apresentou-se elevado.

3.1 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

As figuras A e C são cortes longitudinais em 200 μm e mostram que há espaços escurecidos entre as miofibrilas, caracterizando espaços vazios. As figuras B e D referem-se ao aumento da área demarcada nas fotos A e C, respectivamente. As estruturas apresentam irregularidades e áreas escuras ao serem visualizadas no aumento de 50 μm em corte longitudinal. As irregularidades das miofibrilas podem ser decorrentes da perda do líquido inter e ou intramiofibrilar durante o resfriamento ou devido ao preparo da amostra para a MEV.

Ao avaliar as amostras em corte transversal no aumento de 200 μm das figuras E e F, observou-se a ocorrência de pontos escurecidos entre as fibras musculares, caracterizando a existência de buracos e ou fissuras, cuja provável origem seja devido à redução de água da carne durante o resfriamento por ventilação. Possivelmente, esses espaços vazios são decorrentes da posterior liquefação de cristais de gelo formados a partir do líquido intermiofibrilar e o líquido intramiofibrilar durante o processo de descongelamento.

Castro (2002) considerou que as irregularidades na superfície de uma amostra afetam a dispersão dos elétrons, gerando colorações claras e escuras. Buracos ou fissuras aparecem escuros, as protuberâncias e saliências aparecem claras, resultando em uma imagem tridimensional.

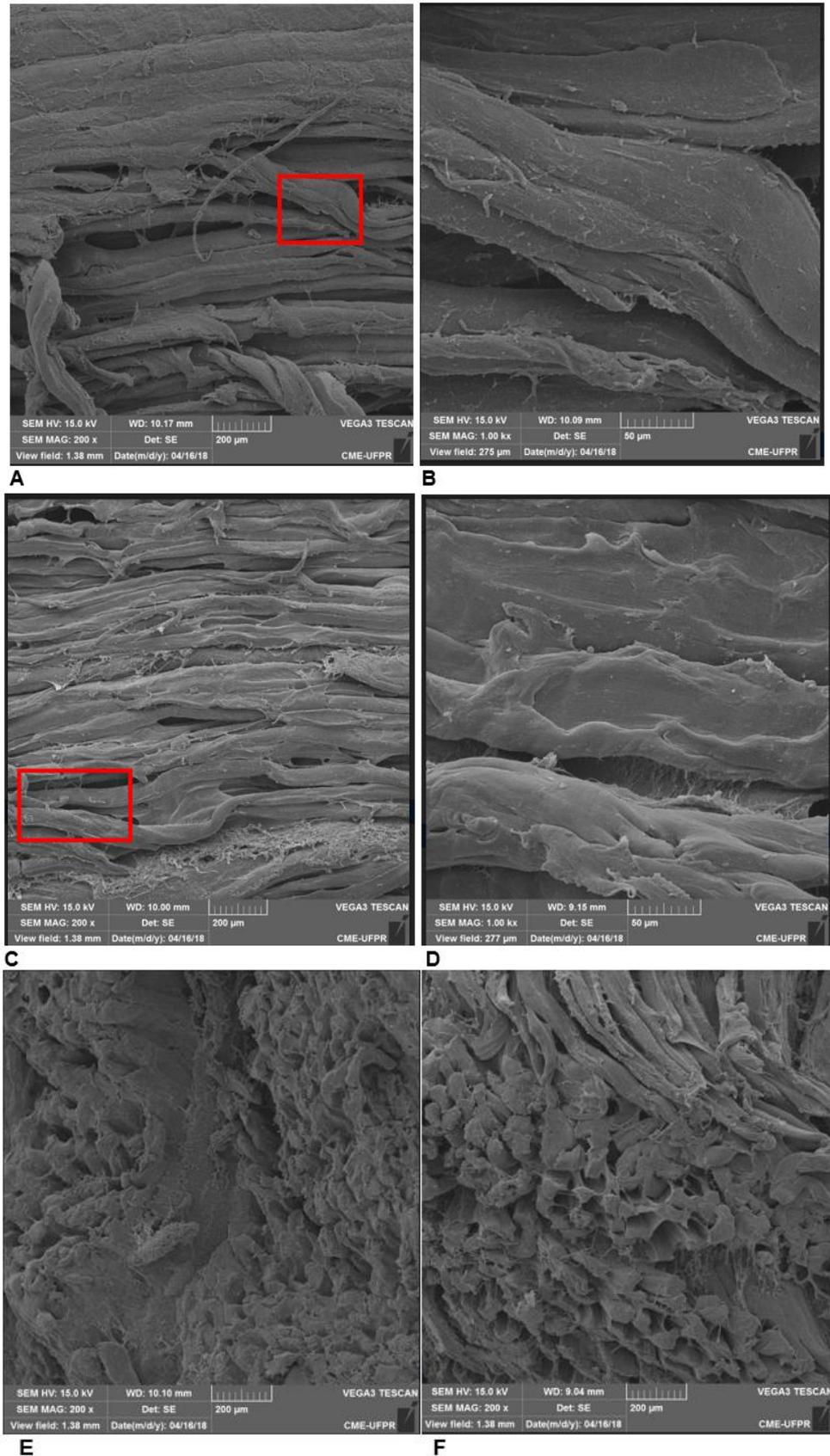


Figura 1 – Corte longitudinal de estrutura muscular do peito de peru com 200 μ m e 50 μ m de aumento. As figuras A-C e B-D referem-se ao corte longitudinal com 200 μ m e 50 μ m de aumento, respectivamente. As figuras E-F referem-se ao corte transversal com aumento de 200 μ m de amostras de peito de peru resfriadas pelo sistema combinado de ventilação / aspersão e ventilação.

4 CONCLUSÃO

A carne de peru resfriada por ventilação em sistema combinado, apresentou menor maciez (3,94 kgf), possivelmente devido ao seu baixo valor de pH (5,74) e a CRA reduzida (56,2%). O comprimento de sarcômero foi de 1,88 μm , não sendo uma característica impactante na maciez.

A amostra apresentou elevado valor de oxidação lipídica (0,631 mg MDA/kg), possivelmente devido ao alto percentual de ácidos graxos insaturados e ao aumento da superfície de contato com o oxigênio entre as fibras musculares, decorrente da acentuada perda de água gerada pela exposição à ventilação.

O resfriamento somente com ventilação gerou considerável perda de água. O ajuste dos parâmetros temperatura e vazão de água podem minimizar esses efeitos.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Proteína Animal – ABPA. **Relatório Anual**. 2018. Disponível em <<http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/mercado-mundial>> Acesso: 04/06/2018.

AOAC, Association of the Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 16 ed. Washington, 1995.

AOAC, Association of the Analytical Chemists. **Official methods and recommended practices**. 5 ed. Champaign, 2009.

AOCS, American Oil Chemists Society. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society**. 5. ed. Champaign, USA, 2009.

BARBUT, S. Colour measurements for evaluating the pale soft exudative (PSE) occurrence in turkey meat. **Food Research International**, v. 26, p. 39-43, 1993.

BEKHIT, A. E. D.; HOPKINS, D. L.; FAHRI, F. T.; PONNAMPALAM, E. N. Oxidative Processes in Muscle Systems and Fresh Meat: Sources, Markers, and Remedies. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 12, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Portaria nº. 210, de 10 de novembro de 1998**. Brasília: Diário Oficial da União, 1998.

CARVALHO, R.H.; SOARES, A.L.; HONORATTO, D.C.B.; GUARNIEIRI, P.D.; PEDRÃO, M.R.; PAIÃO, F.G.; OBA, A.; IDA, E.I.; SHIMOKOMAKI, MASSAMI. **The incidence of pale, soft, and exudative (PSE) turkey meat at a Brazilian eatons plant and the functional properties in its meat product**. Londrina: LWT – Foods Science and Technology, v. 59, p. 883-888, 2014.

CASTRO, L. A. S. **Processamento de Amostras para Microscopia Eletrônica de Varredura**. Pelótas: EMBRAPA, 2002.

ÇELEN, M. F.; BUNYAMIN, S.; OMER, Z.; HUSREV, D.; AHMET, T. **Comparison of normal and PSE turkey breast meat for chemical composition, pH, color, myoglobin, and drip loss**. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 45, n. 8, p. 441-444, 2016

CHAN, J.T.Y., et al. Effect of ultimate pH and freezing on the biochemical properties of proteins in turkey breast meat. **Food Chemistry**, v. 127, p. 109–117, 2011.

CLAUS, J.R. et al. Tenderization fo chicken and turkey breasts with electrically produced hydrodinamic shockwaves. **Meat Science**, v. 58, p. 283-286, 2001.

DADGAR, S.; LEE, E. S.; LEER, T. L. V.; BURLINGUETTE, N.; CLASSEN, H. L.; CROWE, T. G.; SHAND, P. J. 2010. Effect of microclimate temperature during transportation of broiler chickens on quality of the pectoralis major muscle. **Poultry Science**, v. 89, p. 1033–1041, 2010.

DEMIROK, E.; VELUZ, G.; STUYVENBERG, W. V.; CASTAÑEDA, M. P.; BYRD, A.; ALVARADO, C. Z. Quality and safety of broiler meat in various chilling systems. **Poultry Science**, v. 92, p. 1117–1126, 2013.

ERTBJERG, P., PUOLANNE, E. Muscle structure, sarcomere length and influences on meat quality. **A review Meat Science**, v. 132, p. 139-152, 2017.

FENG, X.; MOON, S. H.; LEE, H. Y. AHN, D. U. Effect of irradiation on the parameters that influence quality characteristics of raw turkey breast meat. Department of Animal Science, Iowa State University, **Radiation Physics and Chemistry**, v. 130, p. 40-46, 2017.

FERNÁNDEZ, J.; ÁLVAREZ, J. A. P.; LÓPEZ, J. A. F. Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. **Food Chemistry**, v. 59, n. 3, p. 345-353, 1997.

FERREIRA, D. C. B. H. **Caracterização física, química e histológica de carnes de peru PSE e normal e de cortes comerciais e obtenção de isolado de colágeno de barbelas**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2016.

GOLI, T.; RICCI J.; BOHUON P.; MARCHESSEAU S.; COLLIGNAN, A. Influence of sodium chloride and pH during acidic marination on water retention and mechanical properties of turkey breast meat. **Meat Science**, 3.ed., v.96, p. 1133-1140, 2014.

HAMDI, M. et al. Improvement of the quality and the shelf life of reduced-nitrites turkey meat sausages incorporated with carotenoproteins from blue crabs shells. **Food Control**, v. 91, p.148-159, 2018.

JOO, S.T.; KIM G.D.; HWANG, Y.H.; RYU, Y.C. Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics. **Meat Science**, v. 95, p. 828–836, 2013.

LESIK, M. T.; OSLOQB, D. G.; LESIAK, C. A.; AHD, D. U. Effects of KOOLMES, KORTEKNIE, SMOLDERS, 1986.

LAWRIE, R. A. **Lawrie's meat eaton**. Lancaster-Basel: Ed. Technomic, 1998. 336p. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=2zfgBAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false. Acesso em 22/08/2018.

MEAD, G. C. **Processing of poultry**. London: Chapman & Hal, 1 ed.,1995.

OFFER, G. et al. The Structural Basis of the Water-Holding, Appearance and Toughness of Meat and Meat Products. **Food microstructure**, v. 8, p. 151 – 170, 1989.

OLIVEIRA, C.A.R.; FILHO, H. R.; GRÖTZNER, S. R. **Técnicas e Métodos para Utilização Prática de Microscopia**. 1a ed. São Paulo: GEN - Grupo Editorial Nacional, Editora Santos, 2011. v. 1, 440p.

ORDÓÑEZ, J. A. et al. **Componentes dos alimentos e processos**. Porto Alegre: Editora Artmed, v. 1, 2005.

ORDÓÑEZ, J. A. et al. **Tecnologia de alimentos, alimentos de origem animal**. Porto Alegre: Editora Artmed, v. 2, 2005

PRADO, C.S.; FELÍCIO, P.E. Effects of chilling rate and spray-chilling on weight loss and tenderness in beef strip loin steaks. **Meat Science**, v. 86, p. 430-435, 2010.

REGULAMENTO (CE) n° 543, Jornal Oficial da União Europeia, 16 de junho de 2008, **que estabelece regras de execução do Regulamento (CE) n.º 1234/2007 do Conselho no que respeita às normas de comercialização para a carne de aves de capoeira**. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R0543&qid=1443958120765&from=PT>. Acesso em: 02/10/2015.

REGULAMENTO (CE) n°. 853/2004, do Parlamento Europeu e do Conselho de 29 de abril de 2004, **que estabelece regras específicas de higiene aplicáveis aos géneros alimentícios de origem animal**. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:02004R085320100715&from=EN>. Acesso em: 02/10/2015.

USDA, United States Department of Agriculture. Agricultural Research. **Service National Nutrient Database for Standard Reference Legacy Release**. Disponível em: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/05710?n1=%7BQv%3D1%7D&fgcd=&man=&lfacet=&count=&max=25&sort=default&qlookup=Turkey%2C+retail+parts%2C+breast%2C+meat+only%2C+raw&offset=&format=Full&new=&measureby=&Qv=1&ds=&qt=&qp=&qq=&qn=&q=&ing=> Acesso em: 20/08/2018.

WATANABE, A.; DALY, C.C; DEVINE, C.E. The effects of the ultimate pH of eaton tenderness changes during aging. **Meat Science**, v. 42, p. 67-78, 1996.

WIERBIC, E. Water content of meats. Determination of water-holding capacity of Fresh Meats. **Agricultural and Food Chemistry**. v. 6, n. 5, p. 387-392, 1958.

YU, L. H. et al. Effects of thawing temperature on the physicochemical properties of pre-rigor frozen chicken breast and leg muscles. **Meat Science**, v. 71, p. 375-382, 2005.

ARTIGO 2

Otimização do resfriamento por ventilação e avaliação das características físico-químicas e estruturais da carne de peru

RESUMO

O resfriamento de carcaças pode ser realizado em câmaras de ventilação forçada chamadas de *air chiller*. O estudo teve como objetivo determinar os parâmetros de resfriamento por ventilação, com o intuito de minimizar a perda de água e os impactos na qualidade da carne de peru. Amostras de carne de peito de peru (*Meleagris gallopavo*) da linhagem Nicholas, com peso médio de 18,5kg e 145 a 160 dias de idade, foram avaliadas quanto as características físico-químicas e estruturais. O ensaio com vazão de 2,5 m³/h de água e temperatura de -1°C, as carcaças apresentaram um percentual de absorção (+1,53%), com um ganho aproximado de 0,380kg/carcaça. A carne de peru apresentou CRA de 62,3%, maciez de 4,01kgf e comprimento de sarcômero de 1,76 µm. As miofibrilas curvilíneas visualizadas na microscopia eletrônica de varredura (MEV), demonstram a hidratação da carne, resultando em considerável ganho de peso pela carcaça.

Palavras-chave: Parâmetros de processo. Absorção. Temperatura. Vazão de água.

ABSTRACT

Cooling of housings can be performed in forced-air chambers called the air chiller. The aim of the study was to optimize the air chiller cooling parameters, in order to minimize water loss and impacts on the quality of turkey meat. Samples of turkey breast meat (*Meleagris gallopavo*) of the Nicholas lineage, with an average weight of 18.5 kg and 145 to 160 days of age, were evaluated for physical-chemical and structural characteristics. In test 4, with 2.5 m³ / h of water and a temperature of -1 ° C, the carcasses presented a percentage of absorption (+ 1,53%), with an approximate gain of 0,380 kg / carcass. The turkey meat had CRA of 62.3%, softness of 4.01 kgf and sarcomere length of 1.76 µm. The curvilinear myofibrils visualized by scanning electron microscopy (SEM), demonstrate the hydration of the meat, resulting in considerable weight gain through the carcass.

Keywords: Process parameters. Absorption. Temperature. Water flow.

1 INTRODUÇÃO

O processo de resfriamento de produtos cárneos é uma das etapas do fluxo de abate realizada para reduzir a velocidade das reações bioquímicas e a multiplicação microbiana da carne, e assim, aumentar o tempo de vida de prateleira da carne e garantir a segurança alimentar.

Segundo Mead (1995), o resfriamento de carcaças pode ser realizado através de imersão em água em tanques de imersão chamados de *chiller*, em câmaras de ventilação forçada chamadas de *air chiller* ou com a utilização de gases refrigerantes.

Quando os produtos alimentares ricos em água, como a carne, ficam com a superfície exposta ao resfriamento por ventilação, ou enquanto são processados em uma área com ar condicionado, a água na superfície e dentro da camada superficial pode evaporar para o ar (LOVATT, 2014).

Segundo Prado e Felício (2010), o sistema de resfriamento por ventilação com aspersão é muito eficaz, evitando a perda de peso por evaporação, mas dependendo de como os ciclos de resfriamento são programados, em vez de perder peso, as carcaças podem ganhar peso devido à absorção de água.

O resfriamento por ventilação e aspersão (VA) envolve aspersão intermitente de água durante o resfriamento da carcaça e pode reduzir a perda de peso em aproximadamente 2% (WILKUND; KEMP; LEROUS; WU, 2010), mas também tem um impacto negativo em importantes atributos de qualidade como carne e gordura (BROWN et al., 1993; GREER, JONES, 1997).

A utilização do método de resfriamento por ventilação denominado de sistema por ventilação e aspersão (VA) consiste em resfriar as carcaças penduradas em ganchos de nórea com fluxo contínuo, numa câmara com aspersão intermitente. A vazão da aspersão e a temperatura da câmara são os parâmetros do delineamento experimental.

O tempo de resfriamento deve ser suficiente para atender 4 °C, conforme exige o Regulamento (CE) n.º 853/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho de 29 de abril de 2004 (UNIÃO EUROPEIA, 2004).

O estudo teve como objetivo otimizar os parâmetros de resfriamento por ventilação, com o intuito de minimizar a perda de água e os impactos na qualidade da carne de peru.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIAL

Foram realizados 10 ensaios no período de novembro de 2017 a janeiro de 2018. Em cada ensaio foram avaliadas 20 carcaças íntegras de perus machos, da linhagem Nicholas, com idade entre 145 e 160 dias e peso médio de 18,5kg ($\pm 3,5$ kg).

2.2 MÉTODOS

2.2.1 Planejamento experimental

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software XLSTAT versão 218.1.49386 para Excel (Microsoft Office, 2015).

Foi utilizado o delineamento experimental com duas repetições no ponto central. As variáveis independentes foram a vazão de água (m^3/h) e temperatura ($^{\circ}\text{C}$), tendo como variável resposta a absorção média da carcaça (%). Os níveis do delineamento estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores codificados e reais das variáveis do delineamento experimental para resfriamento de carcaças de perus por ventilação

Ensaio	Vazão	Temperatura	Vazão (m^3/h)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
1	+1	+1	3,5	0,0
2	+1	-1	3,5	-1,0
3	-1	+1	2,5	0,0
4	-1	-1	2,5	-1,0
5	0	0	3,0	-0,5

2.2.2 Resfriamento por Ventilação e Aspersão

As carcaças foram pesadas (balança TOLEDO 200316-2090) (pesagem inicial), identificadas na entrada da câmara resfriada pelo sistema (VA) e a temperatura foi medida (termômetro de haste TESTO 106) na profundidade da musculatura peitoral. As carcaças foram destinadas para o interior da câmara através de transportador aéreo contínuo, cuja a velocidade foi de 1.000 carcaças/hora. A temperatura da câmara e a vazão de água variaram de acordo com o delineamento experimental. A temperatura das carcaças foi monitorada a cada 1 hora e 20 minutos, durante o período de resfriamento. Ao atenderem 4 °C na profundidade da musculatura peitoral, as carcaças foram retiradas da câmara, pesadas novamente (pesagem final) e armazenadas.

Posteriormente, foram selecionadas aleatoriamente duas amostras de acordo com o ensaio priorizado no delineamento experimental e encaminhadas para realização das análises.

2.2.3 Percentual de Absorção

O percentual de absorção é estabelecido pelo Regulamento da Comunidade Europeia (CE) n°. 543, de 16 de junho de 2008 (UNIÃO EUROPEIA, 2008) e calculado após o término do resfriamento. O peso inicial foi avaliado na entrada da câmara resfriada pelo sistema (VA) e o peso final foi avaliado após atender a temperatura máxima de 4,0 °C na profundidade do músculo peitoral profundo, na saída desta câmara. O percentual de absorção foi obtido conforme a equação 1.

$$\% \text{ de absorção} = \frac{\text{Peso Final} - \text{Peso Inicial}}{\text{Peso Inicial}} \times 100 \quad (1)$$

2.2.4 Amostragem

Foi retirado meio peito de cada uma das 200 carcaças selecionadas durante o experimento. O peso médio de cada amostra foi de 2,100kg com temperatura máxima de 4 °C. As amostras foram identificadas, encaminhadas para congelamento em túnel e armazenadas em câmara de estocagem (-23 °C) até o envio para o laboratório.

2.2.5 Análises Físico-Químicas e Estruturais

As amostras foram coletadas após o resfriamento e encaminhadas para o congelamento e estocagem, até o envio aos laboratórios. Todas as análises foram realizadas após o descongelamento das amostras.

2.2.5.1 Umidade

Foi utilizado o método gravimétrico com o emprego de calor, o qual se baseia na perda de peso do material quando submetido a aquecimento em estufa a 105°C, até atingir peso constante (AOAC, 1995). Todas as avaliações foram realizadas em triplicatas.

2.2.5.2 Proteína

O teor de proteína foi determinado de acordo com o método de Kjeldahl, conforme procedimento da AOAC (2009). Após a digestão da amostra com a mistura digestora (sulfato de cobre e sulfato de potássio) e ácido sulfúrico, foi realizada

destilação e posterior titulação com solução de ácido clorídrico. Todas as avaliações foram realizadas em triplicatas.

2.2.5.3 Relação Umidade/Proteína

A relação umidade / proteína foi determinada pela divisão do resultado obtido do percentual da umidade pelo resultado obtido do percentual da proteína de cada amostra.

2.2.5.4 pH

Para determinação do pH foi utilizado o método da ISO (*International Organization for Standardization*) 2917:1999 para carnes e produtos cárneos. Foi homogeneizada amostra de 5g em solução de KCl (volume 10 vezes maior) por meio de homogeneizador de eixo. Foi introduzido o eletrodo do peagâmetro Mettler Toledo, FG2 FiveGo Portátil no extrato de amostra e definido o sistema de correção de temperatura do medidor de pH para a temperatura de 25°C do extrato. A amostra foi agitada com o agitador magnético e o pH foi considerado ao alcançar um valor constante.

2.2.5.5 Cor

Foi utilizado um Colorímetro portátil MiniScan XE (Hunter Associates Laboratory, Inc., Reston, Virginia, USA), com iluminante D65 e ângulo de observação de 10°. As medidas realizadas na superfície da amostra de carne foram expressas no sistema CIELAB, sendo as cores descritas por luminosidade (L*), coordenada a* (conteúdo de vermelho a verde) e coordenada b* (conteúdo de amarelo a azul). Todas as avaliações foram realizadas em triplicatas.

2.2.5.6 Oxidação Lipídica

A análise de oxidação lipídica foi realizada utilizando o método TBARs (FERNÁNDEZ; ÁLVAREZ; LÓPEZ; 1996). Para isso, 5 g de carne foram homogeneizados em 15 ml de 0,38 M HClO₄ durante 3 minutos em banho de gelo. Para evitar oxidação adicional, foram adicionados 0,5 ml de uma solução etanólica de 0,19 M de butil-hidroxitolueno (BHT). O homogeneizado foi centrifugado (3000g, 5 min, 5°C) e filtrado em papel filtro Whatman N 54. Misturou-se uma alíquota de 0,7 ml com 0,7 ml de uma solução de TBA a 0,02 M e aqueceu-se a 100°C durante 30 min. Após aquecimento, a mistura foi centrifugada a 3000 g durante 15 minutos a 5°C. A absorbância foi medida a 532 nm. Os resultados foram expressos como mg de malonaldeído (MDA) / kg de amostra. Todas as avaliações foram realizadas em triplicatas.

2.2.5.7 Capacidade de Retenção de Água (CRA)

A análise de capacidade de retenção de água foi realizada utilizando o procedimento descrito por Wierbic (1958). A amostra de carne magra comenutada foi envolta em papel de filtro, colocada entre placas de acrílico e pressionada imediatamente sob pressão constante de 500 p.s.i. durante um minuto. O conjunto da prensa foi removido e a primeira placa de acrílico foi separada. A placa contendo a amostra foi direcionada contra a luz e as áreas formadas pelo filme de carne e pelo exsudato foram delimitadas com caneta. Foi retirado o filme da placa e as áreas marcadas foram medidas com um software de análise de imagens. A área circular marrom ou vermelha (área de água livre) de água absorvida pelo filtro papel foi medida, utilizando um software de análise de imagens. Todas as avaliações foram realizadas em triplicatas.

O cálculo da CRA é realizado com a seguinte fórmula:

$$\text{H}_2\text{O livre (\%)} = \frac{A_{\text{exsudato}} (\text{cm}^2) - A_{\text{filme}} (\text{cm}^2)}{\text{Umidade total (mg) na amostra}} \times 9,47 \times 100$$

Umidade total da amostra = peso da amostra x umidade em estufa
9,47 significa que cada cm² embebido possui 9,47mg de água
CRA (%) = 100 – H₂O livre

2.2.5.8 Força de Cisalhamento

A avaliação de força de cisalhamento foi realizada conforme Dadgar et al. (2010).

Foram cortados dez blocos retangulares de filés cozidos, com uma seção transversal de 1 cm² e altura de 2 a 3 cm. A força de cisalhamento foi determinada usando um analisador de textura TMS-Pro (modelo 2R1087, Food Technology Corp., Sterling, VA) equipado com uma lâmina de cisalhamento Warner-Bratzler. A amostra foi cortada perpendicularmente à direção das fibras e a força de cisalhamento, calculada como a média das 10 amostras.

2.2.5.9 Comprimento de Sarcômero

A metodologia para análise do comprimento de sarcômero foi difração de raio laser (KOOLMES, KORTEKNIE, SMOLDERS, 1986). Para a investigação microscópica, foi utilizado um microscópio de contraste de fase (Zeiss) com uma objetiva de óleo de imersão pH 3, 100/1,30 equipado com uma câmara lúcida. O padrão de difração foi avaliado pela exposição da amostra que foi usado para microscopia para um feixe de luz monocromático de 2,0 mW com um comprimento de onda de 632,8 nm, gerado por um tubo de laser de gás hélio-néon. As amostras foram cortadas em dez pedaços de 3,0 × 3,0 × 2,0 cm e colocadas em um frasco de cintilação contendo solução de glutaraldeído 5% e fixado por 4 horas a 4 °C. Após a solução foi descartada e substituída por solução de 0,2M de sacarose, mantido durante uma noite a 4°C. O comprimento do sarcômero foi determinado por difração de laser e expresso em micrômetros (µm). Todas as avaliações foram realizadas em triplicata.

2.2.5.10 Perfil de Ácidos Graxos

A metodologia utilizada para análise foi o método oficial e a prática recomendada pela Sociedade Americana de Químicos de Óleos (AOCS, 2009).

A análise de perfil de ácidos graxos de duas amostras foi realizada em cromatógrafo gasoso capilar – CGC AGILENT 68650 SERIES GC SYSTEM, coluna capilar DB-23 AGILENT (50% cianopropil) – metilpolisiloxano, com dimensões de 60 mm, diâmetro interno de 0,25 mm, 0,25 µm filme. As condições de operação do cromatógrafo foram em fluxo coluna de 1,0 ml/min, a velocidade linear de 24 cm/seg. A temperatura do detector foi de 280°C e a temperatura do injetor foi de 250°C. A temperatura do forno foi de 110°C por 5 minutos, 110 – 215°C (5°C/min) e 215°C por 24 minutos. Foi utilizado como gás de arraste o gás hélio, num volume injetado de 1,0 µL. Todas as avaliações foram realizadas em duplicata.

2.2.5.11 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A amostra foi fixada em glutaraldeído, posteriormente lavada em solução tampão de cacodilato e desidratada por uma série alcóolica. Após, passou por processo de secagem pela técnica de ponto crítico com dióxido de carbono. Na sequência, houve a metalização com ouro de aproximadamente 20 nm de espessura por 150 segundos em corrente de 25 mA, através do processo de *sputtering* (OLIVEIRA, REIS FILHO, GRÖTZNER, 2011).

As eletromicrografias foram obtidas em microscópio eletrônico de varredura Tescan, VEGA3LMU. As escalas micrométricas foram projetadas nas mesmas condições ópticas e as imagens foram obtidas empregando detector de elétrons secundário e tensão de 15 kV.

2.2.6 Análise Estatística

As médias do percentual de absorção foram submetidas à análise de variância (ANOVA) seguidos pelo Teste de Tukey, ambos com nível de confiança de 95%. Foi calculado o desvio padrão dos resultados das avaliações físico-químicas.

As avaliações foram realizadas com auxílio do programa XLSTAT versão 218.1.49386 para Excel (Microsoft Office, 2015).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As carcaças de peru resfriadas em diferentes condições de vazão de água (m^3/h) e temperatura ($^{\circ}\text{C}$) não apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$) no percentual de absorção.

O ensaio 4, com temperatura do ar de -1°C e vazão da aspersão de $2,5\text{m}^3/\text{hora}$ apresentou a maioria das carcaças com percentual de absorção inferior a 2%, e conseqüentemente uma média menor em relação aos demais ensaios (tabela 2). As carcaças atenderam a temperatura de 4°C na musculatura peitoral profunda, conforme exigência do Regulamento (CE) n.º 853, do Parlamento Europeu e do Conselho de 29 de Abril de 2004 (UNIÃO EUROPEIA, 2004). O Regulamento da Comunidade Europeia (CE) n.º. 543, de 16 de junho de 2008 (UNIÃO EUROPEIA, 2008) preconiza o atendimento de no máximo 2% de absorção ao utilizar o sistema de aspersão e ventilação forçada.

Por se tratar de um estudo com variáveis muito próximas e considerando que as carcaças podem apresentar comportamento individual diferente, tanto antes quanto após o resfriamento, o ensaio 4 forneceu uma margem de segurança para o estudo, reduzindo o risco de descumprimento do padrão de 2,0% de percentual de absorção.

Ao considerar os demais ensaios que apresentaram a média de percentual de absorção mais próxima de 2,0%, a aplicação de parâmetros que poderiam comprometer o processo produtivo da empresa, devido ao risco do resultado médio do percentual de absorção exceder o padrão estabelecido no estudo. O descumprimento do padrão estabelecido pelo regulamento Regulamento da

Comunidade Europeia (CE) n°. 543, de 16 de junho de 2008 (UNIÃO EUROPEIA, 2008), resulta na alteração do destino produto para outro mercado, levando a perdas econômicas significativas ao abatedouro frigorífico.

Segundo Ockerman e Basu (2014), obter um fluxo de ar uniforme a uma velocidade ótima sobre todas as carcaças é importante para proporcionar uma transferência de calor adequada e uniforme e uma perda de peso mínima.

Tabela 2 - Matriz do planejamento experimental com valores reais e resultados obtidos para absorção (%) das carcaças de peru resfriadas por ventilação

Ensaio	Vazão (m ³ /h)	Temperatura do ar da câmara (°C)	Média % de Absorção
1	3,5	0,0	1,788 ^a ±0,500
2	3,5	-1,0	2,044 ^a ±0,331
3	2,5	0,0	1,792 ^a ±0,423
4	2,5	-1,0	1,538 ^a ±0,583
5	3,0	-0,5	1,825 ^a ±0,409

Médias indicadas por letras iguais não diferem entre si (p<0,05) pelo teste de Tukey.

Ao priorizar o ensaio com vazão de 2,5m³/hora e temperatura de -1,0 °C, as carcaças foram expostas a uma condição de resfriamento com troca térmica úmida. Essa condição reduziu a perda de água por evaporação, principalmente dos membros menos espessos e com maior área de contato com o ambiente de resfriamento, como o pescoço, as asas, coxas e das paredes da cavidade tóraco abdominal.

A região do peito é a parte mais espessa, onde a troca térmica é mais lenta e serviu para avaliar os impactos do sistema de resfriamento VA nas características físico-químicas e estruturais.

Para Ockerman e Basu (2014), um aumento na velocidade do ar e / ou uma diminuição na temperatura (ambos controláveis) diminuem o tempo de resfriamento. Um fator limitante, no entanto, é a dificuldade em remover o calor rapidamente dos tecidos mais profundos das carcaças.

O percentual de absorção de 1,53% das carcaças de peru atendeu ao limite de 2%, estabelecido pelo Regulamento da Comunidade Europeia (CE) n°. 543, de 16 de junho de 2008 (UNIÃO EUROPEIA, 2008).

Segundo Prado e Felício (2010), o sistema de resfriamento por aspersão é muito eficaz na prevenção da perda de peso por evaporação, mas dependendo de como os ciclos de refrigeração são programados, as carcaças podem ganhar peso devido a absorção da água.

Para James et al. (2006), o uso de aspersão intermitente elimina qualquer perda de água e resulta numa melhor aparência das carcaças. O princípio do processo de resfriamento por aspersão é aumentar a taxa de perda de calor por evaporação e, ao substituir a água perdida, reduzir a perda de peso total. A redução da perda de peso por evaporação é fundamental para o sucesso econômico de uma operação de resfriamento de aves.

Ao avaliar o percentual de umidade o percentual de proteína e a relação umidade/proteína das amostras referentes ao ensaio 4, os resultados obtidos foram conforme descrito na tabela 3.

Tabela 3 - Resultado das análises de % de umidade, % de proteína e relação umidade/proteína das amostras de carcaças de peru resfriadas por sistema VA

Parâmetros	Média
Umidade (%)	75,2 ±0,353
Proteína (%)	23,877 ±0,378
Rel. Um/ proteína	3,148 ±0,049

O percentual de umidade da carcaça resfriada no sistema (VA) foi superior em relação ao percentual estabelecido pelo USDA (2018) (74,66%) e ao resultado de 73,23%, encontrado por Ferreira (2016).

O percentual de proteína da amostra foi inferior a 24,39%, evidenciado por Ferreira (2016), e por Çelen et al. (2016), cujo resultado foi de 27,59%.

O resultado de relação umidade / proteína de 3,148 atendeu o limite de 3,40, estabelecido pelo Regulamento da Comunidade Europeia (CE) n°. 543, de 16 de junho de 2008 (UNIÃO EUROPEIA, 2008).

O percentual de umidade e de proteína estão relacionados às condições de *post mortem*. Segundo Pearce et al. (2011), a contração longitudinal e lateral da fibra

muscular que ocorrem durante o metabolismo *post mortem*, “espreme” a água para fora do espaço intra-miofibrilar para o espaço extra-miofibrilar. Quanto maior as alterações musculares no *post mortem*, maior será a remoção de água do interior das miofibrilas. Lawrie (1998) considerou que o teor de água da carne pode ser influenciado pelo pH muscular.

O valor do pH muscular encontrado na amostra foi de 5,91. Segundo Chan et al. (2010), o pH normal da carne de peito de peru varia de 5,9 a 6,0 e para o USDA (2018), o valor é de 5,7 a 6,1. Para Cassens (1994) e Chan (2011), se houver redução do pH, a CRA também será reduzida.

O resultado médio de CRA da amostra foi de 62,34% \pm 1,704, sendo inferior ao resultado de 79,73% encontrado por Carvalho et.al. (2014).

Segundo Pearce et. al. (2011), a CRA está correlacionada com a degradação da desmina. A redução da degradação desmina (proteína do citoesqueleto que contribui para a manutenção da estrutura do sarcômero), resultou no encolhimento das células musculares. Isso contribuiu para a formação de lacunas entre as células musculares e entre feixes musculares. Essas lacunas servem para canalizar a perda de gotejamento e eliminação de água durante o armazenamento e aumentam a CRA.

Ao avaliar o comprimento de sarcômero, o valor médio foi de 1,758 \pm 0,004. Yu et. al. (2005), relatou em seu estudo o valor de 1,8 μ m do peito de frango descongelado. Pode-se considerar que há uma similaridade entre os resultados, caracterizando uma textura macia da carne da amostra.

Segundo Pearce et al. (2011), o comprimento de sarcômero em músculo contraído é em torno de 2 μ m para todas as espécies animais, embora seja conhecida a variação conforme o tipo de músculo e espécie animal. Os músculos da carne de vaca, cordeiro, porco, frango e peru encurtam ao serem expostos ao frio e isso ocorre mais rapidamente nas primeiras duas horas em baixa temperatura.

O comprimento de sarcômero na carne está diretamente relacionado à maciez. Ao avaliar a maciez da carne pela análise de cisalhamento, o resultado foi 4,015 kgf \pm 1,217. Para Claus (2011), o valor aceitável para o cisalhamento é de 3,2k0gf.

Carcaças resfriadas em ventilação resultaram em cortes com um pH maior e menor força de cisalhamento quando cozidos, em comparação com refrigeração por imersão das carcaças (BOWKER; ZHUANG; BUHR, 2014).

Segundo Çelen et. al. (2016), além da espécie, tipo de músculo e idade do animal, a CRA afeta significativamente a cor da carne.

Ao analisar a cor das amostras, o resultado foi o valor de L^* de $71,763 \pm 2,096$, a^* de $3,767 \pm 0,895$ e b^* de $19,333 \pm 1,579$. Esse resultado é similar aos descritos no estudo realizado por Yalçın e Şeker (2016), que relataram a cor da carne de peito de peru com os valores de L^* (76), a^* (4) e b^* (18). Embora Barbut (1993) tenha considerado que $L^* > 50$ é um dos indicadores de PSE (carne macia, exsudativa e pálida), Ferreira (2016) teve como resultado o valor de L^* (75,63) e observou que a linhagem e a etapa de escaldagem, também são fatores que podem interferir na coloração da pele.

Segundo James et al, (2006), a escaldagem das carcaças antes do resfriamento tem um efeito na aparência final. A maior temperatura de escaldagem remove a camada dérmica externa e torna as carcaças mais suscetíveis à desidratação e descoloração no resfriamento a ar.

O resultado da análise de oxidação lipídica foi de $0,634 \text{ mg MDA/kg} \pm 0,046$, sendo superior ao resultado encontrado por Feng (2017) ($0,16 \text{ mg MDA/kg}$) e ao resultado de $0,181 \text{ mg MDA/kg}$ do estudo de Ferreira (2016). Segundo Osawa, Felício e Gonçalves (2005), amostra de peito de frango congelado fresco e mantido a -18°C durante 6 meses apresentou o resultado de $1,58\text{-}2,38 \text{ mg MDA/kg}$.

O resultado de oxidação lipídica acima do padrão nas amostras está relacionado com os resultados do perfil de ácidos graxos.

Ao avaliar os resultados das amostras descritos na tabela 4, observou-se que o percentual de ácidos graxos insaturados foi elevado.

Tabela 4 - Composição em ácidos graxos do corte de peito de peru resfriado por ventilação pelo sistema de ventilação e aspersão

Ácidos Graxos	Média (%m/m)
Láurico (C12:0)	0,250 ±0,141
Mirístico (C14:0)	0,490 ±0,042
Pentadecanóico (C15:0)	0,130 ±0,028
Palmítico (16:0)	19,465 ±0,544
Margárico (C17:0)	0,220 ±0,042
Cis-10-heptadecenóico (C17:1)	0,050 ±0,000
Esteárico (C18:0)	9,840 ±1,400
Trans elaídico (C18:1)	0,135 ±0,120
T-Linoleico (C18:2)	0,340 ±0,042
T-linolênico (C18:3)	0,100 ±0,014
Araquídico (C20:0)	0,195 ±0,007
Eicosenóico (C20:1)	0,190 ±0,014
Behênico (C22:0)	0,125 ±0,007
Conjugado puccínico (C18:3)	0,135 ±0,007
Lignocérico (C24:0)	0,090 ±0,014
Docosapentaenóico (C22:5)	0,770 ±0,240
Docosahexaenóico (C22:6)	0,550 ±0,212
Palmitoléico (C16:1)	1,535 ±0,926
Oleico (C18:1)	24,925 ±0,488
Linoleico (C18:2)	32,740 ±2,135
Linolênico (C18:3)	2,240 ±0,184
Araquidônico (C20:4)	5,480 ±1,273

Ao considerar o resultado para os ácidos graxos insaturados, houve um aumento no percentual de ácido palmitoléico, linoleico e araquidônico nas amostras resfriadas no sistema (VA) em relação aos valores encontrados por Ferreira (2016). Os valores encontrados pelo USDA (2018), ao avaliar carne de peito foram inferiores para o ácido palmitoleico (0,170% m/m), ácido oleico (12,20% m/m), ácido linoleico (26,20% m/m) e para o ácido linolênico (1,70% m/m). O total de ácidos graxos insaturados encontrado nas amostras representou 66,92%, enquanto o total estabelecido pelo USDA (2018) é de 45,17%.

Segundo Smet e Vossen (2016), a composição de ácidos graxos dos tecidos é um espelho da composição de ácidos graxos da dieta das espécies monogástricas e do genótipo devem sempre ser interpretados em relação à quantidade de gordura. Nas espécies monogástricas, os ácidos graxos da dieta sofrem pouca transformação durante a digestão e a absorção, por isso a composição de ácidos graxos dos tecidos é um espelho da composição de ácidos graxos da dieta.

3.1 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

Observou-se nas fotos A e C da figura 1 que as fibras musculares em 200 μm de aumento e cortadas longitudinalmente não permaneceram íntegras e estão mais curvadas, em relação à MEV das amostras do sistema combinado de resfriamento. Há espaços escurecidos entre as miofibrilas, que aparecem mais nos cortes transversais nas fotos E e F do que nos cortes longitudinais, caracterizando espaços vazios.

As fotos B e D referem-se ao aumento da área demarcada nas fotos A e C, no aumento de 50 μm em corte longitudinal. As irregularidades das miofibrilas são mais curvilíneas e possuem maior espaçamento entre as fibras e maior flexibilidade.

Castro (2002) considerou que as irregularidades na superfície de uma amostra afetam a dispersão dos elétrons, gerando colorações claras e escuras. Buracos ou fissuras aparecem escuros, as protuberâncias e saliências aparecem claras, resultando em uma imagem tridimensional.

A flexibilidade das fibras musculares caracteriza maior hidratação, surgindo espaços escurecidos alongados, que são locais com presença de oxigênio e onde a água foi removida.

Segundo Pearce et al. (2011), Honikel et al. (1986) e Penny, (1975), o movimento da água ocorre primeiramente de dentro do espaço intra-miofibrilar para o espaço intermiofibrilar e depois para um dos dois outros compartimentos extra-miofibrilares, os espaços inter e extra-fascicular.

Os espaços escurecidos decorrem da formação de lacunas entre as fibras / células musculares, entre os feixes de fibras e na rede perimisial e devido ao desenvolvimento de canais de água de aproximadamente 20 a 50 μm , que estão muito próximos da rede de tecido conjuntivo Pearce et al. (2011).

A formação destes canais de água resultantes da formação de lacunas entre as fibras musculares é considerada importante, uma vez que são sugeridos como o local primário de onde se originam as perdas subseqüentes de gotejamento e perda de água (KRISTENSEN, PURSLOW, 2001).

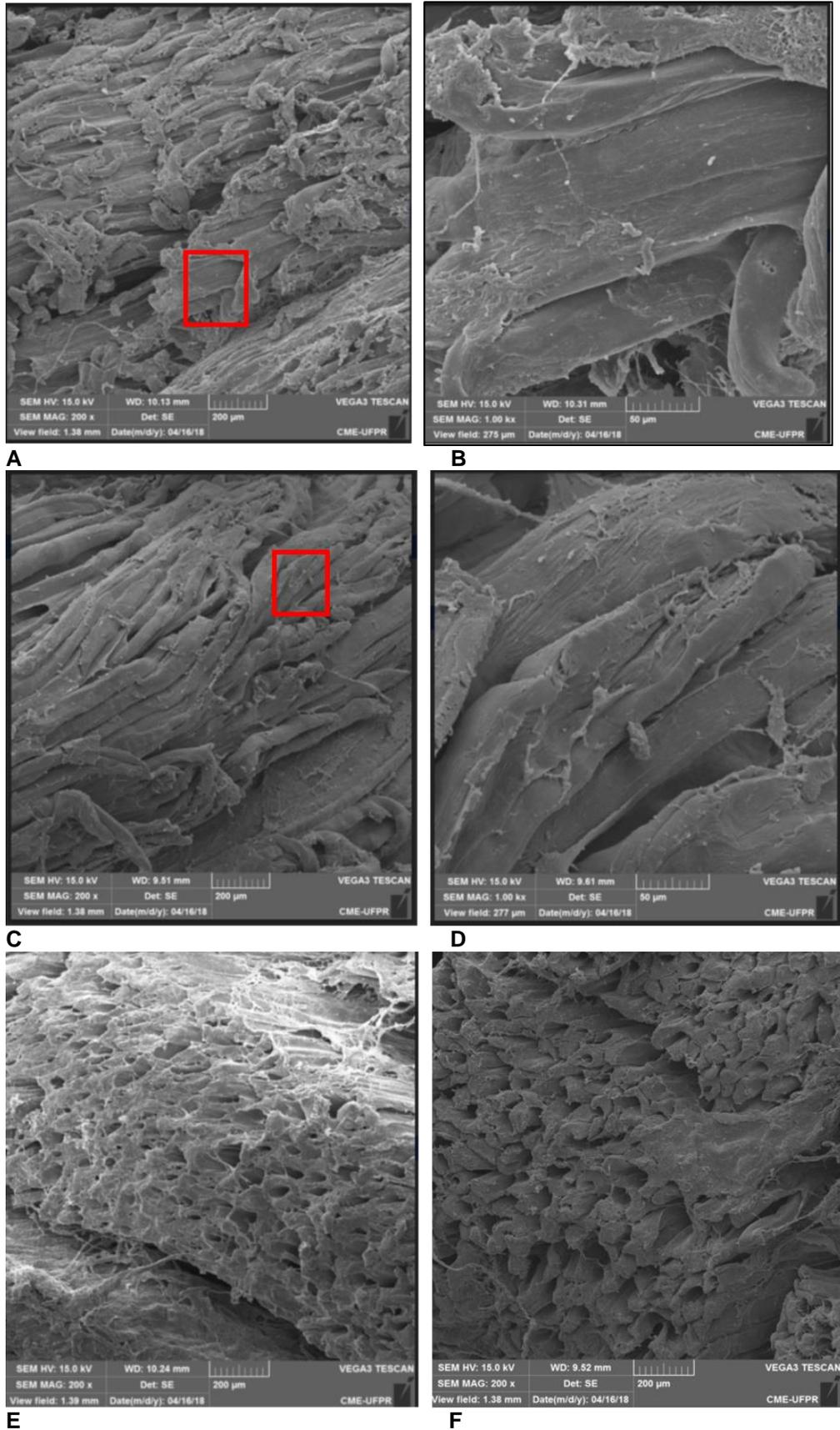


Figura 1 - Corte longitudinal de estrutura muscular do peito de peru com 200 μ m e 50 μ m de aumento. As figuras A-C e B-D referem-se ao corte longitudinal com 200 μ m e 50 μ m de aumento, respectivamente. As figuras E-F referem-se ao corte transversal com aumento de 200 μ m de amostras de peito de peru resfriadas pelo sistema ventilação e aspersão.

4 CONCLUSÃO

No resfriamento por ventilação, os ensaios com diferentes níveis de vazão de água e temperatura não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$).

No resfriamento com vazão de $2,5 \text{ m}^3/\text{h}$ de água e temperatura do ar de $-1 \text{ }^\circ\text{C}$, o percentual de absorção das carcaças foi de $1,53 \%$ e a relação umidade/ proteína do peito de peru foi de $3,09$. Ambos os resultados atendem as exigências do Regulamento da Comunidade Europeia (CE) n°. 543, de 16 de junho de 2008 (UNIÃO EUROPEIA, 2008).

A Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), evidenciou espaços inter miofibrilares entre feixes musculares mais curvilíneos, sugerindo que houve maior hidratação. A carcaça resfriada pelo sistema (VA), apresentou um ganho de aproximadamente $0,613 \text{ kg/carcaça}$ em relação ao sistema combinado ventilação / aspersão e ventilação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O percentual de absorção de $1,53\%$, obtido no resfriamento por ventilação no sistema de ventilação e aspersão (VA), foi superior ao sistema combinado de ventilação /aspersão e ventilação, que foi de $-1,78\%$. Ao considerar o impacto no peso das carcaças, houve um ganho médio de $0,283 \text{ kg}$ por carcaça resfriada pelo sistema (VA), que somado à perda de $0,330 \text{ kg}$ do sistema combinado ventilação / aspersão e ventilação, resulta em um ganho de aproximadamente $0,613 \text{ kg}$ por carcaça.

Quanto ao perfil de ácidos graxos, nos dois métodos de resfriamento por ventilação, o percentual de ácidos graxos insaturados foi elevado.

A MEV evidenciou os espaços inter miofibrilares entre feixes musculares mais curvilíneos no sistema de ventilação e aspersão (VA). Essa condição sugere que houve maior hidratação do tecido muscular em relação a estrutura mais retilínea do sistema combinado.

Os dados confirmaram que o resfriamento por ventilação no sistema de (VA) resultou em um ganho representativo de rendimento, sem impactos à qualidade físico-química da carne de peru.

Dentre as vantagens da implantação do sistema (VA) em abatedouros frigoríficos de perus, pode-se citar:

- Possibilita maior ganho financeiro;
- Permite o fluxo contínuo do transportador aéreo de carcaças, possibilitando maior efetividade na rastreabilidade da produção;
- Reduz riscos de acidentes ao eliminar a tarefa de pendura de carcaças;
- Permite melhor controle da temperatura das carcaças.

REFERÊNCIAS

AOAC, Association of the Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 16 ed. Washington, 1995.

AOAC, Association of the Analytical Chemists. **Official methods and recommended practices**. 5 ed. Champaign, 2009.

AOCS, American Oil Chemists Society. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society**. 5. ed. Champaign, USA, 2009.

BARBUT, S. Colour measurements for evaluating the pale soft exudative (PSE) occurrence in turkey meat. **Food Research International**, v. 26, p. 39-43, 1993.

BROWN, T.; CHOUROUZIDIS, K. N.; GIGIEL, A.J. Spray chilling of lamb carcasses. **Meat Science**, v. 34, p. 311-325, 1993.

BOWKER, B. C.; ZHUANG, H.; BUHR R. J. Impact of carcass scalding and chilling on muscle proteins and meat quality of broiler breast fillets. **Food Science and Technology**, v. 59, p. 156-162, 2014.

CARVALHO, R.H.; SOARES, A.L.; HONORATTO, D.C.B.; GUARNIEIRI, P.D.; PEDRÃO, M.R.; PAIÃO, F.G.; OBA, A.; IDA, E.I.; SHIMOKOMAKI, MASSAMI. **The incidence of pale, soft, and exudative (PSE) turkey meat at a Brazilian eatons plant and the functional properties in its meat product**. Londrina: LWT – Foods Science and Technology, v. 59, p. 883-888, 2014.

CASSENS, R. G. **Meat preservation: preventing losses and assuring safety.** Trumbull: Food & Nutrition Press, 1994. 133p.

CASTRO, L. A. S. **Processamento de Amostras para Microscopia Eletrônica de Varredura.** Pelotas: EMBRAPA, 2002.

ÇELEN, M. F.; BUNYAMIN, S.; OMER, Z.; HUSREV, D.; AHMET, T. **Comparison of normal and PSE turkey breast meat for chemical composition, pH, color, myoglobin, and drip loss.** Revista Brasileira de Zootecnia, v. 45, n. 8, p. 441-444, 2016

CHAN, J.T.Y., et al. Effect of ultimate pH and freezing on the biochemical properties of proteins in turkey breast meat. **Food Chemistry**, v. 127, p. 109–117, 2011.

CLAUS, J.R. et al. Tenderization fo chicken and turkey breasts with electrically produced hydrodynamic shockwaves. **Meat Science**, v. 58, p. 283-286, 2011.

DADGAR, S.; LEE, E. S.; LEER, T. L. V.; BURLINGUETTE, N.; CLASSEN, H. L.; CROWE, T. G.; SHAND, P. J. 2010. Effect of microclimate temperature during transportation of broiler chickens on quality of the pectoralis major muscle. **Poultry Science**, v. 89, p. 1033–1041, 2010.

FENG, X.; MOON, S. H.; LEE, H. Y. AHN, D. U. Effect of irradiation on the parameters that influence quality characteristics of raw turkey breast meat. Department of Animal Science, Iowa State University, **Radiation Physics and Chemistry**, v. 130, p. 40-46, 2017.

FERNANDEZ, J.; ALVAREZ, J. A. P.; LOPES, J. A. F. Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. **Food Chemistry**, v. 59, n. 3, p. 345-353, 2001.

FERREIRA, D. C. B. H. **Caracterização física, química e histológica de carnes de peru PSE e normal e de cortes comerciais e obtenção de isolado de colágeno de barbelas.** Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2016.

GREER, G.G.; JONES, S.D.M. Quality and bacteriological consequences of beef carcass spray-chilling: Effects of spray duration and boxed beef storage temperature. **Meat Science**, v. 45, p. 61-73, 1997.

HONIKEL, K.; KIM, C.; HAMM, R. Sarcomere shortening of prerigor muscles and its influence on drip loss. **Meat Science**, v. 16, p. 267–282, 1968.

JAMES, C.; VINCENT, C.; LIMA, T.I.A.; JAMES, S.J. The primary chilling of poultry carcasses - a review. **International Journal of Refrigeration**, v. 29, p. 847-862, 2006.

KOOLMES, P. A.; FRANS, F. K.; SMULDERS, J. M. Accuracy and Utility of Sarcomere Length Assessment by Laser Diffraction. **Food Structure**, v. 5, n. 1, 1986.

KRISTENSEN, L.; PURSLOW, P. The effect of ageing on the water-holding capacity of pork: role of cytoskeletal proteins. **Meat Science**, v. 58, p. 17-23, 2001.

LOCKER, R. H.; HAGYARD C. J. A cold shortening effect in beef muscles. **Science Food Agriculture Journal**, v. 14, p. 787-793, 1963.

LOVATT, S. J. Refrigeration and freezing technology. **Encyclopedia of Food Science**. 2. Ed. p. 178- 183. 2014. MEAD, G. C. **Processing of poultry**. London: Chapman & Hal, 1 ed., 1995.

MEAD, G. C. **Processing of poultry**. London: Chapman & Hal, 1 ed., 1995.

OCKERMAN, H. W.; BASU, L. Carcass chilling and boning. **Food Science**, p. 142-147, 2014.

OLIVEIRA, C.A.R.; FILHO, H. R.; GRÖTZNER, S. R. **Técnicas e Métodos para Utilização Prática de Microscopia**. 1a ed. São Paulo: GEN - Grupo Editorial Nacional, Editora Santos, 2011. v. 1, 440p.

OSAWA, C. C.; FELÍCIO, P. E.; G. L. A. G. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Revista Química Nova**, v.28, n.4, p. 655-663, 2005.

PEARCE, K. L.; ROSENVOLD, K.; ANDERSEN , H. J.; HOPKINS, D. L. Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes - A review. **Meat Science**, v. 89, p. 111–124, 2011

PRADO, C.S.; FELÍCIO, P.E. Effects of chilling rate and spray-chilling on weight loss and tenderness in beef strip loin steaks. **Meat Science**, v. 86, p. 430-435, 2010.

REGULAMENTO (CE) n° 543, Jornal Oficial da União Europeia, 16 de junho de 2008, **que estabelece regras de execução do Regulamento (CE) n.o 1234/2007 do Conselho no que respeita às normas de comercialização para a carne de aves de capoeira**. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R0543&qid=1443958120765&from=PT>. Acesso em: 02/10/2015.

REGULAMENTO (CE) n.º. 853/2004, do Parlamento Europeu e do Conselho de 29 de abril de 2004, **que estabelece regras específicas de higiene aplicáveis aos géneros alimentícios de origem animal**. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:02004R085320100715&from=EN>. Acesso em: 02/10/2015.

SMET, S., VOSSSEN, E. Meat: The balance between nutrition and health. A review. **Meat Science**. v. 120, p. 145-156, 2016.

USDA, United States Department of Agriculture. Agricultural Research. **Service National Nutrient Database for Standard Reference Legacy Release**. Disponível em: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/05710?n1=%7BQv%3D1%7D&fgcd=&man=&facet=&count=&max=25&sort=default&qlookup=Turkey%2C+retail+parts%2C+breast%2C+meat+only%2C+raw&offset=&format=Full&new=&measureby=&Qv=1&ds=&qt=&qp=&qa=&qn=&q=&ing=> Acesso em: 20/08/2018.

WIERBIC, E. Water content of meats. Determination of water-holding capacity of Fresh Meats. **Agricultural and Food Chemistry**. v. 6, n. 5, p. 387-392, 1958.

WIKLUND, E., et al. Spray chilling of deer carcasses effects on carcass weight, meat moisture content, purge and microbiological quality. **Meat Science**, v. 86, p. 926-930, 2010.

YALÇIN, M. Y.; SEKER, M. Effect of salt and moisture content reduction on physical and microbiological properties of salted, pressed and freeze dried turkey meat. **Food Science and Technology**, v. 68, p. 153-159, 2016

YU, L. H. et al. Effects of thawing temperature on the physicochemical properties of pre-rigor frozen chicken breast and leg muscles. **Meat Science**, v. 71, p. 375-382, 2005.

ANEXO

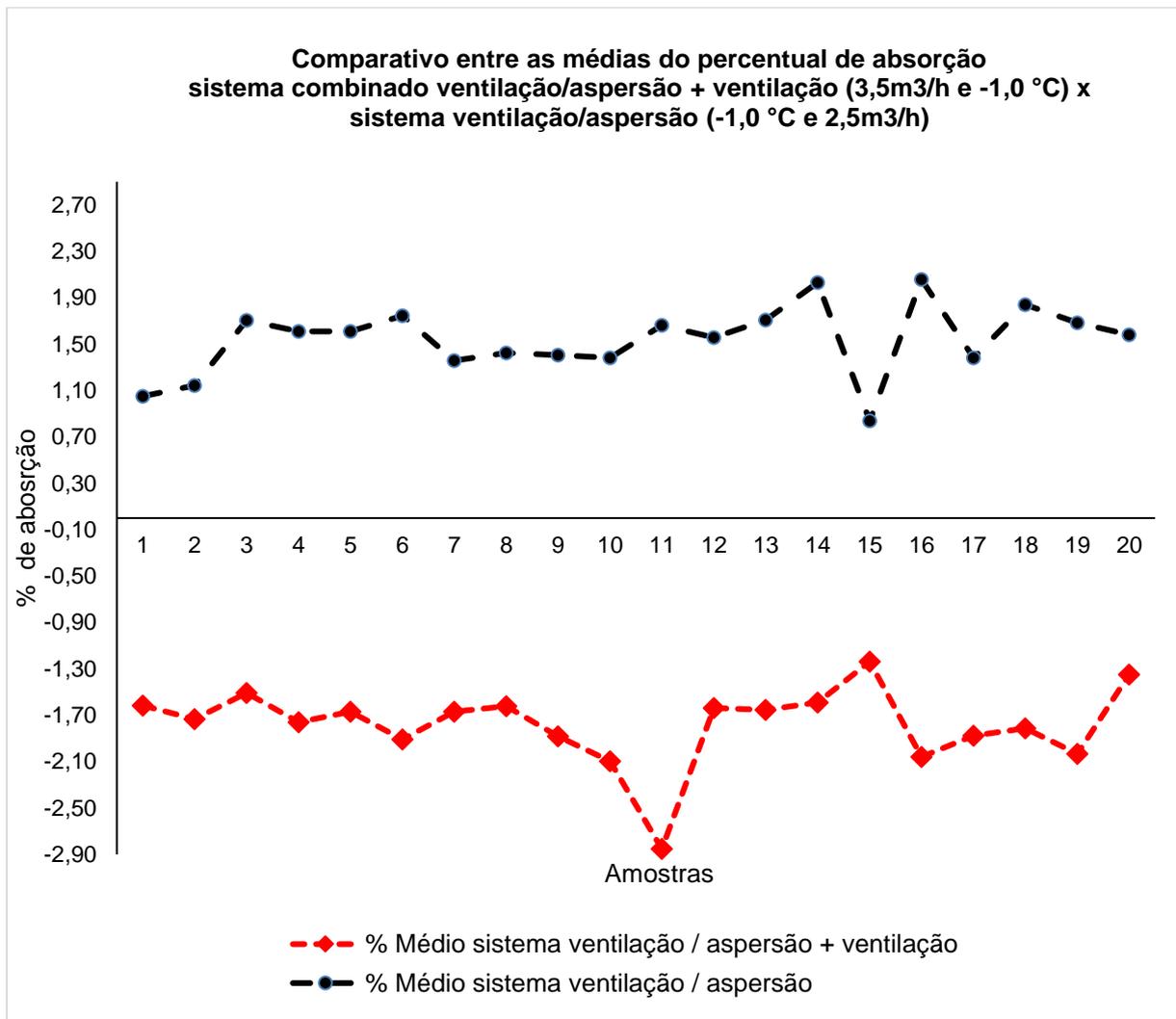
Fluxo do processo produtivo do abate de perus e avaliações/atividades realizadas durante o estudo

FLUXO DE ABATE E PROCESSO DE PERUS	AVALIAÇÕES/ ATIVIDADES
Recebimento das aves	
Insensibilização e sangria	
Depenagem	
Evisceração	
Rependura de carcaça	Avaliação das carcaças, identificação das amostras, pesagem (inicial e final), medição da temperatura das carcaças, avaliação dos parâmetros da câmara de resfriamento (temperatura e vazão)
Câmara de resfriamento de carcaça com ventilação e aspersão – 1h20 min.	Aplicação dos parâmetros experimentais Retirada das amostras na saída da câmara, verificação do tempo de permanência no interior da câmara
Câmara de resfriamento de carcaça com ventilação - Máx. 4°C, mínimo 8h30 min.	*
Desossa das carcaças	Coleta e identificação da amostra de corte de peito por carcaça analisada
Embalagem secundária	
Detectar metais	
Congelamento	Congelamento das amostras
Estocagem	Conservação das amostras até o envio de laboratório para análise de pH, cor, umidade, proteína, cisalhamento, capacidade de retenção de água, comprimento de sarcômero, ácido tiobarbitúrico, perfil de ácidos graxos, microscopia eletrônica de varredura

*Ponto de coleta das amostras no estudo realizado no resfriamento do processo produtivo padrão.

ANEXO

Gráfico comparativo entre as médias do percentual de absorção do sistema combinado de ventilação / aspersão e ventilação (-1,0 °C e 3,5m³/h) x sistema ventilação e aspersão (VA) (-1,0 °C e 2,5m³/h)



ANEXO

Comparativo dos cortes de peito de peru resfriados no sistema de ventilação e aspensão e no sistema de ventilação / aspensão e ventilação

