

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

VALTER OLIVEIRA DE SOUTO

CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DE FIAMBRE DE
FRANGO CAIPIRA ADICIONADO DE AZEITE DE OLIVA
PRÉ-EMULSIONADO

JOÃO PESSOA – PB

2020

VALTER OLIVEIRA DE SOUTO

**CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DE FIAMBRE DE
FRANGO CAIPIRA ADICIONADO DE AZEITE DE OLIVA
PRÉ-EMULSIONADO**

JOÃO PESSOA – PB

2020

VALTER OLIVEIRA DE SOUTO

**CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DE FIAMBRE DE
FRANGO CAIPIRA ADICIONADO DE AZEITE DE OLIVA
PRÉ-EMULSIONADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento aos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Professor Doutor Fábio Anderson Pereira da Silva

JOÃO PESSOA – PB

2020

S728c Souto, Valter Oliveira de.

Características de qualidade de fiambre de frango caipira adicionado de azeite de oliva pré-emulsionado/ Valter Oliveira de Souto. - João Pessoa, 2020.

93 f. : il.

Orientação: Fábio Anderson Pereira da Silva.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT.

1. Avicultura caipira. 2. Pré-emulsificação. 3. Óleos vegetais. 4. Oxidação lipídica e proteica. I. Silva, Fábio Anderson Pereira da. II. Características de qualidade de fiambre de frango caipira.

UFPB/BC

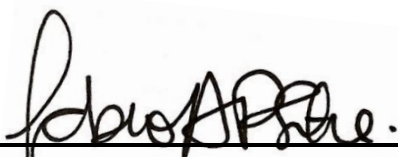
CDU 664(043)

VALTER OLIVEIRA DE SOUTO

**CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DE FIAMBRE DE FRANGO CAPIRA
ADICIONADO DE AZEITE DE OLIVA PRÉ-EMULSIONADO**

Dissertação aprovada em 11 de setembro de 2020.

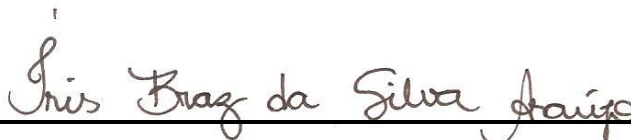
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Fábio Anderson Pereira da Silva – PPGCTA/CT/UFPB
Coordenador da Banca Examinadora



Prof. Dra. Ângela Maria Tribuzi de Magalhães Cordeiro – PPGCTA/CT/UFPB
Examinador Interno



Prof. Dra. Íriz Braz da Silva Araújo – PPGTA/CCHSA/UFPB
Examinador Interno

A minha tia-mãe, Ana Lúcia; minha irmã, Vivian Souto (*in memoriam*) e ao meu avô, José
Ferreira da Silva (*in memoriam*),

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre guiar meus passos em minha existência.

A minha querida tia, Ana Lúcia, que assume o papel de mãe, te amo!

A minha avó, Marluce de Oliveira Silva; meu avô, José Ferreira da Silva (*in memoriam*), que sempre demonstraram exemplo de caráter, honestidade e dignidade, sendo elementos fundamentais na minha vida.

Ao meu amigo, Joellington Marinho de Almeida, pela lealdade e risos durante dias difíceis. Obrigado por me incomodar em minhas madrugadas me ligando insistentemente!

A Thálita Cristyne por ter me ajudado no processamento dos fiambres, meu muito obrigado!

Aos amigos que criei dentro do laboratório (Gabrielle, Rayane, Tainá, Miriane, Darlinne, Ana Rita e Mércia) por todo suporte na pesquisa.

Ao meu exemplar orientador, Dr. Fábio Anderson Pereira da Silva, por toda paciência, educação e conhecimentos transmitidos.

À professora Dra. Marta Suely Madruga, pelo suporte com o projeto de pesquisa, além de permitir a execução dos experimentos nos laboratórios que coordena.

À professora e atual coordenadora do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Dra. Taliana Kênia Bezerra de Alencar, por todo auxílio e disposição em tirar minhas dúvidas quando mais precisei.

À professora Dra. Íris Braz da Silva Araújo pela presença, contribuição e transmissão dos seus conhecimentos na banca de qualificação e defesa.

À professora Dra. Ângela Maria Tribuzi de Magalhães pela presença, contribuição e transmissão dos seus conhecimentos na banca de defesa.

Aos funcionários que compõem o Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos pelo apoio e compreensão.

Ao CNPq e CAPES, pelos auxílios e bolsas concedidos.

A todas as pessoas que participaram dessa pesquisa e estiveram ao meu lado, direto ou indiretamente, me deram apoio e acreditaram em mim. Muito obrigado!

“Deus dá as batalhas mais difíceis aos seus melhores soldados.”

Papa Francisco

RESUMO

SOUTO, Valter Oliveira de. **CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DE FIAMBRE DE FRANGO CAIPIRA ADICIONADO DE AZEITE DE OLIVA PRÉ-EMULSIONADO**. 2020. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020.

A criação de frango caipira é uma atividade que está em crescente expansão no Brasil, promovendo a sustentabilidade econômica e a produção de carne de qualidade, gerando uma opção de alimentação saudável. As indústrias de alimentos têm direcionado esforços para modificar os produtos tradicionais comercializados no mercado através de estratégias de processamento, visando obter produtos com melhor composição lipídica. A incorporação de óleo pré-emulsificado em substituição da gordura animal em produtos cárneos tem se apresentado como uma prática promissora para o setor agroindustrial. Diante disto, objetivou-se avaliar o efeito da substituição parcial da gordura animal por azeite de oliva *in natura* ou pré-emulsionado com proteína isolada de soja nas características de qualidade tecnológica, nutricional e oxidativa de fiambre de frango caipira. Foram elaboradas três formulações de fiambre de frango caipira: Controle (Fiambre sem substituição do toucinho), PRFO (Fiambre com substituição parcial do toucinho por azeite de oliva *in natura*) e PRPO (Fiambre com substituição parcial do toucinho por azeite de oliva pré-emulsionado). Os produtos cárneos elaborados foram avaliados com relação as propriedades químicas e físicas, tais como composição química aproximada (umidade, cinzas, proteínas e lipídeos), pH, atividade de água (Aa), perda de peso por centrifugação (PPC), perfil de textura, cor instrumental, perfil de ácidos graxos. Durante o armazenamento refrigerado, os produtos cárneos foram avaliados com relação aos compostos voláteis e estabilidade oxidativa. A adição de azeite de oliva *in natura* e azeite de oliva pré-emulsionado como substituto parcial da gordura animal nos fiambres de frango caipira apresentaram teor de umidade inferior a 75%, teor proteico superior a 13% e lipídico dentro do preconizado pela legislação brasileira para fiambres. Os produtos cárneos obtiveram um aumento da proporção de ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados, com consequente diminuição dos ácidos graxos saturados. Dentre os ácidos graxos saturados, o C16:0 foi o que predominou em todos os tratamentos. O ácido graxo monoinsaturado mais abundante em todas as amostras foi o C18:1n9c, que foi maior em PRFO e PRPO. Para os ácidos graxos poli-insaturados, C18:2n6c foi destacado na amostra Controle, seguido por PRFO e PRPO. Uma proporção maior de ácidos graxos ω -3 e uma proporção menor de ácidos graxos ω -6 foram observados no tratamento PRPO. Os índices de aterogenicidade e trombogenicidade foram menores nas formulações com azeite de oliva *in natura* e pré-emulsionado, respectivamente. A amostra Controle apresentou o maior índice de peroxidabilidade e uma maior quantidade de ácidos graxos altamente peroxidável (HP-PUFA), seguido do tratamento PRFO e PRPO. Todos os tratamentos mostraram estabilidade oxidativa durante o armazenamento refrigerado de 4 °C. Com isso, conclui-se que o fiambre de frango caipira possui potencial tecnológico para ser utilizado como um produto cárneo saudável pela indústria de alimentos, tornando-se uma opção viável para diversificar a produção da carne de frango caipira.

Palavras-chave: avicultura caipira, pré-emulsificação, óleos vegetais, oxidação lipídica e proteica.

ABSTRACT

SOUTO, Valter Oliveira de. **QUALITY CHARACTERISTICS OF "CAIPIRA" CHICKEN HAM ADDED TO PRE-EMULSIONED OLIVE OIL**. 2020. 93 f. Dissertation (Master's) - Food Science and Technology Course, Federal University of Paraíba, João Pessoa, 2020.

The creation of free-range chicken is an activity that is growing in Brazil, promoting economic sustainability and the production of quality meat, generating a healthy eating option. The food industries have directed efforts to modify the traditional products sold on the market through processing strategies, aiming at obtaining products with a better lipid composition. The incorporation of pre-emulsified oil to replace animal fat in meat products has been shown to be a promising practice for the agro-industrial sector. Given this, the objective was to evaluate the effect of partial replacement of animal fat by olive oil in natura or pre-emulsified with isolated soy protein on the characteristics of technological, nutritional and oxidative quality of free-range chicken ham. Three formulations of free-range chicken ham were prepared: Control (Ham without replacing bacon), PRFO (Ham with partial replacement of bacon with fresh olive oil) and PRPO (Ham with partial replacement of bacon with pre-emulsified olive oil). The meat products elaborated were evaluated with respect to chemical and physical properties, such as approximate chemical composition (moisture, ash, proteins and lipids), pH, water activity (Aa), weight loss by centrifugation (PPC), texture profile, instrumental color, fatty acid profile. During cold storage, meat products were evaluated for volatile compounds and oxidative stability. The addition of fresh olive oil and pre-emulsified olive oil as a partial substitute for animal fat in free-range chicken hams had a moisture content of less than 75%, a protein content of more than 13% and a lipid content within the limits recommended by Brazilian legislation. hams. Meat products obtained an increase in the proportion of monounsaturated and polyunsaturated fatty acids, with a consequent decrease in saturated fatty acids. Among saturated fatty acids, C16: 0 was the predominant one in all treatments. The most abundant monounsaturated fatty acid in all samples was C18: 1n9c, which was higher in PRFO and PRPO. For polyunsaturated fatty acids, C18: 2n6c was highlighted in the Control sample, followed by PRFO and PRPO. A higher proportion of ω -3 fatty acids and a lower proportion of ω -6 fatty acids were observed in the PRPO treatment. The atherogenicity and thrombogenicity indices were lower in formulations with fresh and pre-emulsified olive oil, respectively. The Control sample showed the highest peroxidability index and the highest amount of highly peroxidable fatty acids (HP-PUFA), followed by the PRFO and PRPO treatment. All treatments showed oxidative stability during cold storage at 4 °C. With this, it is concluded that the free-range chicken ham has technological potential to be used as a healthy meat product by the food industry, making it a viable option to diversify the production of free-range chicken meat.

Keywords: free-range poultry, pre-emulsified vegetable oil, lipid oxidation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Consumo per capita (kg/hab/ano) de carne de frango industrial no Brasil	12
Figura 2 Esquema geral da autoxidação de ácidos graxos insaturados	21
Figura 3 Delineamento experimental da pesquisa	25
Figura 4 Fluxograma de abate de frango caipira realizado pelo abatedouro.....	26
Figura 5 Carcaça do frango caipira ao lado do peito, coxa e sobrecoxa sem pele	26
Figura 6 Azeite de oliva pré-emulsionado.....	27
Figura 7 Fluxograma do processamento dos fiambres de frango caipira	28
Figura 8 Fiambres de frango caipira.....	30

ARTIGO

Figure 1 – Analysis of primary and secondary products of lipid oxidation in free-range “Caipira” chicken ham under chilled storage (4 °C) during 60 days. A - Conjugated dienes. B - p-anisidine index (p-AI).....	86
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Formulação do azeite pré-emulsionado	27
Tabela 2 Formulações dos fiambres de frango caipira adicionados de azeite pré-emulsionado	29

ARTIGO

Table 1 – Free-range “Caipira” chicken ham formulations	75
Table 2 – Characterization (mean $\pm$ standard deviation) of free-range chicken ham	76
Table 3 – Fatty acids profile of fresh olive oil and free-range “Caipira” chicken ham	78
Table 4 – Volatile compounds (% area) detected in free-range chicken ham under chilled storage (4 °C) during 60 days	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Aa	Atividade de água
ABPA	Associação Brasileira de Proteína Animal
ANOVA	Análise de variância
AOAC	Official Methods of Analysis
COPAF	Cooperativa Paraibana de Avicultura e Agricultura
DNPB	2,4 dinitrofenilhidrazina
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IP	Índice de peroxidabilidade
IA	Índice de aterogenicidade
IpA	Índice de para-anisidina
IT	Índice de trombogenicidade
IUPAC	União internacional da Química Pura e Aplicada
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MUFAS	Ácidos graxos monoinsaturados
pH	Potencial hidrogeniônico
PPC	Perda de peso por centrifugação
PIS	Proteína isolada de soja
PUFAS	Ácidos graxos poli-insaturados
TBARS	Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico
TCA	Ácido tricloroacético
TPA	<i>Texture profile analysis</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 AVICULTURA DE CORTE NO BRASIL: PRODUÇÃO INDUSTRIAL VERSUS CAIPIRA	12
2.2 COMPOSIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE PRODUTOS CÁRNEOS SAUDÁVEIS	15
2.3 PRÉ-EMULSIFICAÇÃO DE ÓLEOS VEGETAIS E SUA UTILIZAÇÃO EM ALIMENTOS	18
2.4 POTENCIALIDADE DO AZEITE DE OLIVA E SUAS APLICAÇÕES EM ALIMENTOS	19
2.5 OXIDAÇÃO LIPÍDICA E PROTEICA EM PRODUTOS CÁRNEOS	21
3 MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	24
3.2 OBTENÇÃO DA CARNE DE FRANGO CAIPIRA	24
3.3 PREPARO DA EMULSÃO DE AZEITE DE OLIVA	27
3.4 PROCESSAMENTO DO FIAMBRE DE FRANGO CAIPIRA	28
3.5 DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS.....	30
3.6 DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS	30
3.7 PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS	33
3.8 ESTABILIDADE OXIDATIVA.....	34
3.8.1 <i>Dienos conjugados</i>	34
3.8.2 <i>Índice de para-anisidina</i>	34
3.8.3 <i>Perfil de Compostos voláteis</i>	35
3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	35
REFERÊNCIAS	37
4 RESULTADOS	45
ARTIGO: Olive oil-in-water emulsion as a source of desirable fatty acids in free-range “Caipira” chicken ham	45
5 CONCLUSÕES GERAIS	88

1 INTRODUÇÃO

A avicultura caipira é uma atividade em expansão no Brasil e tem apresentado crescimento expressivo na Região Nordeste, uma vez que a galinha caipira possui elevada capacidade de adaptação ao clima quente, sendo geralmente mais resistente a doenças. Estas características fazem com que a criação de frango caipira se torne uma atividade atrativa para a região de clima semiárido (EMBRAPA, 2003; PARISE, 2014; ANDRADE, 2018).

Os sistemas de criação da avicultura caipira podem ser constituídos de diversas formas, como o sistema alternativo, semi-intensivo e extensivo. Estes sistemas favorecem a obtenção de produtos saudáveis, pois a ave não é tratada com antibióticos nem submetida à ação de promotores de crescimento ou alimentação de origem animal. Comparativamente, o nível de contaminantes na carne de frango caipira é praticamente nulo, enquanto a carne proveniente do frango industrial pode apresentar até 7% de contaminantes (ANDRADE, 2018).

A produção de frango caipira representa aproximadamente 1% do volume de carne de frango produzida no país, cujo sistema de criação alternativo é dirigido por agricultores familiares que organizam e gerenciam todas as atividades de criação das aves gerando acesso a complementação de renda de grande parte dos agricultores do Brasil. A criação destas aves promove a sustentabilidade econômica com maior possibilidade de renda, além de maior oferta de carne e ovos de qualidade, gerando uma opção de alimentação saudável, uma vez que a carne de frango caipira possui alto teor proteico, é rica em ferro, sais minerais, lipídios e vitaminas do complexo B, o que torna viável a elaboração e produção de produtos cárneos derivados, tornando-se uma alternativa de agregação de valor a essa matéria-prima (SILVESTRE, 2015; ANDRADE, 2018).

Considerando-se a crescente demanda por alimentos saudáveis, o setor industrial tem direcionado esforços para modificar os produtos tradicionais comercializados no mercado. Derivados cárneos, por exemplo, possuem elevada concentração de sódio, aditivos e gordura saturada, os quais são associados com o aparecimento de doenças cardiovasculares (NOVELLO; POLLONIO, 2015). No entanto, a elaboração de produtos cárneos com teores reduzidos de sódio e gordura saturada é um desafio, tendo em vista que estes ingredientes têm importante participação no desenvolvimento das características sensoriais, tecnológicas e nutricionais do produto final (TALUKDER, 2015; TREVISAN *et al.*, 2016).

A reformulação de derivados cárneos baseia-se em estratégias de processamento, visando obter produtos com melhor composição lipídica e com características adequadas à

saúde do consumidor conforme recomendações dos órgãos de saúde. A redução do consumo de ácidos graxos saturados e aumento da ingestão de ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados têm sido uma recomendação recorrente a nível mundial (TREVISAN *et al.*, 2016). Neste sentido, a redução e/ou substituição da gordura animal por óleos vegetais em produtos cárneos tem apresentado resultados interessantes sob o ponto de vista nutricional (ÁLVAREZ; BARBUT, 2013; CHO *et al.*, 2014; NOVELLO; POLLONIO, 2015; TREVISAN *et al.*, 2016).

Os óleos vegetais têm sido utilizados como substitutos de gordura animal na elaboração dos produtos cárneos com o objetivo de melhorar a composição dos ácidos graxos, pois a maioria dos óleos vegetais possui alto teor de ácidos graxos benéficos à saúde, com destaque para os óleos de oliva, girassol e linhaça. Entretanto, a adição de óleos vegetais diretamente na formulação dos derivados cárneos pode afetar negativamente a qualidade do produto final. As principais alterações ocorrem na suculência, textura e sabor, uma vez que a simples redução do teor de gordura nos produtos implica em perdas sensoriais, além da maior suscetibilidade à oxidação lipídica, devido ao incremento de ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados (MORETTO; FETT, 1988; BACKES, 2011).

A incorporação de óleos pré-emulsificados em substituição da gordura animal dos derivados cárneos tem se apresentado como uma prática promissora para o setor. Os estudos demonstram que esta técnica é capaz de aumentar a capacidade de ligação do óleo na matriz proteica do produto, melhorando a estabilidade da fonte lipídica durante o processamento e armazenamento (ÁNSORENA; ASTIASARÁN, 2004; BACKES, 2011; BACKES *et al.*, 2017).

Portanto, diante das considerações, objetivou-se avaliar o efeito da substituição parcial da gordura animal por azeite de oliva *in natura* e pré-emulsionado com proteína isolada de soja nas características de qualidade tecnológica e nutricional de fiambre de frango caipira e avaliação da estabilidade oxidativa durante 60 dias de armazenamento refrigerado.

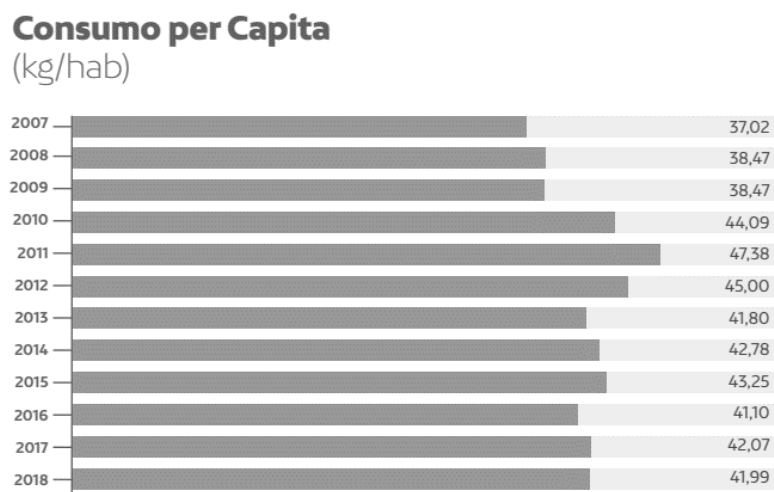
2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 AVICULTURA DE CORTE NO BRASIL: PRODUÇÃO INDUSTRIAL VERSUS CAIPIRA

De 2011 a 2019, o Brasil se tornou o país que mais cresceu na produção industrial de carne de frango, com destaque no mercado internacional, ocupando desde 2011 o terceiro lugar mundial, tendo produzido em 2019 mais de 13,2 milhões de toneladas, ficando atrás dos Estados Unidos e da China que produziram cerca de 19,9 milhões e 13,7 milhões de toneladas, respectivamente. Em 2018 produziu 12,85 milhões de toneladas de carne de frango, e de acordo com relatório de 2020 da Associação Brasileira de Proteína Animal -ABPA, o Brasil destina cerca de 68% da sua produção ao mercado interno e 32 % à exportação (SANTOS FILHO *et al.*, 2018; ABPA, 2018; ABPA, 2019; ABPA, 2020).

O reflexo da produção está relacionado ao aumento do consumo per capita de carne de frango industrial, desde 2007, em uma projeção feita pela ABPA, onde o Brasil vem alcançando valores de 40,00 kg/hab (Figura 1), estando à frente de carne bovina e suína. Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), em 2020 o consumo de carne de frango estaria em torno de 10,9 milhões de toneladas no Brasil, sendo 48,1% da produção destinada à exportação (BRASIL, 2011; SANTOS FILHO *et al.*, 2018; ABPA, 2019).

Figura 1 Consumo per capita (kg/hab/ano) de carne de frango industrial no Brasil



Fonte: ABPA, 2019

Conforme os dados levantados pela ABPA, ilustrado na Figura 1, sobre o consumo per capita de carne de frango industrial durante os anos de 2007 a 2015, o Brasil tem representado um crescimento de 0,14% durante 8 anos. Em paralelo à criação industrial de 2020, onde o consumo *per capita* de carne de frango é de 42,84 kg, tendo um percentual de decréscimo de 2,84% quando comparado ao ano de 2010 (ABPA, 2020).

Comparativamente a produção de carne de frango industrial, um dos segmentos que tem se destacado e apresentado maior crescimento é a criação e produção de carne de frango caipira, cujo objetivo visa atender a um grupo de consumidores mais exigentes. Esse crescimento levou a um aumento na produção de aves tipo caipira que foi substituída pela criação em sistemas alternativos, e este sistema de criação tem como objetivo satisfazer o interesse dos consumidores que procuram carne com características diferentes das aves industriais. Como denominação original, o termo frango caipira vem de aves crioulas do Brasil colonial. São aves que vieram da Europa, se adaptaram as condições de criação e clima do Brasil e possuem características de cor de pele amarelada e multiplicidade de cores devido ao cruzamento de várias linhagens (MARTINS *et al.*, 2016).

O sistema de criação de frango caipira é simples e não exige um alto investimento. Sua instalação consiste em utilizar recursos disponíveis oriundos da própria propriedade, tais como bambu, madeira e palhagem. Sendo basicamente caracterizado como um sistema de criação intensivo, onde a criação dos frangos caipira está diretamente relacionada ao bem-estar dos animais, sendo oferecidas condições de conforto que são exibidas através dos comportamentos naturais, influenciando na produtividade das aves. Além de fatores biológicos e químicos que ajudam na suplementação do animal, permitindo um crescimento acelerado. Os fatores físicos influenciam na taxa produtiva de frangos de corte, por influenciar no consumo de ração, afetando diretamente o ganho de peso do animal por convecção e condução (NAZARENO *et al.* 2009; MARTINS *et al.*, 2016).

Os sistemas de produção de frango caipira podem ser constituídos por diferentes formas de produção, como o sistema alternativo, semi-intensivo e extensivo. O modelo alternativo é dirigido por agricultores familiares que organizam e gerenciam todas as atividades de criação das aves, gerando acesso a complementação de renda de grande parte dos agricultores do Brasil, promovendo a sustentabilidade econômica com maior possibilidade de renda, além de maior oferta de carne e ovos de qualidade e gerando uma opção de alimentação saudável (EMBRAPA, 2003; SILVESTRE, 2015).

De acordo com Souza *et al.* (2010), o manejo de produção de aves, como o frango caipira, deve ser realizado de forma semi-intensiva. Em que existe a disposição um aviário com

comida, bebedouro e ninhos, e as aves possuem determinado grau de liberdade, sendo recolhida a noite, para ficarem protegidas contra condições climáticas desfavoráveis e predadores. Quando as aves são expostas na propriedade, a mesma oferece alimentos alternativos e com custo mínimo, como capins, insetos, minhocas, restos de frutas, entre outros.

Contudo, as criações de frango caipira se caracterizam pela sua forma extensiva e de baixa eficiência produtiva, sem a existência de instalações adequadas, o que acarreta baixos índices de fertilidade com natalidade reduzida, ocasionando um índice de alta mortalidade das crias e baixa reprodutibilidade, além de não contemplar os aspectos nutricionais e sanitários (DA SILVA, 2011).

Por outro lado, a produção de frango caipira é uma atividade cujo mercado é promissor com elevado potencial para o cenário nacional, visto que a oferta desse produto é menor do que a demanda e sua produção no Brasil é uma atividade que ainda está em crescente expansão. Adicionalmente, a sua comercialização pode ser efetuada diretamente entre produtor e consumidor o que facilita a sua venda, tornando-se compensador e bastante atrativo. Sendo alternativas de diversificação para a produção e geração de renda para a agricultura familiar, oferecendo a esse público alvo uma fonte de proteína de boa qualidade biológica (DA SILVA, 2011).

A carne de frango caipira é rica em proteínas, possuem também outros nutrientes, como vitaminas, minerais e lipídios. A galinha tem uma carne bastante rica em ferro e em vitaminas do complexo B, tais como niacina, responsável pela coloração escura do músculo e da riboflavina responsável pela coloração mais clara no músculo. A pele do frango caipira é rica em colesterol e por isso seu consumo deve ser limitado. A principal diferença entre os músculos claros e escuros está diretamente ligado ao seu nível de gordura, uma vez que a carne do peito é bem mais magra, com cerca de 1,4% de gordura, enquanto a carne da coxa apresenta cerca de 5,1% de gordura (EMBRAPA, 2003; DA SILVA, 2011).

Na agricultura familiar, a criação de frango caipira tem um importante papel na subsistência e comercialização da carne e de ovos, o que facilita a renda emergencial ou fonte principal de renda de seus produtores, uma vez que o principal diferencial para o consumo de frango caipira é o apelo de representar um produto mais “saudável”, sendo uma opção de consumo para os consumidores preocupados com a saúde, segurança alimentar e o meio ambiente sustentável, além de adquirir um produto com sabor característico e com textura e consistência firme (EMBRAPA, 2003).

2.2 COMPOSIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE PRODUTOS CÁRNEOS SAUDÁVEIS

A busca por alimentos saudáveis, de rápido e fácil preparo tem sido alvo de consumidores e comunidades científicas. Diversos órgãos de pesquisa e indústrias de alimentos vêm investindo no desenvolvimento de novos produtos alimentícios que possam atender a essa demanda e oferecendo alimentos industrializados com alto nível nutricional e com baixo teor de gordura, promovendo assim, o bem estar dos consumidores ao se oferecer produtos com menores riscos à saúde (OLIVEIRA *et al.*, 2013; HUKERDI *et al.*, 2019).

A variedade de produtos cárneos que não demandam muito tempo para o seu preparo, tornou-se atrativo para os consumidores mais informados, que buscam consumir produtos cárneos mais saudáveis, com baixo teor de gordura, sódio e aditivos, e com melhor composição de ácidos graxos. Diversos produtos tem sido alvos de pesquisadores e indústrias de alimentos que buscam desenvolver e reformular os produtos cárneos alterando a sua composição e oferecendo produtos com benefícios fisiológicos, bioquímicos e nutricionais. Diante disto, diversas são as estratégias para a reformulação de produtos cárneos, cujo principal objetivo é a redução de sódio, aditivos e gordura (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

O cloreto de sódio é um dos ingredientes mais utilizados nas indústrias de alimentos, em especial na indústria de carnes e possui características funcionais de extrema importância para a elaboração de produtos cárneos. Sua principal função é a de conservante, promovendo o aumento da força iônica e interagindo com proteínas miofibrilares da carne, contribuindo para o aumento da capacidade de retenção de água, formação de emulsão e intensificando o sabor dos produtos elaborados (CORREIA, 2019).

O cloreto de sódio contém cerca de 39,3% de sódio e seu uso pode afetar o sabor do produto, assim como sua textura e vida útil e aumentando as propriedades de ligação da água com a gordura. Entretanto, sua redução ou substituição afeta diretamente o sabor do produto, o que pode comprometer as suas características sensoriais, deixando o produto com sabor amargo ou metálico, além de comprometer os aspectos tecnológicos e bioquímicos da carne, uma vez que o sódio é fundamental na solubilização das proteínas miofibrilares, acarretando suculência e maciez. Por isso, diversas são as estratégias para reduzir o teor de sódio em produtos cárneos, dentre elas destacam-se a substituição parcial de cloreto de sódio por outros componentes que tenha efeitos similares sob o aspecto microbiológico, sensorial e tecnológico, como por exemplo, o cloreto de potássio, cloreto de magnésio e cloreto de cálcio, e sais não clorados,

como os fosfatos, o que tornam-se uma alternativa para a elaboração de produtos cárneos mais saudáveis (CORREIA, 2019).

Outro fator encontrado pela indústria de carnes para o desenvolvimento de produtos mais saudáveis é a redução de aditivos, em especial a redução de nitrito e nitrato de sódio. Estes aditivos alimentares são autorizados para uso em carnes e produtos cárneos, pois inibem o crescimento do *Clostridium botulinum* e a formação de toxinas produzidas por esse microrganismo. Também contribuem para a formação do aroma e sabor nas carnes curadas, além da formação da cor avermelhada em produtos curados e fermentados, e por possuírem características químicas retardam o desenvolvimento do processo oxidativo durante o armazenamento dos produtos elaborados (ARAUJO, 1999).

Os nitritos e nitratos de sódio possuem restrições de uso conforme a sua quantidade utilizada, uma vez que os nitritos em certas condições de temperatura e pH baixo pode interagir com as aminas formadas pela decomposição das proteínas dos produtos cárneos e formarem as nitrosaminas que são consideradas compostos químicos cancerígenos. Por isso, para a sua substituição, podem ser utilizados compostos antimicrobianos naturais presentes em ervas e especiarias e compostos presentes em óleos essenciais, como terpenos e flavonoides (ARAUJO, 1999; CORREIA, 2019).

A redução da quantidade de gordura e da composição de ácidos graxos saturados são fatores de qualidade observados pelos consumidores. Com isso, as indústrias de alimentos têm se motivado no desenvolvimento de produtos cárneos funcionais, empregando-se ou substituindo-se quantidades significativas de gordura animal por fibras e por óleos vegetais, cuja proporção e quantidade de ácidos graxos insaturados tornou-se alternativa de consumo de pessoas interessadas em uma dieta saudável. Desta forma, diversas são as estratégias que viabilizam a sua produção e garantem um produto de boa qualidade, como o uso de óleos vegetais como substitutos da matéria gordurosa animal na elaboração de um alimento de alto valor nutricional agregado (ARIHARA, 2006; TOMM, 2007; BACKES, 2011; HUKERDI *et al.*, 2019).

Em decorrência da praticidade de preparo, da preocupação dos consumidores e da viabilização das indústrias de alimentos em produzir diversos produtos cárneos mais saudáveis têm sido disponibilizados em gôndolas de supermercados diversos produtos com baixo teor de sódio, gordura e aditivos, tornando-se atrativo aos consumidores e contribuindo para que produtos cárneos cozidos, como lanches, presunto, apressuntado, mortadela e salsicha sejam uma opção crescente para a alimentação de muitas famílias no mundo (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

Os produtos cárneos cozidos são produtos que após as operações de trituração, mistura e enformagem, são submetidos a alta temperatura (até 70°C), a fim de obter características funcionais, sensoriais e de conservação que os representam (NASSU, 2018).

O fiambre é um produto cárneo cozido obtido de carnes de uma ou mais espécies de animais de açougues, miúdos comestíveis, adicionados de ingredientes e submetidos ao um processo térmico adequado, sendo facultativo o uso de vegetais ou outros ingredientes na composição do produto. Poderá receber outras denominações, de acordo com a sua tecnologia e forma de apresentação, como por exemplo, lanche, pão de carne, entre outros. Suas características sensoriais devem ter cor, textura, sabor e odor característico, e com relação as características físico-químicas, devem conter o mínimo de 12% de proteínas, e máximo de 5% de amido, umidade máximo de 70%, teor de cálcio máximo de 0,45% e carboidratos totais máximo de 10%, e serem embalados com materiais adequados para condições de armazenamento que lhe confirmem uma proteção apropriada (BRASIL, 2000).

Os presuntos, são obtidos dos cortes do membro posterior de suínos e submetido ao um processo térmico adequado. Quando a matéria-prima cárnea não for suína, o produto será designado de presunto, seguido do nome da espécie animal de procedência. Os presuntos podem ser classificados de acordo com o processo de cura, tais como: defumado ou não, cozido ou semi-cozido. Devem possuir como ingrediente obrigatório a carne de pernil de suíno, ou cortes do membro posterior de outras espécies de animais de açougue, além de nitrito e/ou nitrato de sódio ou potássio, e sal em forma de salmoura. Podem possuir também como ingredientes opcionais, proteínas de origem vegetal ou animal, aromas, especiarias e condimentos, aditivos, e açúcares como a maltodextrina (BRASIL, 2000).

O apresuntado é classificado com um produto cárneo industrializado cozido, obtido a partir de cortes e recortes de massas cárneas de membros anteriores e posteriores de suínos, adicionados de ingredientes obrigatórios e opcionais e submetido ao processo de cozimento adequado. Os apresuntados devem conter como ingredientes obrigatórios, a carne de pernil e/ou paleta de suíno, além de sal, nitrito e/ou nitrato de potássio e/ou sódio, em forma de salmoura, e quando adicionado de outra espécie cárnea, deve-se chamar de produto cárneo tipo apresuntado seguido da espécie cárnea utilizada. Como ingredientes opcionais, podem ser adicionados de proteínas de origem animal e/ou vegetal, aromas e especiarias, e açúcares, sendo permitido o máximo de 2,5% de proteína não cárnica na forma agregada. Com relação as características sensoriais, a cor, odor, sabor e textura devem ser característico, devem conter o mínimo de 13% de proteína, e máximo de 12% de gordura, umidade máxima de 75%, amido

máximo de 2% e carboidratos totais máximo de 5,0%, e serem embalados com materiais adequados, a fim de conferir um armazenamento apropriado. (BRASIL, 2000).

2.3 PRÉ-EMULSIFICAÇÃO DE ÓLEOS VEGETAIS E SUA UTILIZAÇÃO EM ALIMENTOS

Os óleos oriundos de fontes vegetais podem conter diversas funcionalidades, tais como agentes emulsionantes em produtos cárneos com atividade antioxidante e estabilizante pela interação ocorrida entre as suas partes hidrofóbicas com as de outras macromoléculas, como as proteínas. Os óleos e gorduras são substâncias hidrofóbicas advindos de fontes vegetais, animais e/ou microbianas. São formados por triglicerídeos, no qual por condensação, se obtém o glicerol e os ácidos graxos. Os óleos diferem das gorduras tomando-se como base a temperatura de 25 °C, como o limite inferior para o ponto de fusão da gordura, classificando-se como óleo o produto que se apresentar na sua forma líquida à temperatura de 25 °C e designando-se gordura, o produto que à temperatura de 25 °C, se apresentar sólido ou pastoso (BRASIL, 2005; BACKES, 2011).

Os óleos vegetais são produtos extraídos de fontes vegetais, e cerca de 2/3 de sua produção são empregados em produtos alimentícios. Diversos alimentos de origem vegetal possuem fontes expressivas de óleos, como as sementes de oleaginosas, germes de cereais e polpas de alguns frutos, no qual possuem grandes quantidades de ácidos graxos insaturados, como por exemplo, o azeite de oliva, o óleo de linhaça, de milho e de soja (BACKES, 2011).

Os procedimentos utilizados para a incorporação de óleos vegetais em formulações de produtos cárneos vão desde a injeção direta até a incorporação na sua forma encapsulada e pré-emulsionada. As condições de incorporação e quantidade variam de acordo com o produto cárneo elaborado. Entretanto, apesar de ser vantajosa a aplicação de óleos vegetais como substituto de gordura animal, observa-se que sua aplicação direta em formulações altera características sensoriais, modificando sua textura e sua estabilidade. Com isso, uma das alternativas encontradas em diversos estudos científicos é a aplicação de óleo vegetal pré-emulsificado, sendo o óleo líquido pré-emulsionado com um agente emulsificante, como por exemplo, a proteína isolada de soja (BACKES, 2011).

A proteína isolada de soja tem sido alvo de muitos estudos e com grande aplicabilidade na indústria de alimentos devido as suas propriedades funcionais, como a capacidade de

geleificação, absorção de água e óleo, estabilizante de espumas, capacidade de formar filmes, biodegradabilidade e biocompatibilidade. Assim, vem sendo utilizada como alternativa funcional, nutricional e econômica, sendo utilizada basicamente em substituição a outros tipos de proteínas tradicionais na elaboração de produtos cárneos, bebidas, laticínios e panificação (FAYAD, 2010).

A pré-emulsificação do óleo com a proteína isolada de soja tem como principal vantagem a redução da chance de separação do óleo da estrutura do produto elaborado, sendo essa tecnologia capaz de melhorar a capacidade de ligação do óleo numa matriz proteica. Essa tecnologia geralmente é obtida antes da fabricação ou no mesmo dia que serão adicionadas e tem como principal objetivo melhorar a estabilidade durante o processamento e armazenamento do produto cárneo (BACKES *et al.*, 2017).

Diante disto, tem-se observado diversos estudos que utilizaram a substituição da gordura animal por óleos vegetais pré-emulsionados com o objetivo de melhorar a qualidade nutricional e as propriedades funcionais de produtos cárneos, como embutido de frango fermentado adicionado de óleo de milho pré-emulsionado com proteína isolada de soja (MENEGAS *et al.*, 2013), mortadela bologna adicionado de óleo de linhaça pré-emulsionado com caseinato de sódio (CÂMARA; POLÔNIO, 2015) e produto cárneo fermentado e salame adicionados de óleos de canola pré-emulsionado com proteína isolada de soja (BACKES *et al.*, 2017).

2.4 POTENCIALIDADE DO AZEITE DE OLIVA E SUAS APLICAÇÕES EM ALIMENTOS

O azeite é um produto muito apreciado mundialmente. Desde a antiguidade era reconhecido como bálsamo, utilizado como combustível em lâmpadas e em ritos religiosos. Por se tratar de um produto básico utilizado na dieta mediterrânea, o azeite era conhecido como alimento de excelência por pertencer ao pilar socioeconômico e ambiental da agricultura, e ter seu alto valor gastronômico, por suas características químicas, biológicas e sensoriais, além de possuir propriedades terapêuticas e preventivas, que fazem dele uma fonte lipídica importante por ser rico em gorduras monoinsaturadas (OCANHA, 2018).

Bastante consumido no Brasil, o azeite de oliva é um produto comercial obtido apenas dos frutos da oliveira (*Olea europea* L.), excluindo-se os óleos obtidos por processo de reesterificação, solventes ou qualquer mistura de outros óleos. O azeite de oliva virgem também

é obtido dos frutos da oliveira (*Olea europea* L.), entretanto, seu processo de obtenção se dá por meios de processos mecânicos ou físicos, em condições térmicas adequadas que não favoreça a alteração ou adulteração do azeite e que não tenha sido submetidos a outros processos, além da lavagem, decantação, centrifugação e filtração (BRASIL, 2005).

O azeite de oliva extravirgem é um produto alimentício reconhecido mundialmente por possuir em sua composição ácidos graxos monoinsaturados, destacando-se o ácido oleico, no qual representa 92% dos ácidos graxos monoinsaturados ingeridos na dieta. Sua composição em ácidos graxos, com teores elevados de ácido oleico favorece o equilíbrio entre os ácidos graxos saturados e poli-insaturados, contribuindo para que esta fonte lipídica tenha vários benefícios nutricionais para a saúde do consumidor (SOUZA, 2007; OCANHA, 2017).

Considerado como um alimento funcional, o azeite de oliva possui diferentes compostos bioativos, dentre eles, destacam-se o esqualeno, esteróis vegetais, tocoferóis, polifenóis, que embora represente apenas 2% de sua composição nutricional, possuem propriedades diversificadas, como antioxidantes que podem agir como agentes condutores de estabilidade e garantindo melhor controle de qualidade no processamento e armazenamento de produtos cárneos (SOUZA, 2007).

Destacando-se por sua versatilidade e funcionalidade, o azeite de oliva tem sido usado na elaboração de diversos pratos, como saladas, sopas, no preparo de molhos, doces, em pães, queijos, e processamento de derivados cárneos. Diversos estudos sugerem o uso alternativo do azeite de oliva como ingrediente incorporados nas formulações de alimentos ou como substituto de gordura em produtos cárneos, com o objetivo de melhorar a qualidade nutricional do produto elaborado, aumentando seu teor de ácido graxos monoinsaturados e poli-insaturados, entretanto, sem comprometer seus atributos sensoriais (YUNES, 2010; OLIVEIRA, 2013).

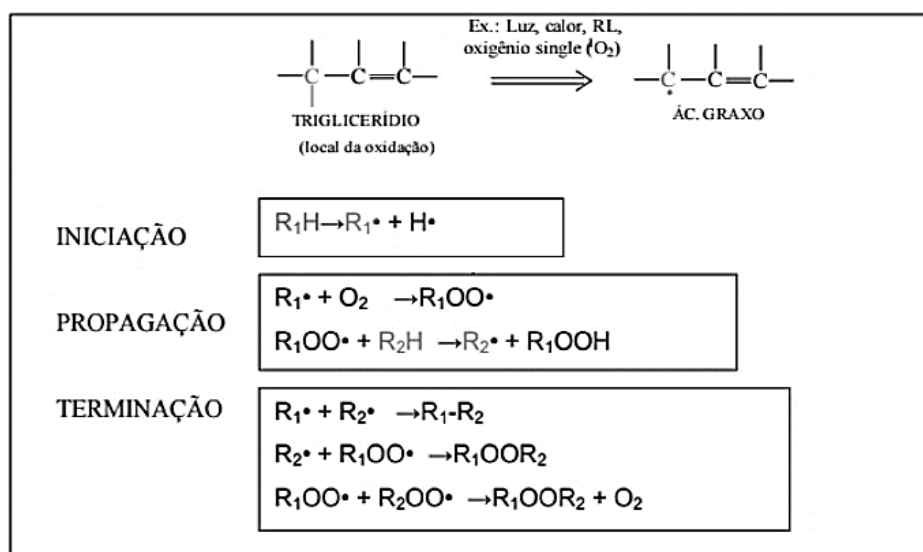
Com diversas aplicações em alimentos, o azeite de oliva tem sido utilizado como ingrediente na elaboração de almôndegas, salsichas e salames (NOVELLO; POLONIO, 2015), mortadela de frango (VEIGA; KOBORI; CÂMARA, 2015) e hambúrguer de frango (SOUTO *et al.*, 2018).

2.5 OXIDAÇÃO LIPÍDICA E PROTEICA EM PRODUTOS CÁRNEOS

A oxidação lipídica já é considerada um dos principais problemas de deterioração de produtos cárneos e afeta diretamente a qualidade do alimento, ocasionando a diminuição de nutrientes, assim como a perda de cor, aroma, sabor e textura. Além disso, a oxidação dos lipídios reduz significativamente a vida de prateleira de diversos produtos, ocasionando a perda do mesmo (SANTOS, 2019).

De um modo geral, a oxidação de lipídios pode ocorrer tanto de forma auto catalítica (autooxidação e fotooxidação), quanto de forma enzimática pela ação da lipoxigenase. Entretanto, a autooxidação é a principal reação causadora de ranço nos alimentos (ARAÚJO, 2006; ANDREO; JORGE, 2006). Nesse sentido, como ilustrado na Figura 2, a autooxidação ocorre através de 3 fases distintas: iniciação, propagação e terminação.

Figura 2 Esquema geral da autooxidação de ácidos graxos insaturados



Fonte: OLIVEIRA, 2014.

A fase de iniciação é iniciada pela formação de radicais livres e pela ação de catalisadores, como calor, luz, metais entre outros. A propagação é a etapa que ocorre a formação de radicais peróxidos livres, assim como de hidroperóxidos e novos radicais livres, ocasionando várias reações em cadeias. Os peróxidos formados nesta etapa são altamente instáveis, e por isso, ao se decompor, formam produtos secundários como os aldeídos, cetonas e álcoois, que são responsáveis pelas características do ranço. A terminação consiste na

formação de produtos finais estáveis ou não reativos, porém, estes produtos são os responsáveis pela degradação e oxidação dos produtos alimentícios, conferindo aos alimentos, sabores e odores desagradáveis, perda do valor nutritivo e dos atributos sensoriais de textura e cor, além de afetar as propriedades funcionais dos alimentos (DEL-RÉ; JORGE, 2012; SILVAGNI, 2012; EMBUSCADO, 2015).

Diante disso, as carnes e os produtos cárneos, em especial os produtos derivados da carne de frango estão susceptíveis a oxidação lipídica por possuírem em seus componentes elevadas concentrações de ácidos graxos insaturados, presença de íons ferros, e oxigênio, o que favorece na velocidade da reação oxidativa. No entanto, existem outras causas que influenciam a velocidade do processo oxidativo, tais como o processamento (moagem e cocção), além da utilização de cloreto de sódio identificado como acelerador desta reação, e as condições de armazenamento, como a presença de luz, temperatura, oxigênio, calor, umidade, enzimas e pigmentos, embalagens e a quantidade de agente pró-oxidantes (ROCHA *et al.*, 2002; MIN; AHN, 2005; MURAKAMI, 2009).

Por muitos anos, a oxidação lipídica foi considerada a principal reação causadora de problemas de qualidade em alimentos, tanto do aspecto sensorial quanto químico. Todavia, após décadas de pesquisas, o alvo de estudo de oxidação passou a ter outro foco, como as proteínas, uma vez que os produtos secundários formados da oxidação lipídica são capazes de reagir com aminoácidos e peptídeos, ocasionando a oxidação proteica (ESTÉVEZ; HEINONEN, 2010; ESTÉVEZ, 2011).

Os estudos envolvendo a oxidação de proteínas tiveram início com pesquisas relacionadas às ciências da saúde, e com isso, se deu a descoberta de que as proteínas de carnes e produtos cárneos eram susceptíveis às reações oxidativas, o que promoveu o aumento do interesse em estudos relacionados aos efeitos da oxidação proteica na qualidade dos alimentos (LUND; HVIID; SKIBSTED, 2007).

A oxidação proteica é definida como um processo de reações em cadeia mediadas através de radicais livres, é um fenômeno complexo, onde a natureza dos produtos formados depende dos sistemas envolvidos, mediados por radicais livres e seu mecanismo de ação ocorre similarmente ao que ocorre na oxidação lipídica (DAVIES; DEAN, 2003; DAVIES, 2005).

Os fatores que influenciam a velocidade de oxidação das proteínas em carnes e produtos cárneos são a presença de lipídeos oxidados, metais de transição, como os íons ferro e cobre, pH, temperatura, luz, radiação, atividade de água, e composição de aminoácidos. Além de que a natureza dos produtos formados na oxidação proteica é altamente dependente dos aminoácidos envolvidos e de como se inicia o processo de oxidação. Ou seja, a oxidação direta

da cadeia lateral dos aminoácidos catalisada por íons metálicos tem sido considerada como a principal rota de formação de compostos carbonílicos em proteínas cárneas (ESTÉVEZ; MORCUENDE; VENTANAS, 2008; ESTÉVEZ; HEINONEN, 2010; ESTÉVEZ, 2011).

Os efeitos da oxidação proteica na qualidade da carne e de seus derivados têm sido relacionados com as modificações da funcionalidade e solubilidade das proteínas, relacionados aos aspectos de emulsificação e geleificação, e capacidade de retenção de água, o que acarreta condições nos rendimentos após a cocção da carne (ESTÉVEZ, 2011). Portanto, diversos estudos relacionados a oxidação proteica têm sido realizados, Silva *et al.* (2018) elaboraram charque de frango e armazenaram durante 120 dias sob temperatura ambiente investigando níveis de oxidação proteica. Santos *et al.* (2019) estudaram o efeito da condição de peito amadeirado sobre características de qualidade de rissóis de frango emulsionado tendo detectado níveis de oxidação proteica dura o armazenamento congelado de 90 dias.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

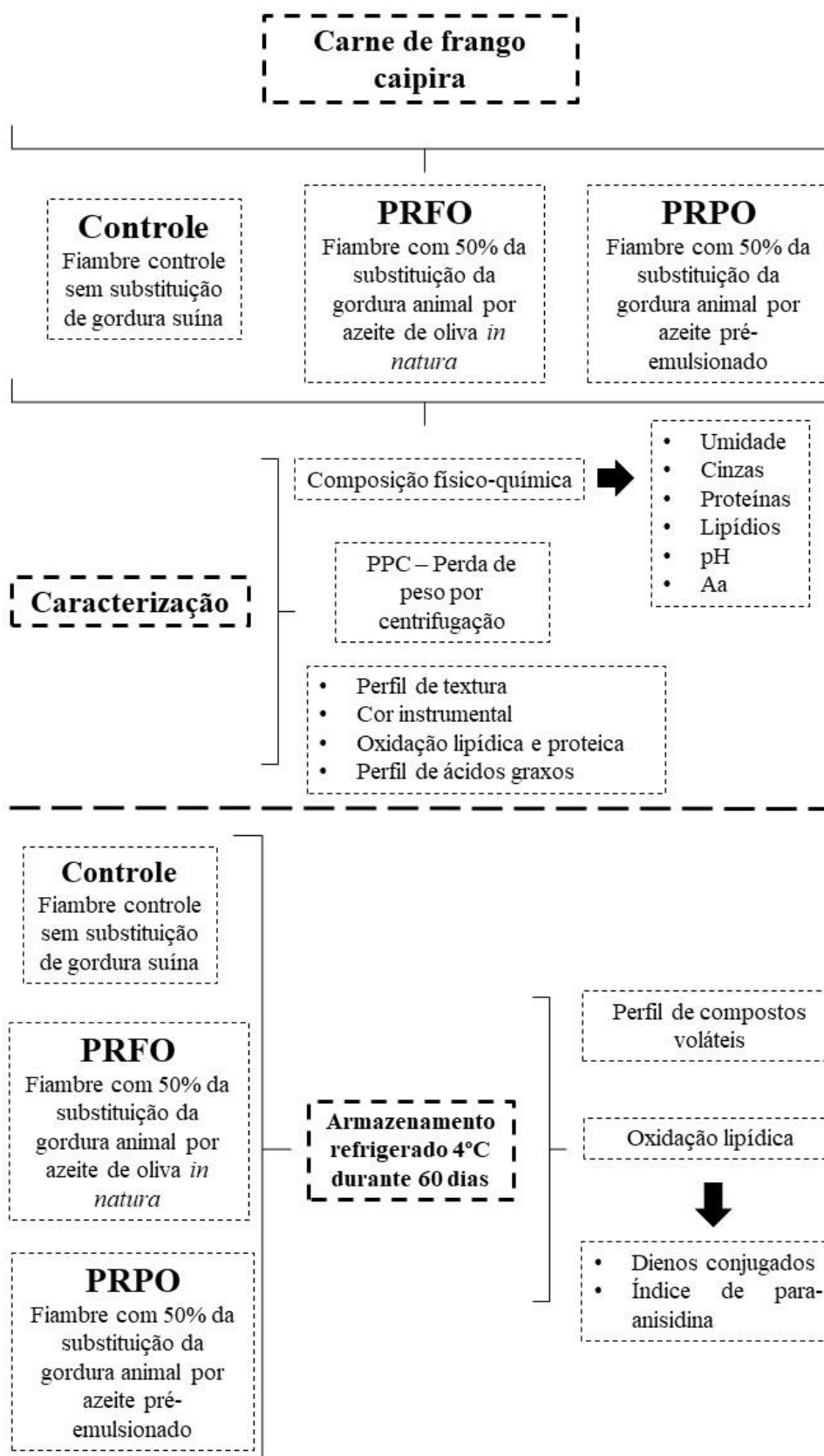
O presente estudo foi desenvolvido em duas etapas, conforme apresentado na Figura 3. Inicialmente, três formulações de fiambre de frango caipira com adição de azeite de oliva *in natura* ou pré-emulsionado com proteína isolada de soja em substituição ao toucinho foram elaboradas e caracterizadas quanto a composição química físico-química, perda de peso por centrifugação, perfil de textura, cor instrumental e perfil de ácidos graxos. Posteriormente, as amostras foram armazenadas sob refrigeração a 4 °C durante 60 dias e avaliadas no início e fim do armazenamento quanto as análises de perfil de compostos voláteis e oxidação lipídica.

3.2 OBTENÇÃO DA CARNE DE FRANGO CAIPIRA

Os cortes como peitos, coxas e sobrecoxas de frango caipira foram obtidos de aves da linhagem “Caipirão” abatidas com idade de 92 dias na Cooperativa Paraibana de Avicultura e Agricultura Familiar (COPAF), localizada na cidade de São Sebastião de Lagoa de Roça – PB. Os procedimentos realizados no abate das aves consistiram nas etapas de recepção, pendura, insensibilização (eletroanestesia), sangria, escaldagem, depenagem, cortes (separando o pé, a cabeça e o pescoço), evisceração, pré-resfriamento, gotejamento, embalagem e congelamento, como ilustrado na Figura 4.

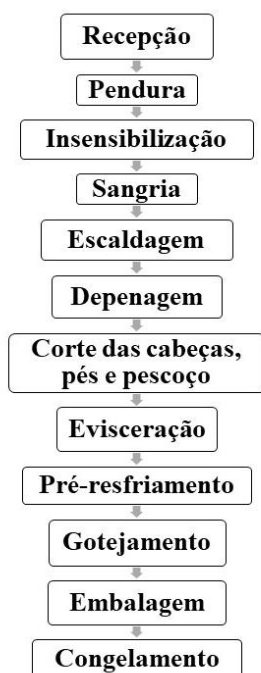
As carcaças congeladas dos frangos caipira foram transportadas em caixa isotérmica até o Laboratório de Apoio, do Centro de Tecnologia, da Universidade Federal da Paraíba – Campus I João Pessoa-PB, onde foram descongeladas a 4 °C durante 12 horas. Após descongelamento, foi realizada a separação dos peitos, coxas e sobrecoxas manualmente com o auxílio de facas (Figura 5). Além disso, procedeu-se com a remoção da pele e do excesso de gordura e pontos de hemorragia.

Figura 3 Delineamento experimental da pesquisa



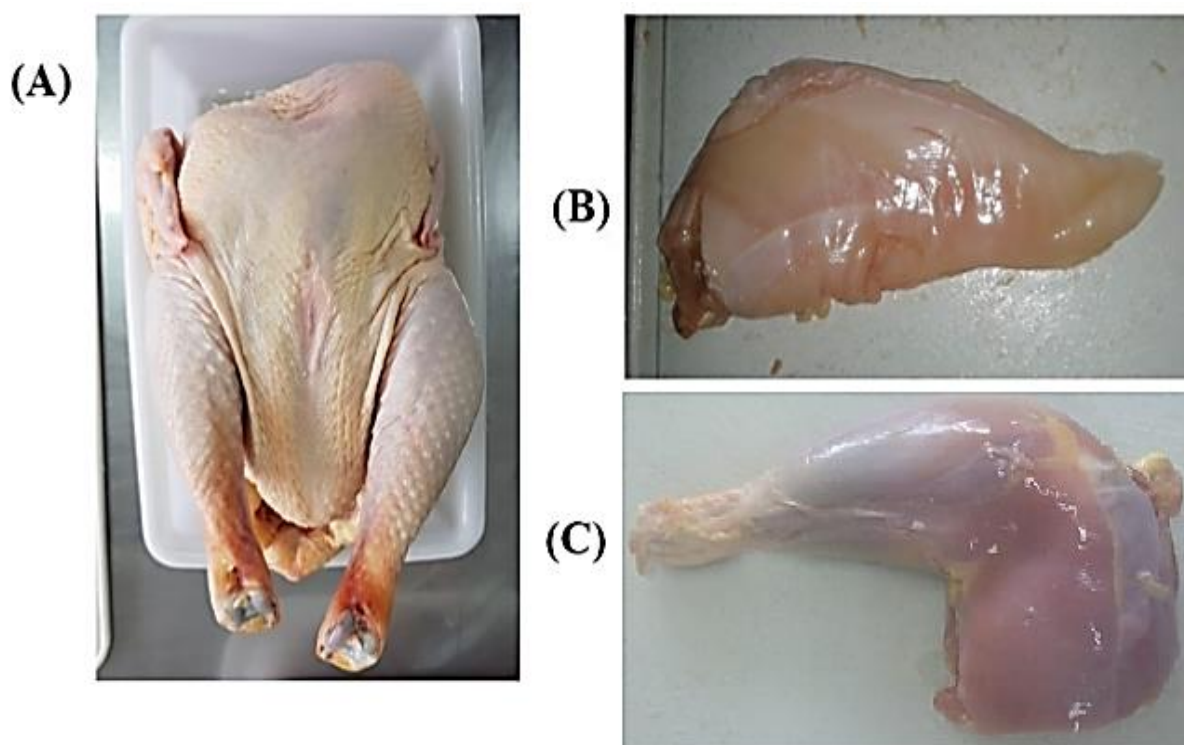
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Figura 4 Fluxograma de abate de frango caipira realizado pelo abatedouro



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Figura 5 Carcaça do frango caipira ao lado do peito, coxa e sobrecoxa sem pele



(A) Carcaça completa após descongelamento; (B) Peito após descongelamento (C) Coxa e sobrecoxa após descongelamento. Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

3.3 PREPARO DA EMULSÃO DE AZEITE DE OLIVA

A emulsão de azeite de oliva foi elaborada de acordo com a formulação proposta por Backes *et al.* (2017), descrita na Tabela 1. A emulsão foi preparada manualmente através da mistura de 4 partes de água mineral fria (4 °C) com 1 parte de proteína isolada de soja (Olivebra, Brasil). Em seguida, seis partes do azeite de oliva *in natura* extravirgem (Andorinha Portugal, Brasil) foram adicionados lentamente à mistura até a formação de uma emulsão homogênea (Figura 6).

Tabela 1 Formulação do azeite pré-emulsionado

Ingredientes	Proporção (4:1:6)	Quantidade (g)
Água (4°C)	4	21,82
Proteína isolada de soja	1	5,43
Azeite de oliva	6	32,73

Fonte: (BACKES *et al.*, 2017).

Figura 6 Azeite de oliva pré-emulsionado



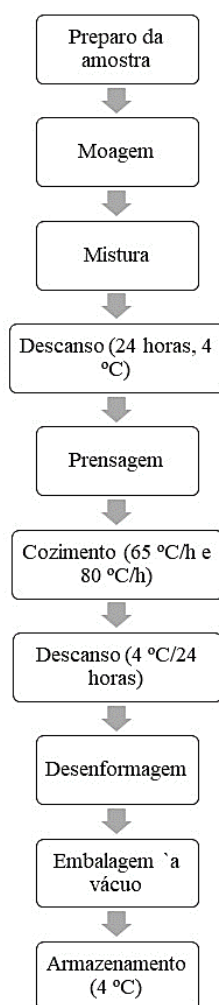
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

3.4 PROCESSAMENTO DO FIAMBRE DE FRANGO CAIPIRA

Após testes preliminares, três formulações de fiambre de frango caipira (Tabela 2) foram desenvolvidos, substituindo-se parcialmente o toucinho por azeite de oliva *in natura* ou pré-emulsionado com proteína isolada de soja.

Os fiambres de frango caipira foram elaborados conforme o fluxograma do processamento ilustrado na Figura 7, no Laboratório de Tecnologia de Carnes e Derivados, localizado no Centro de Tecnologia, da Universidade Federal da Paraíba, Campus I. Inicialmente, a carne de frango caipira (peito, coxa e sobrecoxa, 1:1:1) foi moída em disco de 5 mm e misturada com a fonte lipídica de acordo com as formulações descritas na Tabela 2.

Figura 7 Fluxograma do processamento dos fiambres de frango caipira



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Os condimentos e aditivos, com exceção do amido, foram previamente dissolvidos em água gelada para facilitar a mistura na massa cárnea. Após mistura e homogeneização, a massa foi mantida a 4 °C por 24 horas para promover a interação entre os componentes da massa. Depois da etapa de descanso, adicionou-se o amido à massa cárnea e colocou-se a mistura no molde/prensa forrada e recoberta com filme plástico próprio para o cozimento.

Tabela 2 Formulações dos fiambres de frango caipira adicionados de azeite pré-emulsionado

Ingredientes	Controle	PRFO	PRPO
Carne de frango caipira (%)	68	68	68
Água gelada (%)	25	25	25
Toucinho (%)	12	6	6
Azeite de oliva (%)	0	6	0
Azeite pré-emulsionado (%)	0	0	6
NaCl (g/kg)	15	15	15
Master FOS (tripolifosfato de sódio) (g/kg)	2,5	2,5	2,5
Sal de cura (g/kg)	0,75	0,75	0,75
Condimento (g/kg)	5	5	5
Amido (g/kg)	20	20	20

Fonte: Adaptado de Pardi *et al.* (2006).

Controle: Fiambre controle sem substituição de gordura suína. PRFO: Fiambre com 50% de azeite de oliva *in natura*. PRPO: Fiambre com 50% de azeite de oliva emulsionado com PIS. Sal de cura: Curamax-C. Condimento: Condimento Califórnia.

O cozimento foi realizado em banho-maria a 65 °C por 1 hora e da segunda hora em diante considerou-se o peso do produto (80 °C/hora/kg de fiambre), aumentando-se a temperatura de cozimento a 80 °C por 1 hora. Após a cocção, promoveu-se o choque térmico das amostras em água fria (15 °C) por 15 minutos, seguido de armazenamento a 4 °C por 24 h. Após este período, os fiambres foram desenformados (Figura 8) e divididos em quatro partes

iguais, sendo embalados a vácuo e armazenados a 4 °C para posteriores análises. Foram elaborados 3 fiambres de frango caipira para cada tratamento. Cada fiambre foi dividido em 4 partes, totalizando 36 unidades experimentais.

Figura 8 Fiambres de frango caipira



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

3.5 DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS

Os teores de umidade, cinzas e proteínas foram determinados utilizando-se a metodologia da AOAC (2012), descrita nos itens nº 950.46.41, 920.153 e 928.08, respectivamente. A gordura total foi quantificada utilizando-se mistura de clorofórmio e metanol (2:1) (FOLCH; LEES; STABLEY, 1957).

3.6 DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS

O pH foi determinado com o auxílio de pHmetro digital (Quimis Aparelhos Científicos Ltda., Modelo Q400 AS Diadema, SP, Brasil).

A atividade de água foi mensurada de acordo com o método 978.18 (AOAC, 2012), utilizando-se aparelho AQUALAB CX2 (Decagon Devices, USA).

A cor instrumental dos fiambres de frango caipira foi determinada utilizando-se colorímetro digital (Modelo CR-400, Minolta, Mahwah/New Jersey, USA) para leitura dos parâmetros L^* (luminosidade), a^* (intensidade de vermelho/verde) e b^* (intensidade de azul/amarelo) conforme especificações da Comissão Internationale de L'éclairage - CIE (2004). Previamente às leituras, o equipamento foi calibrado colocando o cabeçal do medidor na posição vertical sobre o centro da placa de calibração branca (Iluminante C: $Y = 92,84$ $X = 0,3136$, $y = 0,3201$). A diferença colorimétrica total (ΔE) entre as amostras foi calculada utilizando-se a Equação 1.

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (1)$$

A determinação do perfil de textura (TPA) foi realizada utilizando-se texturômetro TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, Reino Unido) equipado com probe cilíndrico de 5 cm de diâmetro. Aproximadamente dez amostras por tratamento foram obtidas a partir de um cortador cilíndrico (2,5 cm de diâmetro x 1,0 cm de altura). Os parâmetros avaliados foram dureza (N), mastigabilidade (N), elasticidade (adimensional), coesividade (adimensional) e a resiliência (adimensional), segundo metodologia proposta por Bourne (2002). Foram utilizadas as seguintes condições: probe SMSP/35, velocidade de pré-teste: 2,0 mm/s; velocidade de teste e pós-teste: 5,0 mm/s; distância de compressão: 4 mm; força de disparo: 5 g. Os dados de TPA foram analisados através do software Texture Expert for Windows 1.20 (Stable Micro Systems\TE32L\versão 6.1.4.0 Inglaterra).

A determinação da perda de peso por centrifugação - PPC foi feita de acordo com o protocolo estabelecido por Wang *et al.* (2019). A amostra (2 g) foi embalada em papel de filtro previamente seco em estufa a 105 °C e submetida à centrifugação (1500 x G) por 5 min a 4 °C com o auxílio de uma centrífuga refrigerada (NT 825, Novatecnica). Após a centrifugação, a amostra foi pesada e o cálculo das perdas por centrifugação foi realizado relacionando-se o peso inicial (P_i) e final (P_f) da amostra, utilizando a Equação 2.

$$\%PPC = ((P_i - P_f)/P_i) * 100 \quad (2)$$

O índice de peróxido foi determinado de acordo com método descrito por *Carvalho et al.* (2002). Uma alíquota de 15 mL do extrato lipídico obtido pelo método de Folch; Lees e Stanley (1957) foi homogeneizada com 22,5 mL de ácido acético PA (AnalaR NORMAPUR®) e 0,75 mL de solução saturada de iodeto de potássio. A mistura permaneceu em repouso durante 1 minuto em local escuro. Após este tempo, foram adicionados 22,5 mL de água destilada e 3 mL solução de amido 1%. O procedimento se encerrou com a titulação da mistura com solução de tiossulfato de sódio 0,01 N. O índice de peróxido foi expresso em mEqO₂/kg e calculado conforme a Eq. 3, onde “S” é o volume de tiossulfato gasto na titulação da amostra, “B” o volume gasto na titulação do branco, “N” a normalidade do tiossulfato, “f” o fator de correção do tiossulfato e “m” a massa da gordura presente na alíquota.

$$IA = \frac{((S-B)*N*f)}{m} * 100 \quad (3)$$

A determinação do valor de TBARS foi realizada conforme o método descrito por Rosmini *et al.* (1996) com adaptações. A amostra (2,5 g) foi misturada com 5 mL de ácido tricloroacético (TCA) 10% e 2,5 mL de água destilada em tubos tipo Falcon de 15 mL. Os tubos foram agitados durante 5 minutos para promover a extração das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS). Em seguida, os tubos foram centrifugados por mais 5 minutos a 3500 rpm e o sobrenadante foi filtrado e homogeneizado com 5 mL de ácido tiobarbitúrico (TBA) 0,02 M. A mistura foi aquecida em banho maria a 100 °C durante 35 minutos. Em seguida, os tubos foram resfriados e a absorbância da mistura foi lida a 532 nm contra um branco contendo 5 mL de TCA 10% e 5 mL de TBA 0,02 M. Uma curva padrão de 1,1,3,3-tetrametoxipropano (TMP) foi utilizada para quantificação do número de TBARS, variando-se a concentração de 0,2 a 2,6 µg/mL, onde o resultado foi expresso em mg de TBARS/kg de amostra.

A oxidação das proteínas foi avaliada a partir da quantificação de compostos carbonílicos totais das amostras após derivatização com 2,4 dinitrofenilhidrazina (DNPH) segundo a metodologia modificada de Oliver *et al.* (1987). Cerca de 1 g amostra foi homogeneizada com tampão Na₃PO₄ 20 mM (pH 6,5) e NaCl 0,6 M. Deste homogeneizado, uma alíquota de 150 µL foi utilizada para determinar a concentração de proteínas e o conteúdo de compostos carbonílicos totais. Para os dois casos, adicionou-se 1 mL de ácido tricloroacético (TCA) 10% e a mistura foi centrifugada a frio (4 °C) por 5 minutos a 5000 rpm para precipitação das proteínas. Para a determinação dos compostos carbonílicos, adicionou-se 1 mL de HCl 2M e DNPH 0,2%, enquanto para a determinação das proteínas foi adicionado 1 mL apenas de HCl

2 M. Em seguida, manteve-se tanto os compostos carbonílicos quanto as proteínas em repouso durante 1 hora, a temperatura ambiente. Após este período, as proteínas foram precipitadas novamente com 1 mL de TCA 10% e centrifugadas a 10000 rpm por 10 min. A mistura foi lavada duas vezes com solução de etanol/acetato de etila (1:1 v/v) seguidas de centrifugações a 10000 rpm por 5 min após cada lavagem. As proteínas precipitadas foram dissolvidas em 1,5 mL de tampão Na_3PO_4 20 mM (pH 6,5) e cloridrato de guanidina 6 M. A concentração de proteínas das amostras foi calculada a partir da leitura das absorbâncias a 280 nm com auxílio de uma curva padrão de albumina. A quantidade de compostos carbonílicos foi expressa em nanomoles de carbonílicos por mg de proteína, usando um coeficiente de extinção molar de hidrazonas ($21,0 \text{ nM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) com leituras da absorbância a 370 nm.

3.7 PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS

A obtenção dos ésteres de ácidos graxos dos tratamentos dos fiambres e do azeite de oliva *in natura* foi realizada de acordo com o método descrito por Hartman e Lago (1973), a partir da retirada de uma alíquota dos extratos lipídicos cuja concentração foi equivalente a 0,5 g/mL de gordura obtidos pela metodologia de Folch; Less e Stanley (1957). A identificação e quantificação dos ésteres de ácidos graxos foram realizadas utilizando-se cromatógrafo a gás (VARIAN 430 - GC, California, USA) acoplado com detector de ionização de chama (DIC), coluna capilar de sílica fundida (SPTM – 2560, Supelco, Bellafonte, EUA) com dimensões de 100 m x 0,25 mm e 0,20 μm de espessura do filme. Como gás de arraste, utilizou-se o hélio com vazão de 1 mL min^{-1} . Foram utilizadas as seguintes condições: temperatura do injetor: 240 °C; temperatura inicial do forno: 100 °C, aumentando-se $2,5 \text{ }^\circ\text{C min}^{-1}$ até atingir 245 °C, permanecendo-se por 30 minutos, com um tempo total de corrida de 88 minutos; temperatura do detector 250 °C. Fluxo dos gases auxiliares: hélio 25 mL min^{-1} , hidrogênio 30 mL min^{-1} , ar sintético 300 mL min^{-1} . Alíquotas de $1,0 \mu\text{L}$ do extrato esterificado foram injetadas em injetor tipo Split/Splitless (Split 1:100). Os cromatogramas foram registrados em software tipo Galaxie Chromatography Data System. Para identificação dos ácidos graxos, os tempos de retenção dos ésteres metílicos foram comparados com padrões Supelco ME19 - Kit (Fatty Acid Methyl Esters C6 - C24). Os dados foram expressos em percentual (%) de área. Os índices de aterogenicidade (IA) e trombogenicidade (IT) foram calculados conforme descrito por Ulbricht e Southgate (1991), através da Equação 4 e 5, respectivamente, e o índice de peroxidabilidade foi calculado de acordo com Natalello *et al.* (2019), através da Equação 6.

$$IA = \frac{C12:0 + (C14:0 \times 4) + C16:0}{\Sigma MUFA + \Sigma n6 + \Sigma n3} \quad (4)$$

$$IT = \frac{C14:0 + C16:0 + C18:0}{(0,5 \times \Sigma MUFA) + (0,5 \times \Sigma n6) + (3 \times \Sigma n3) + \left(\frac{\Sigma n3}{\Sigma n6}\right)} \quad (5)$$

$$IP = \left((\Sigma \text{dienoico} \times 1) + (\Sigma \text{trienoico} \times 2) + (\Sigma \text{tetraenóico} \times 3) + (\Sigma \text{pentaenóico} \times 4) + (\Sigma \text{hexaenóico} \times 5) \right) \quad (6)$$

3.8 ESTABILIDADE OXIDATIVA

3.8.1 Dienos conjugados

A determinação de dienos conjugados foram determinadas conforme método adaptado da IUPAC (1992). Alíquotas das frações lipídicas obtidas pelo método de Folch; Lees e Stanley (1957) equivalentes a 0,5 g de gordura passaram por evaporação do clorofórmio utilizando-se gás nitrogênio e em seguida foram diluídas em 50 mL de n-hexano puro. Em seguida, transferiu-se as amostras para as cubetas de quartzo e realizou-se leitura a 234 nm em espectrofotômetro UV-VIS, utilizando o n-hexano como branco.

3.8.2 Índice de para-anisidina

O índice de para-anisidina foi determinado conforme método adaptado da IUPAC (1987). Alíquotas das frações lipídicas obtidas pelo método de Folch; Lees e Stanley (1957) equivalentes a 0,5 g de gordura passaram por evaporação do clorofórmio utilizando-se gás nitrogênio e em seguida foram diluídas em 25 mL de n-hexano puro. A primeira absorbância (A1) foi verificada a 350 nm através de espectrofotômetro UV-VIS, utilizando o n-hexano como branco. Após a leitura, foi adicionado 1 mL de para-anisidina (2,5 mg. mL⁻¹) à 5 mL da mistura (amostra + n-hexano), seguida de homogeneização e repouso em local escuro durante 10

minutos. Em seguida, foi realizada uma segunda leitura de absorbância (A2) a 350 nm, utilizando a mistura n-hexano + para-anisidina como branco.

3.8.3 Perfil de Compostos voláteis

A extração dos voláteis foi realizada através da técnica de microextração em fase sólida (SPME) com dispositivo SPME (Supelco). A fibra utilizada foi 65 μm Polidimetilsiloxano/Divinilbenzeno (PDMS/DVB), ativada de acordo com as condições do fabricante (250 °C/30 minutos). Cerca de 2 g da amostra de fiambre de frango caipira foi colocada em frasco de vidro de 20 mL hermeticamente fechado com tampa rosqueável, contendo septo revestido de teflon. Após atingir o equilíbrio (60 °C/5 minutos), a fibra foi exposta ao *headspace* por 60 minutos para extração. Após este tempo, o dispositivo SPME foi movido do frasco da amostra e inserido diretamente na porta de injeção do espectrômetro de massas (Agilent Technologies 5977B, Little Falls, DE, USA) acoplado a um cromatógrafo gasoso 7890B, responsáveis por separar e identificar os voláteis coletados pela SPME. Foram utilizadas as seguintes condições: temperatura inicial do forno 40 °C/ 2 minutos, aumentando-se 4 °C min⁻¹ até atingir 280 °C, permanecendo por 10 minutos, totalizando 72 minutos de corrida. A temperatura do injetor foi fixada em 250 °C. O hélio foi usado como gás de arraste na vazão de 1,2 mL/minuto no sistema de injeção *splitless*. A temperatura da linha de transferência foi de 250 °C. O espectrômetro de massas foi operado no modo impacto de elétrons (70 eV) e a faixa de “scanning” de massa foi de 35 a 350 u.m.a a 3,33 scans/s. A identificação dos compostos foi realizada pela análise dos padrões de fragmentação exibidos nos espectros de massas, tendo sido confirmada por comparação dos seus espectros de massas com aqueles presentes na base de dados fornecida pelo equipamento NIST (National Institute of Standards & Technology, E.U.A), bem como através dos seus índices de retenção linear com os de compostos conhecidos. Os resultados foram expressos em percentual (%) de área.

3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados dos dados foram analisados estatisticamente utilizando-se o software IBM SPSS Statistics 23. Para avaliar o efeito da formulação na composição centesimal

aproximada dos fiambres de frango caipira foi realizado a Análise de Variância (ANOVA) unidirecional. A avaliação da influência da substituição parcial da gordura animal na formulação dos fiambres de frango caipira em função do tempo no armazenamento foi realizada utilizando-se ANOVA bidirecional por meio de modelo linear geral, onde o tipo de formulação e o tempo de armazenamento foram os fatores fixos. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey considerando um nível de significância de 5%.

REFERÊNCIAS

ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal. **Estatística/Desempenho da produção de aves e suínos**. 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas>>. Acesso em: 16 ago. 2018.

ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal. **Estatística/Desempenho da produção de aves e suínos**. 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas>>. Acesso em: 16 ago. 2020.

ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal. **Estatística/Desempenho da produção de aves e suínos**. 2020. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas>>. Acesso em: 30 out. 2020.

ÁLVAREZ, D.; BARBUT, S. Effect of inulin, β -glucan and their mixtures on emulsion stability, color and textural parameters of cooked meat batters. **Meat Science**, Barking, v. 94, n. 3, p. 320-327, 2013.

ANDRADE, L.H. (João Pessoa). Portal Correio (Ed.). **Avicultores multiplicam renda com apoio de cooperativa**. 2018. Disponível em: <<https://portalcorreio.com.br/avicultores-multiplicam-renda-com-apoio-de-cooperativa/>>. Acesso em: 17 fev. 2018.

ANDREO, D; JORGE, N. Antioxidantes naturais: técnicas de extração. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos (CEPPA)**, v. 24, n.2, p. 425-446, 2006.

ANSORENA, D.; ASTIASARÁN, I. Effect of storage and packaging on fatty acid composition and oxidation in dry fermented sausages made with added olive oil and antioxidants. **Meat Science**, v.67, n.2, p.237–244, 2004.

ANSORENA, D.; ASTIASARAN, L. The use of linsed oil improves nutritional quality of the lipid fraction of dry fermented sausage. **Food Chemistry**, v.87, nº 1, p. 69-74, Aug. 2004.

AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL. 18th ed. Gaithersburg, MD, USA, 2012.

ARAÚJO, J. M. A. **Química dos alimentos: teoria e prática**. 3ª ed. Viçosa: Empresa Universitária, Universidade Federal de Viçosa, 2006. 478 p.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos**. 2. ed. Viçosa: Editora da UFV, 1999.

ARIHARA, K. Strategies for designing novel functional meat products. **Meat Science**, barking, v.74, nº1, p219-229, Sept. 2006.

BACKES, A. M. *et al.* Chemical composition, microbiological properties, and fatty acid profile of Italian-type salami with pork backfat substituted by emulsified canola oil. **Ciência Rural**, [s.l.], v. 47, n. 8, p.1-7, 2017. FapUNIFESP (SciELO).

BACKES, Â. M. **Desenvolvimento de produto cárneo fermentado adicionado de óleo de canola**. 2011. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 20, DE 31 DE JULHO DE 2000**. Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Almôndega, de Apresuntado, de Fiambre, de Hamburger, de Kibe, de Presunto Cozido e de Presunto, 2000. Disponível em: http://www.cfmv.org.br/portal/legislacao/outras_normas/instrucao_normativa_020_MAA.htm. Acesso em 12/10/2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 270, de 20 de setembro de 2005**. Aprova o Regulamento Técnico para Óleos Vegetais, Gorduras Vegetais e Creme Vegetal. Diário Oficial da União. Brasília, 23 de setembro de 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasil Projeções do agronegócio 2011/12 a 2021/22. **Diário Oficial da União**. Brasília, 2011.

BOURNE, M. C. **Food texture and viscosity: Concept and Measurement**. 2ª ed. Academic Press, Geneva, 2002.

CÂMARA, A. K. F. I.; POLLONIO, M. A. R. (2015). Reducing animal fat in Bologna sausage using pre-emulsified linseed oil: Technological and sensory properties. **Journal of Food Quality**, 38, 3, 201-212.

CARVALHO, H. H. et al. **Alimentos: métodos físicos e químicos de análise**. Porto Alegre: Ed. Universidade. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2002, 180 p.

CHO, D. *et al.* Antioxidant effect and functional properties of hydrolysates derived from egg-white protein. Korean. **Journal of Food Science and Animal Resources**, 34, 362–371, 2014.

COQUEIRO, E. P. **Fatores que afetam a composição das sementes da soja (Glycine Max (L) Merrill)**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1972. 16 p.

CORREIA, E. F. **Alternativas para a substituição de sódio na elaboração de produtos cárneos e derivados**. 2019. Trabalho de conclusão de curso II. Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2019.

DA SILVA, E. P. *et al.* Efeito da idade sobre as perdas endógenas e metabólicas de frangos de corte industrial e caipira. **Ciência Animal Brasileira**, v. 12, n. 1, p. 37-47, 2011.

DAVIES, M.J. The oxidative environment and protein damage. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.1703, p.93-109, 2005.

DAVIES, M.J.; DEAN, R.T. **Radical-mediated protein oxidation**. Oxford: Oxford Science Publications, 2003.

DEL-RE, P. V; JORGE, N. Especiarias como antioxidantes naturais: aplicações em alimentos e implicação na saúde. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, n. 2, p. 389-399, 2012.

EMBRAPA. **Agricultura Familiar: Galinha caipira**. 2003. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/AgriculturaFamiliar/RegiaoMeioNorteBrasil/GalinhaCaipira/index.htm>>. Acesso em: 16 ago. 2018.

EMBUSCADO, M. E. Spices and herbs: natural sources of antioxidants. **Journal of functional foods**, v. 18, p. 811-819, 2015

ESTÉVEZ, M. Protein carbonyls in meat systems: A review. **Meat Science**, v.89, p.259-279, 2011.

ESTÉVEZ, M.; HEINONEN, M. Effect of phenolic compounds on the formation of α -amino adipic and γ -glutamic semialdehydes from myofibrillar proteins oxidized by copper, iron, and myoglobin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.58, p.4448-4455, 2010.

ESTÉVEZ, M.; MORCUENDE, D.; VENTANAS, S. Determination of Oxidation. In: **Handbook of Processed Meats and Poultry Analysis**. [s.l: s.n.]. p. 141–163, 2008.

ESTÉVEZ, M.; MORCUENDE, D.; VENTANAS, S.; CAVA, R. Analysis of volatiles in meat from Iberian pigs and lean pigs after refrigeration and cooking by using SPME-GC-MS. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, n.11, p.3429-3435, 2003.

FAYAD, S. J. **OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MICRO E NANOPARTÍCULAS A BASE DE PROTEÍNA ISOLADA DE SOJA**. 2010. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

FERNÁNDEZ-GINÉS, J.M. *et al.* Meat products as functional foods: A Review. **Journal of Food Science**, v.70, n.2, p.37-43, 2005.

FOLCH, J.; LEES, M.; SLOANE STANLEY, G.H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **Journal of Biological Chemistry**, v. 226, n.1, p. 497-509, 1957.

HARTMAN, L.; LAGO, B.C. Rapid preparation of fatty methyl esters from lipids, **Laboratory Practice**, v. 22, p. 475-477, 1973.

HUKERDI, Y. J. *et al.* Effects of dietary olive leaves on performance, carcass traits, meat stability and antioxidant status of fattening Mahabad male kids. **Meat Science**. 153, 2-8, 2019.

IUPAC. **Determination of the p-anisidine value (P-Av) standard Methods for the analysis of oils, fats and derivatives**. Oxford, UK: Blackwell Scientific Publications, 1987.

IUPAC. **Evidence of purity and deterioration from ultraviolet spectrophotometry standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives (7th ed.)**. Oxford, UK: Pergamon Press, 1992.

JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Healthier lipid formulation approaches in meat-based functional foods. Technological options for replacement of meat fats by non-meat fats. **Trends Food Science Technology**, v.18, n.11, p.567-578, 2007.

LUND, M.N.; HVIID, M.S.; SKIBSTED, L.H. The combined effect of antioxidants and modified atmosphere packaging on protein and lipid oxidation in beef patties during chill storage. **Meat Science**, v.76, p.226-233, 2007.

MARTINS, C. L. *et al.* Desempenho de frangos de corte submetidos a diferentes sistemas de trocas de ar. **Caderno de resumos do Salão de Pesquisa e Iniciação Científica do CEULS ULBRA Santarém: Caminhos para a pesquisa no Ensino Superior**, 16, 152-155, 2016.

MENEGAS, L. Z. *et al.* chicken sausage produced with inulin and corn oil: Physicochemical, microbiological, and textural characteristics and acceptability during storage. **Meat Science**, v. 93, p. 501-506. 2013.

MIN, B.; AHN, D.U. Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products – a review. **Food Science and Biotechnology**, v.14, p.152-163, 2005.

MURAKAMI, K. T. T. **Óleo de linhaça como principal fonte lipídica na dieta de frangos de corte**. Araçatuba, 2009.

NASSU, R. T. **Fabricação de produtos cárneos**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tecnologia_de_alimentos/arvore/CONT000gc8yujq202wx5ok01dx9lc5at4f5k.html>. Acesso em: 12 out. 2018.

NAZARENO, A. C. *et al.* Avaliação do conforto térmico e desempenho de frangos de corte sob regime de criação diferenciado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n.6, p. 802-08, 2009.

NATALELLO, A. *et al.* Effect of feeding pomegranate by-product on fatty acid composition of ruminal digesta, liver and muscle in lambs. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 67, 4472-4482, 2019.

NETO, J. T. S.; VANDESMET, L. C. S. A importância da proteína no exercício físico: uma revisão literária. Encontro de Extensão, Docência e Iniciação Científica (EEDIC), 12, 2016, Quixadá. Anais. Quixadá: **Centro Universitário Católica de Quixadá**, 2016

NOVELLO, D.; POLLONIO, M. A. R. Tendências na reformulação de produtos cárneos. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 13, n. 2, p.689-702, dez. 2015.

OCANHA, P. T. **Desenvolvimento de azeite de oliva aromatizado com tomilho liofilizado**. Mestrado em Nutrição, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2018.

OLIVEIRA, D. F. *et al.* Alternativas para um produto cárneo mais saudável: uma revisão. **Brazilian Journal Of Food Technology**, [s.l.], v. 16, n. 3, p.163-174, set. 2013. FapUNIFESP (SciELO).

OLIVEIRA, G. R. **Adição de extratos e óleos vegetais na alimentação de podeiras: oxidação lipídica e qualidade física de ovos armazenados em diferentes temperaturas.** 2014, 151 p. Tese (Mestrado) – Universidade de Brasília, Mestrado em ciências animais, Brasília, 2014.

OLIVER, C. N. et al. Age-related changes in oxidized proteins. **Journal of Biological Chemistry**, v. 262, n. 12, p. 5488-5491, 1987.

PARDI, M.C. *et al.* **Ciência, higiene e tecnologia da carne.** 2. ed. rev. e ampl. Goiânia: UFG, 2006.

PARISE, A. (Planaltina). Canal Rural (Ed.). **Demanda por galinha caipira cresce e produção deve aumentar 100% até 2016.** 2014. Disponível em: <<http://www.canalrural.com.br/noticias/pecuaria/demanda-por-galinha-caipira-cresce-producao-deve-aumentar-100-ate-2016-8165>>. Acesso em: 17 fev. 2018.

ROCHA G. C. E. et al. Preservation of Spent Leghorn Hen meat by a drying and salting Process. **Journal of Applied Poultry Research**, v.12, n.3, p.335-340, 2003.

ROSMINI, M. R. et al. TBA test by na extractive method applied to ‘paté’. **Meat Science**, v.42, n.1, p.103-110, 1996.

SANTOS, M. M. F. *et al.* Effect of wooden breast condition on quality traits of emulsified chicken patties during frozen storage. **Journal Of Food Science And Technology**, [s.l.], v. 56, n. 9, p. 4158-4165, 24 jun. 2019.

SANTOS FILHO, J. I. *et al.* **Árvore do conhecimento: Frango de Corte.** 2018. Disponível em:<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/frango_de_corte/arvore/CONT000fy1j9mk002wx5ok0pvo4k3z9kscuy.html>. Acesso em: 16 ago. 2018.

SILVA, F. A .P. *et al.* Protein and lipid oxidations in jerky chicken and consequences on sensory quality. **Lwt**, [S.L.], v. 97, p. 341-348, nov. 2018.

SILVAGNI, A. Thermo-induced lipid oxidation on a culinary oil: the effect of materials used in common food processing on the evolution of oxidized species. **Food chemistry**, v. 133, p. 754 – 759, 2012.

SILVESTRE, F. **Nova lei regula a produção de frangos e galinhas caipiras no Brasil.** 2015. Disponível em: <<http://www.korin.com.br/blog/nova-lei-regula-a-producao-de-frangos-e-galinhas-caipiras/>>. Acesso em: 16 ago. 2018.

SOUZA, A.R.M.; ARTHUR, V.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Efeito da radiação gama e do armazenamento na oxidação lipídica e no colesterol de carne de cordeiros da raça Santa Inês. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, p.67-71, 2007.

SOUZA, N. E. *et al.* **Sistema de produção de aves caipira**. 2010. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/AgriculturaFamiliar/RegiaoMeioNorteBrasil/GalinhaCaipira/index.htm>. Acesso em 20 de fev. 2020.

SOUTO., V. O. et al. EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO DA GORDURA ANIMAL SOBRE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE HAMBÚRGUERES DE FRANGO. **IV Encontro Nacional da Agroindústria**, [s.l.], p. 1-9, 2018.

TALUKDER, S. Effect of dietary fiber on properties and acceptance of meat products: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v. 55, n. 7, p. 1005-1011, 2015. PMID:24915339. <http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2012.682230>.

TOMM, G. O. Canola: planta que traz muitos benefícios a saúde humana e cresce em importância no Brasil e no mundo. **A lavoura**. P. 46-47, 2007.

TREVISAN, Y. C. *et al.* Efeito da adição de fibra de aveia sobre as propriedades físico-químicas de hambúrguer cozido e congelado com redução de gordura e sal. **Brazilian Journal Of Food Technology**, [s.l.], v. 19, p.1-8, 2016.

ULBRICHT, T. L. V., & SOUTHGATE, D. A. T. Coronary heart disease: seven dietary factors. **The Lancet**, 338, 985–992, 1991

VEIGA, F.C.; KOBORI, C.N.; CÂMARA, A.K.F.I.. ACEITAÇÃO SENSORIAL E CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE MORTADELA DE FRANGO ADICIONADA DE AZEITE DE OLIVA. In: ANAIS DO SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS, 2015, . **Anais eletrônicos...** Campinas, Galoá, 2015. Disponível em: <<https://proceedings.science/slaca/slaca-2015/papers/aceitacao-sensorial-e-caracteristicas-fisico-quimicas-de-mortadela-de-frango-adicionada-de-azeite-de-oliva>>. Acesso em: 31 out. 2020.

WANG, C.; WANG, H.; LI, X.; ZHANG, C. Effects of oxygen concentration in modified atmosphere packaging on water holding capacity of pork steaks. **Meat Science**, v.148, p.189-197, 2019.

YUNES, J. F. F. **avaliação dos efeitos da adição de óleos vegetais como substituto de gordura animal em mortadela**. 2010. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

4 RESULTADOS

Em atendimento às normas estabelecidas pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba (Norma Complementar nº 03/2011), os resultados obtidos nos experimentos foram apresentados na forma de artigo.

ARTIGO: Olive oil-in-water emulsion as a source of desirable fatty acids in free-range “Caipira” chicken ham

**Title: Olive oil-in-water emulsion as a source of desirable fatty acids in free-range
“Caipira” chicken ham**

Valter Oliveira de Souto¹; Miriane Moreira Fernandes Santos¹; Darlinne Amanda Soares de Lima¹; Gabrielle Ingrid Bizerra Florentino¹; Mércia de Sousa Galvão¹; Taliana Kênia Alencar Bezerra¹; Marta Suely Madruga¹; Fábio Anderson Pereira da Silva^{1*}

¹Post-Graduate Program in Food Science and Technology, Technology Center, Federal University of Paraíba, Jardim Cidade Universitaria, 58900-000, Joao Pessoa, Paraíba, Brazil.

*Corresponding author: fabio@ct.ufpb.br

Abstract: The aim of this study was to evaluate the effect of partially replacing pork backfat with fresh or pre-emulsified olive oil on the technological and nutritional quality characteristics of free-range chicken ham. Three formulations were studied: normal free-range chicken ham (control), free-range chicken ham with a partial replacement of the animal fat with fresh olive oil (PRFO), and free-range chicken ham with a partial replacement of the animal fat with pre-emulsified olive oil (PRPO). Samples were evaluated for their chemical and physical properties, fatty acid profiles, and oxidative stability. All the samples showed lipid and protein contents within the limits established by Brazilian legislation. The addition of fresh and pre-emulsified olive oil as a fat replacer in free-range chicken ham increased the proportions of mono and polyunsaturated fatty acids and decreased the percentage of saturated fatty acids. The atherogenicity and thrombogenicity indexes were lower in formulations with fresh and pre-emulsified olive oil, respectively. All evaluated samples showed good oxidative stability over the storage time. We concluded that the products developed exhibit potential to be used as healthy meat products by the food industry and become suitable options to diversify the production of free-range chicken meat.

Keywords: cooked ham, pre-emulsified vegetable oil, free-range chicken, quality characteristics, fatty acid profile.

1 Introduction

The production of free-range poultry, also called “Caipira”, is expanding in several countries including Brazil, since the consumers have been very concerned with the welfare of animals (VANHONACKER; TUYTTENS; VERBEKE, 2016). The alternative farming system can influence the chicken meat quality because the animals live free and have access to the fresh and diverse plant source (STADIG *et al.*, 2016). Free-range chicken meat has a high content of protein, minerals, lipids, and vitamins, and the development of meat products derived from free-range chicken becomes an alternative to add value to this raw material (CASTELLINI; MUGNAI; DAL BOSCO, 2002).

Considering the growing demand for healthy foodstuffs, the industrial sector has directed efforts to modify traditional products sold in the market. Meat derivatives, for example, have a high concentration of saturated fat, which has been associated with cardiovascular diseases (TREVISAN *et al.*, 2016). The development of meat products with reduced levels of fat is a challenge, considering that this ingredient plays an important role in the development of the sensory and technological properties of the final product (NOVELLO; POLLONIO, 2015).

The main strategies for modifying the lipid profile of meat and meat products are based on changes in the animal's diet or in the formulation of products. The incorporation of vegetable oils as an animal fat replacer in meat products has been a positive practice in the meat industry since vegetable oil can improve the lipid composition of meat products, increasing the concentration of desirable fatty acids, which promotes improvement of the nutritional properties of the developed product (CARDONA *et al.*, 2020). However, the addition of vegetable oils directly in the formulation of meat derivatives can cause problems in the quality of the final product, negatively affecting the sensory characteristics 57 in terms of juiciness, texture, and flavor (BACKES *et al.*, 2017).

Oil-in-water (O/W) emulsion technology has been identified as an advantageous technique capable of mitigating the negative effects of directly incorporating vegetable oil into a meat mass, improving the lipid and overall product stability during processing, storage and consumption (KIM *et al.*, 2020). Pre-emulsification of vegetable oil occurs through the action of emulsifying agents, such as polysaccharides, alginates, sodium caseinates, or isolated proteins from whey and soy. Extra virgin olive oil is one of the most commonly used lipid sources in the emulsification process for application in meat products due to its high monounsaturated fatty acid content, low polyunsaturated fatty acid content and high antioxidant capacity (GAFORIO *et al.*, 2019).

To our knowledge, no study has focused on the reformulation of free-range chicken ham by partially replacing the animal fat with pre-emulsified olive oil. The aim of this work was to examine the viability of pre-emulsified olive oil as a substitute for animal fat in free-range chicken ham, measuring the impact of this reformulation on the nutritional and technological properties of the final product.

2 Material and Methods

2.1 Material

Frozen free-range chicken carcasses of “Caipirão” lineage slaughtered at 92 days used in this experiment were provided by Aviculture and Family Farming Cooperative (COPAF) located at Paraiba, Brazil. Boneless and skinless breast and thigh meat from the free-range chicken carcasses were used in ham formulation. Commercial extra virgin olive oil and soy protein isolate were purchased from Andorinha (Portugal) and Olvebra (Brazil), respectively.

2.2 Oil-in-water emulsion preparation and free-range chicken ham processing

The olive oil-in-water emulsion was prepared according to the Backes *et al.* (2017) procedure. Four parts of cold water (4 °C) were homogenized with one part of the soy protein isolate. Then, six parts of extra virgin olive oil were added slowly with stirring to the mixture until the emulsion formation.

After preliminary tests, three formulations of free-range chicken ham were processed (Table 1): normal free-range chicken ham with pork backfat (Control), free-range chicken ham with partial replacement of pork backfat by fresh olive oil (PRFO), and free-range chicken ham with partial replacement of pork backfat by pre-emulsified olive oil (PRPO).

Free-range chicken meat (breast and thigh) was ground in an industrial grinder (5 mm disc) and mixed with the pork backfat, fresh olive oil or pre-emulsified olive oil (Table 1). The ingredients and additives, except starch, were previously dissolved in cold water and homogenized with the meat batter at a temperature below 10 °C. After storage for 24 h at 7 °C, the meat batter was then mixed with the starch, packed into a cooking bag and cooked in ham moulds up to a core temperature of 72 °C (65 °C for 1 h and 80 °C for 30 min), followed by chilling in cold water (15 °C for 15 min). After 24 h of cold (4 °C) storage, the cooked hams (12 samples per treatment) were unmoulded, vacuum packed and stored at 4 °C for further analysis.

2.3 Proximate composition

Moisture (950.46.41), ash (920.153) and protein (928.08) content were measured according to AOAC (2012) methods. Total lipid percentage was determined following the procedures described by Folch; Lee e Stanley. (1957).

2.4 Physical and physicochemical measurements

The pH values of the samples were measured using a digital pH meter (Quimis, Q400 AS, São Paulo, Brazil) according to AOAC (2005). The water activity (A_w) was quantified following the method 978.18 (AOAC, 2012), using an Aqualab CX2 (Decagon Devices, USA) water activity meter.

The instrumental color (L^* , a^* , b^* and hue angle) was determined at five different points on the surface of each sample using a digital colorimeter (Konica Minolta, CR-400, New Jersey, USA) equipped with a C illuminant, 8 mm aperture size and 10 ° standard observer. Color measurement was performed after calibration with a white tile background ($Y = 92.84$, $X = 0.3136$ and $y = 0.3201$). The total colorimetric difference (ΔE) among samples was calculated using the equation $\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$.

Texture profile analysis (TPA) was done using a TA-XT2i texture analyzer (Stable Micro Systems, Surrey, United Kingdom) equipped with a 5 cm cylindrical probe. Ten cylindrical samples (2.5 diameter x height of 1.0 cm) were cut from random parts of each treatment using a cylindrical cutter. Hardness (N), gumminess (N), chewiness (N), cohesiveness and resilience were measured according to Bourne (2002).

The percentage of centrifugation loss was measured as the weight loss after centrifugation at 1500 x G for 5 min at 4 °C (Wang *et al.*, 2018).

The peroxide index was determined according to the method described by Carvalho *et al.* (2002). A 15 mL aliquot of the lipid extract obtained by the Folch method; Lees and Stanley (1957).

The TBARS value was determined according to the method described by Rosmini *et al.* (1996) with adaptations.

Protein oxidation was evaluated by quantifying the total carbonyl compounds of the samples after derivatization with 2,4 dinitrophenylhydrazine (DNPH) according to the modified methodology by Oliver et al. (1987).

2.5 Fatty acid profile

The fatty acid methyl esters (FAMES) were obtained following the method proposed by Hartman; Lago (1973). The FAMES were separated, identified and quantified in a gas chromatograph (Varian 430, California, USA) equipped with a flame ionization detector, and a SPTM-2560 capillarity column (100 m x 0.25 mm and 0.20 μm film thickness, Supelco, Bellafonte, USA). Helium was used as the carrier gas (1 mL.min⁻¹). Helium (25 mL.min⁻¹), hydrogen (30 mL.min⁻¹) and synthetic air (300 mL.min⁻¹) were used as auxiliary gases. The temperature of the a split:splitless injector and the detector was held at 240 °C and 250 °C, respectively. The initial oven temperature was maintained at 100 °C, and then raised 2.5 °C.min⁻¹ up to 245 °C, remaining for 30 min. The injection volume was 1.0 μL (split 1:100). Peaks were identified by comparing the retention times of the methyl esters with ME19 FAME standards (Supelco, C6-C24). Results were expressed as relative percentages of the identified fatty acids. The atherogenicity (AI) and thrombogenicity (TI) indexes were calculated according to Ulbricht and Southgate (1991), and peroxidability index (PI) was determined according to Natalello *et al.* (2019).

2.6 Oxidative stability analysis

Oxidative stability analysis was performed at 0 and 60 days of cold storage. Conjugated diene hydroperoxides were determined to assess the primary lipid oxidation products in stored samples (IUPAC, 1992). Approximately 0.5 g of the lipid fraction (extracted by Folch; Lee e

Stanley, 1957) was homogenized in 50 mL of n-hexane, and absorbance was read at 234 nm using n-hexane as a blank.

The formation of secondary lipid oxidation products was measured as p-anisidine index (*p*-AI) following the method described by IUPAC (1987) with modifications. The lipid portion (0.5 g) of the samples was dissolved in 25 mL iso-octane and the absorbance was read at 350 nm (*A*₁). Next, 1 mL p-anisidine solution (2.5 mg.mL⁻¹) was mixed with 5 mL of the homogenate (lipid + n-hexane), and the mixture was held in dark for 10 minutes before absorbance reading (*A*₂) using n-hexane and p-anisidine as a blank. Result were calculated using the equation $p\text{-AI} = 25 \times [1.2 \times (A_2 - A_1) / m]$, where “m” is the mass of the lipid fraction.

The volatile profile of the samples was also quantified at 0 and 60 days of storage using the Solid Phase Microextraction (SPME) technique and a SPME device (Supelco) containing a 65 µm polydimethylsiloxane/divinylbenzene (PDMS/DVB) fiber, which was activated according to the manufacturer’s recommendations (250 °C/30 min). Two grams of minced sample was transferred to a 20 mL glass jar sealed with a screw cap containing a Teflon-coated septum (Supelco). The glass jar was left for 5 min at 60 °C for equilibration and the fiber was exposed to the headspace for 60 min at 60 °C. Absorbed volatiles were desorbed from the SPME fiber in the injector port (splitless) of a gas chromatograph-mass spectrometry (GC-MS) equipment (Agilent Technologies, Little Falls, DE, USA). Chromatograph separation was performed in a VF-5MS (30 m x 0.25 mm x 0.25 µm) column. The initial oven temperature was maintained at 40 °C for 2 min, and gradually increased at 4 °C.min⁻¹ until reaching 280 °C, remaining at this temperature for 10 min. Helium was used as carrier gas (flow rate 1.2 mL.min⁻¹). The volatile compounds were identified in the mass spectrometer (70 eV electronic impact) and the mass spectra was confirmed by comparing with those present in the database provided by NIST (National Institute of Standards & Technology, USA) equipment and by comparing

their retention indices with those of known compounds. Results were expressed as relative percentages.

2.7 Statistical analysis

Data was analyzed by a Shapiro-Wilk's test to assess normality. The effect of formulation on the proximate composition of the free-range chicken hams was evaluated by a one-way ANOVA. A two-way ANOVA was used to evaluate the influence of formulation (Control, PRFO, and PRPO), storage time (0 and 60 days) and their interaction on the oxidative stability of the samples. The storage time, treatment and their interaction were assigned as fixed factors. Tukey's tests were used to verify differences among means. Statistical analysis was carried out at 95% confidence level using a SPSS software (IBM Statistics, v.23).

3 Results and discussion

3.1 Proximate composition, pH and water activity (a_w)

The results of the proximate composition, pH and a_w of the samples are shown in Table 2. The partial replacement of pork backfat by fresh or pre-emulsified olive oil influenced the moisture and lipid content but did not affect the levels of ash and total proteins ($P>0.05$).

As expected, samples containing olive oil had lower moisture content compared to the control treatment. Possibly, the differences in the total water content of the samples are associated with the differences in the composition of the lipid sources. Lee *et al.* (2015) also observed a decrease in the moisture content in cooked pork sausage added with vegetable oils. Regarding the lipid content, the free-range chicken hams added with pre-emulsified olive oil showed the lowest total fat percentage, while no difference was noted between the control and PRFO treatments. Considering that the elaborated olive oil emulsion contained approximately 54.5% olive oil (6 parts of oil, 1 part of soy protein isolate and 4 parts of water), the lower lipid content observed in the PRPO samples was already expected.

The proximate composition of evaluated samples was in accordance with the maximum limits stipulated for fat (18%) and minimum for proteins (12%) recommended by Brazilian legislation (BRASIL, 2000). The results found in this study were close to those reported by Lee *et al.* (2015) in cooked pork sausages added with vegetable oil.

The incorporation of olive oil in the formulation of free-range chicken hams provided a significant decrease in pH values in relation to the control treatment, however, differences were numerically small. The partial replacement of pork backfat by fresh or pre-emulsified olive oil did not affect ($P>0.05$) the A_w of the evaluated samples.

3.2 Changes in physical and chemical parameters

Weight loss

The centrifugation loss was lower in the PRPO samples, ranging from 28.29-29.57% (control), 29.40-29.96% (PRFO) and 22.95-23.35% (PRPO) (Table 2). These data indicate that pre-emulsification of olive oil was effective in minimizing the weight loss of the ham after the application of an external force, improving its solubility and increasing the water retention capacity due to the functional properties of the isolated soy protein used in the emulsion preparation. Moreover, the lower weight loss observed in the PRPO treatment can be attributed to the greater interaction between water and oil molecules, which was promoted by the emulsion process resulting in greater product stability. Such results were superior to those reported by Kim *et al.* (2017) in duck ham with emulsified duck skin.

TPA

The partial replacement of pork backfat with fresh or pre-emulsified olive oil influenced all texture parameters of the evaluated samples ($P < 0.05$). In general, the incorporation of pre-emulsified olive oil maintained the hardness, cohesiveness, chewiness and resilience of the hams compared to the control sample. PRFO ham showed the lowest hardness and chewiness. Since animal fat has a strong influence on the physical and chemical stability of emulsified food matrices, especially during cooking and storage, the direct incorporation of vegetable oils to replace animal fat can negatively affect the structural properties of cooked meat products, such as free-range chicken ham (CÂMARA; POLLONIO, 2015). According to Forell *et al.* (2010), pre-emulsified vegetable oils are easily dispersed in meat products, reducing stability loss during processing, storage and consumption.

The samples with reduced animal fat content (PRFO and PRPO) showed less capacity to recover their original shape after deformation. These results are consistent with those reported by Lee *et al.* (2015) in cooked pork sausages supplemented with vegetable oils.

According to the results in Table 2, PRFO showed the highest cohesiveness, while no difference was noted between PRPO and the control sample. Meat emulsions prepared with vegetable oils present differences in the fat globule size, which can affect the protein-protein interaction and, consequently, change the cohesiveness of the samples (YOUSSEF; BARBUT, 2009). Most likely, the emulsification of olive oil with soy protein isolate helped maintain the stability of the system and may have compensated for the changes in the fat globule size caused by the incorporation of pure olive oil in the PRPO treatment, increasing the gumminess of the product. No difference in the resilience was noted between the low-fat samples (PRFO and PRPO), but free-range chicken ham made with fresh olive oil showed a high ability to return to its original form when undergoing elastic compression compared to the control treatment. This result may be ascribed to the increased gel strength of protein emulsions with small fat globules (SIKORSKI, 1997). Shao *et al.* (2011) also reported greater resilience in meat batters prepared with soybean oil than emulsions made with pork backfat.

Also, these TPA results may be probably associated with the differences observed in moisture and lipid content among the treatments, which were lower for the PRPO sample.

Instrumental color

Instrumental color values were affected ($P < 0.05$) by the partial 278 replacement of pork backfat with fresh and pre-emulsified olive oil (Table 2). The addition of pre-emulsified olive oil to free-range chicken hams caused a decrease in luminosity (L^*) compared to the control and PRFO treatments, which did not differ from one another. These data suggest that the interfacial protein film formed in the olive oil emulsion trapped the fat globules, reducing brightness and, consequently, the luminosity of the PRPO samples. The L^* values found in this

study were similar to those reported by Yunes *et al.* (2013) in mortadella formulated with vegetable oils and by Shim *et al.* (2018) in cooked duck hams with duck skin pre-emulsified with alginate added.

The level of pre-emulsified olive oil added to the ham samples was not sufficient to change the redness values (a^*) compared to the control, while samples formulated with fresh olive oil showed the lowest a^* values. Öztürk-Kerimoglu *et al.* (2021) did not observed this behavior in model meat batters with W/O inverse olive oil emulsion to replace animal fat. The authors reported decreased a^* values in meat batters formulated with olive oil emulsions when compared with control treatment.

The highest yellowness (b^*) was detected in the PRPO treatment, with no significant difference between the control and the PRFO samples. The increased yellowness observed in PRPO hams can be attributed to the yellowish color of the olive oil emulsified with soy protein isolate compared to fresh olive oil. According to Delgado-Pando *et al.* (2010), the effects of incorporating vegetable oils in the color of cooked meat products have conflicting results in the literature, varying according to the processing, formulation and characteristics of the added vegetable oil.

The total colorimetric difference (ΔE) compared to the control was lowest in the PRFO sample. The PRPO treatment showed the highest (ΔE) when compared to control and HFRE hams. However, despite these variations, all (ΔE) values were less than 2.0, indicating that it would not be possible to perceive visual 303 color differences between the samples (FRANCIS; CLYDESDALE, 1975). The color variations observed among the treatments can also be attributed to the distribution of the lipid phase in the food matrix after grinding, which promotes the formation of small fat globules, affecting color perception after cooking (YOUSSEF; BARBUT, 2009).

Lipid and protein oxidation

The data referring to the analysis of primary and secondary oxidation products of free-range chicken hams are shown in Table 2. For the peroxide index, it was observed that the PRPO treatment (1.75 mEqO₂ / kg) accumulated a greater amount of peroxide, differing statistically from Control and PRFO treatments. The treatments, Control (0.60 mEqO₂ / kg) and PRFO (0.87 mEqO₂ / kg) obtained similar results, differing from the PRPO treatment. According to Araújo (1999) and Mathias *et al.* (2010), the free radicals of fatty acids that react with oxygen form the peroxides and hydroperoxides, which are the first products formed from lipid oxidation. Still, according to Cagdas and Kumcuoglu (2014), the maximum perceptible limit of rancidity in a sample for the peroxide index is 10 mEqO₂ / kg. In the present study, it was found that the peroxide index values were below this limit for all evaluated treatments. Silva (2017) found peroxide values close to what was reported in this study for Italian mortadella that were stored for 50 days under 5 °C refrigeration, and higher values for the 100 day refrigerated storage time, having found peroxide values above 0.900 mEqO₂ / kg.

For the formation of malonaldehyde - MDA, Table 2, it was observed that the PRPO treatment had the lowest MDA value, and the Control and PRFO treatments were statistically equal ($P > 0.05$). According to Osawa *et al.* (2005), the processes involved in the production of meat products, such as milling, mixing and cooking favor the formation of secondary oxidation products, such as the formation of malonaldehyde, and also, according to Campo *et al.* (2006), the maximum perceptible limit of rancidity observed for malonaldehydes is 2 mg MDA / kg, a fact not observed in the samples analyzed, since all treatment values of MDA < 2.00 mg. Thus, it is observed that the olive oil added in the PRFO treatment and the addition of pre-emulsified olive oil with isolated soy protein in the PRPO treatment demonstrated good oxidative stability of the free-range ham, indicating that the partial replacement of animal fat by fresh olive oil and pre-emulsified olive oil does not induce high oxidative stress in the lipids present in these

samples (SANTOS, 2019). The data reported in this study for TBARS for free-range chicken hams were lower than the data reported by Yunes *et al.* (2013) in mortadella with vegetable oils as a fat substitute and similar to those found by Silva (2017) in an emulsified meat product.

The results of the analysis of the oxidative deterioration of proteins in free-range chicken hams are shown in Table 2. There was no statistical difference between the treatments evaluated, and it was observed that the Control treatment was the one with the highest value of total carbonyl compounds. According to Arcanjo *et al.* (2019), protein oxidation has negative impacts on meat and meat products. On the quality of the meat, it has a strong influence on its texture, changing its digestibility and nutritional value. In proteins, oxidation negatively influences functionality, such as changing its solubility. They also have negative impacts on the peptides, breaking them down and favoring the formation of cross-links with consequent carbonylation. In this sense, its evaluation is of utmost importance, in view of the current concern about the consequences of protein oxidation on human health, since the compounds formed in protein oxidation are extremely toxic and can even reach the colon mucosa (BOLDO *et al.*, 2018). Thus, its quantification and detection of its formed compounds must be associated with lipid oxidation analyzes, thus allowing to control and guarantee the quality of products processed before commercialization (SILVA, 2008).

3.3 Fatty acid profile

The results of the fatty acid (FA) composition analysis for all samples are shown in Table 3. Twenty-five fatty acids were identified, and only six fatty acids did not show significant differences among samples ($P > 0.05$). The analyzed samples showed 8 saturated (SFA), 9 monounsaturated (MUFA) and 8 polyunsaturated fatty acids (PUFA).

Among the detected SFAs, palmitic acid (C16:0) and stearic acid (C18:0) were predominant in all treatments, reflecting the behavior of the chicken meat used for processing

the ham (CRUZ; FARIA, 2019). The most abundant MUFA in all samples was oleic acid (C18:1), which was higher in the PRFO and PRPO. For PUFAs, linoleic acid (C18:2) was greatest in the control sample, followed by PRFO and PRPO. This characteristic was already expected due the fatty acid distribution of olive oil, comprising mainly oleic and linoleic acids (OSTÜRK; URGU; SERDAROGLU, 2017).

The partial replacement of pork backfat with fresh or pre-emulsified olive oil reduced the relative percentage of SFA in the treated samples compared to the control. In fact, a 20.54% and 19.23% reduction in the total SFA was obtained in the PRFO and PRPO treatments, respectively. This is a desirable result, considering that SFAs are directly related to the development of cardiovascular diseases and cancer (PIRES *et al.*, 2019). Harika *et al.* (2013) stated that the majority of the world's population exceeds the maximum recommended level of SFA in the diet (<10%) stipulated 328 by the United Nations Food and Agriculture Organization (FAO) and the World Health Organization (WHO). According to Pereira *et al.* (2012), the higher consumption of SFAs in Brazil is mostly related to the intake of meat products.

As expected, samples with olive oil added showed higher MUFA levels, with an emphasis on oleic acid, compared to the control treatment. According to Darley *et al.* (2010), oleic acid is a desirable FA in meat products because it promotes a cholesterol lowering effect. This fatty acid is found in meat from poultry, cattle and pigs, and its content is mainly associated with the genetics, diet, feeding time and age of the animal.

The control samples showed a higher PUFA proportion (17.31%) than the PRFO (15.96%) and PRPO (15.90%) ($P < 0.001$). Linoleic acid (C18:2n6c) was found in a greater proportion in the evaluated samples, having the lowest proportion in the PRPO treatment. As expected, the increase in MUFA levels in the treated samples reduced the relative percentage of PUFAs. The proportion of PUFAs found in this study was close to those reported by Backes *et al.* (2017) in Italian-type salami supplemented with canola oil.

A higher proportion of ω -3 fatty acids and a lower proportion of ω -6 fatty acids were observed in the PRPO treatment. This is a positive result, given that ω -3 fatty acids have an anti-inflammatory effect, while excess ω -6 fatty acid intake is linked to increased inflammation (INNES; CALDER, 2018). The increased ω -3/ ω -6 ratio found in the PRPO samples can be considered a good indicator of the product's lipid quality for consumer health.

A significant increase in the PUFA/SFA ratio was observed in the treated samples. This increase is associated with beneficial health effects, since higher concentrations of PUFAs decrease the presence of serum lipids (ALMEIDA *et al.*, 2009).

The treated samples also showed lower atherogenicity (AI) and thrombogenicity (TI) indexes. The control treatment exhibited the highest proportion of atherogenic and thrombogenic fatty acids, while PRFO and PRPO presented the lowest AI and TI levels, respectively. However, all samples displayed TI and AI of less than 1.0, indicating a lower risk of participating in the development of cardiovascular diseases (FERNANDES *et al.*, 2014) and of forming thrombi in blood vessels (SIMOPOULOS, 2008).

Regarding the peroxidability index (PI), the highest value was detected in the control sample. However, the PI range found in our study was low (19.32 to 22.20), which suggests low fatty acid reactivity and, consequently, reduced susceptibility to lipid oxidation (NATALELLO *et al.*, 2019).

The highest amount of highly peroxidable fatty acid - HP-PUFA was also observed for the control treatment, followed by the PRFO and PRPO treatment, these compounds being more susceptible to lipid oxidation, as they have large amounts of unsaturation (NATALELLO *et al.*, 2019).

3.4 Oxidative stability

The data referring to the analysis of primary and secondary products of lipid oxidation in free-range chicken hams over the storage are shown in Figure 1. With respect to conjugated

dienes (CD) (Figure 1A), the presence of fresh olive oil had a significant effect on the development of compounds with conjugated double bond at the beginning of storage, with the lowest levels being detected in the PRPO samples, followed by PRFO and control. However, no differences in CD among treatments were noted at the end of the 60 days of storage. The decreased CD levels after 60 days verified in all samples can be attributed to the degradation of hydroperoxides in secondary oxidation products (GUYON *et al.*, 2016).

The analysis of *p*-anisidine (IpA) was used to measure aldehydes formed from the degradation of hydroperoxides during the lipid oxidation of the samples over the cold storage. There was no difference ($P > 0.05$) for IpA between the control and PRFO treatments (Figure 1B) at the beginning of storage. The ham added with pre-emulsified olive oil had the lowest IpA ($0.40 \mu\text{mol} / \mu\text{g}$) compared to the control ($15.41 \mu\text{mol} / \mu\text{g}$) and PRPO ($14.34 \mu\text{mol} / \mu\text{g}$) samples. At the end of the 60 days, an increased IpA was detected for all treatments, and the samples formulated with olive oil emulsion presented the lowest levels of IpA compared to PRFO and control samples, which did not differ from one another.

It is reasonable to conjecture that the emulsification of extra virgin olive oil with soy protein isolate may have provided greater stability of the fat globules, hindering the chain reaction and, consequently, reducing the formation of primary and secondary lipid oxidation compounds. In addition, the soy protein isolate has potential activity because it contains peptide residues with antioxidant properties (SARMADI; ISMAIL, 2010), which may explain the greater oxidative stability of the lipids in the PRPO samples over the storage time. These results were close to those reported by Yunes *et al.* (2013) in mortadella formulated with the replacement of pork fat by vegetable oils.

3.5 Volatile profile

A total of 69 volatile compounds were identified from free-range chicken hams (Table 4), including 1 furan, 1 alkene, 6 alkanes, 4 cyclic and aromatic hydrocarbons, 5 terpenes, 7 esters, 7 acids, 7 ketones, 17 aldehydes and 14 alcohols. The only furan found in the samples was 2-pentylfuran, and the only alkenes was 1-undecene.

The hydrocarbons, including alkanes, alkenes and cyclic and aromatic hydrocarbons, represented 1.2%, 1.5% and 3.0% of the volatile compounds detected in the control, PRFO and PRPO samples at the beginning of storage, respectively. After 60 days, the percentage of hydrocarbons showed a marked increase in the control and PRFO treatments. According to Bosse *et al.* (2017), most of the hydrocarbons are derived from the oxidative decomposition of lipids, which can be catalyzed by compounds such as hemoglobin and myoglobin.

At day 0, terpenes were found in low percentages in all samples and showed a noticeable increase on the 60th day. According to Yang *et al.* (2018), terpenes are natural compounds responsible for the aroma of meat products with spices, which are rich in terpenes. The presence of copaene, an oily substance found in plants that produce essential oils, was observed, as well as substances that resemble fruit aromas, such as α -farnesene and γ -decalactone. These volatiles may have mainly come from the condiments used in the ham formulation.

The acids, esters, and ketones demonstrated a high percentage in treated samples both at 0 and 60 days of storage. In addition, the storage time had a positive effect on the formation of these compounds, which reached 19.9%, 28.9% and 39.6% in the control, PRFO and PRPO samples, respectively. Acids and esters are formed through enzymatic esterification of fatty acids and alcohols during product storage, in particular by the action of microorganism such as lactic acid bacteria (GEERAERTS *et al.*, 2019; PURRIÑOS *et al.* 2011). The acidic compounds, esters and ketones found in our study were similar to the volatiles identified by Pérez *et al.* (2010) and Marušić *et al.* (2014) in cured hams under cold storage.

The aldehyde content was higher on day 0 and decreased on day 60 for all evaluated samples. Similar results for aldehydes were observed between PRFO and the control at all storage times. Hexanal and nonanal were the main aldehydes detected in the samples. A decreased hexanal content was noted in the PRPO treatment at the beginning and at the end of storage, while nonanal showed the opposite behavior on day 0. According to Sohaib *et al.* (2017), aldehydes are seen as indicators of lipid oxidation, especially pentanal and hexanal compounds, which are derived from the oxidation of n-6 fatty acids, such as linoleic and arachidonic acids. The lower formation of total volatile aldehydes observed in the stored PRPO samples corroborates the conjugated diene results.

While aldehydes were found in high proportions at the beginning of storage, alcohols were detected in large quantities at the end of the 60 days, representing an increase of 51.8% (control), 49.6% (PRFO) and 8.3% (PRPO), with 3-methyl-1-butanol and 1-hexanol as the predominant alcohols. The free-range chicken ham prepared with pre-emulsified olive oil showed a decrease in alcohol volatiles during storage, while PRFO and the control samples demonstrated an opposite trend. According to Pérez *et al.* (2010), straight-chain aliphatic alcohols are generated by the oxidation of lipids, and branched alcohols are derived from the degradation of amino acids through the reduction of their respective aldehydes. The alcohols and aldehydes found in this study were similar to the data reported by Marušić *et al.* (2014) on traditional Istrian dry-cured ham.

4 Conclusions

The pre-emulsified olive oil can be considered a promising alternative to partially replace animal fat in free-range chicken ham, improving the nutritional profile of the final product by increasing the levels of desirable fatty acids. The incorporation of pre-emulsified olive oil on the free-range chicken ham has little effect on texture and helps to control oxidative changes during cold storage. Given the presented results, we concluded that the “Caipira”

chicken ham has technological potential for production and commercialization, being an interesting alternative for the food industry, as it is a healthy and stable product throughout storage. Also, the development of “Caipira” ham adds value to free-range chicken meat and can assist in the development of this production chain.

Acknowledgements

The authors would like to thank the cooperative “COPAF” for donating the free-range chicken meat and the Federal University of Paraíba for the support it has taking to carry out this research.

Funding

The authors declare that the present study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior — Brasil (CAPES) for the scholarship awarded to the first author - Finance Code 001.

REFERENCES

- Almeida, M. E. F., Queiroz, J. H., Queiroz, M. E. L. R., Costa, N. M. B., & Matta, S. L. P. (2009). Tissue lipid profile of rats fed with different lipid sources. *Brazilian Journal of Nutrition*, 22, 51-60.
- Araújo, J. M. A. Química de alimentos. 2. ed. Viçosa: Editora da UFV, 1999.
- Arcanjo, N. M. O., Morcuende, D., Andrade, M. J., Padilla, P., Madruga, M. S., & Estévez, M. (2019). Bioactivities of wine components on marinated beef during aging. *Journal of Functional Foods*, 57, 19-30.
- Backes, A. M., Cavaleiro, C. P., Stefanello, F. S., Lüdtke, F. L., Terra, N. N., & Fries, L. L. M. (2017). Chemical composition, microbiological properties, and fatty acid profile of Italian-type salami with pork backfat substituted by emulsified canola oil. *Ciencia Rural*, 47, Article e20160688.
- Boldo, E. et al. (2018). Meat intake, methods and degrees of cooking and breast cancer risk in the MCC-Spain study. **Maturitas**, v.110, p.62–70, 2018.
- Bosse, R., Wirth, M., Konstanz, A., Becker, T., Weiss, J., & Gibis, M. (2017). Determination of volatile marker compounds in raw ham using headspace-trap gas chromatography. *Food Chemistry*, 219, 249-259.
- Bourne, M. C. (2002). *Food texture and viscosity: Concept and Measurement*. 2^a ed. Academic Press, Geneva.
- BRASIL. (2000). *Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 20, de 31 de Julho de 2000. Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Almôndega, de Apresuntado, de Fiambre, de Hambúrguer, de Kibe, de Presunto Cozido e de Presunto*. Brasília, DF: Diário Oficial da União.

- Cagdas, E., e kumcuoglu, S. Effect of grape seed powder on oxidative stability of precooked chicken nuggets during frozen storage. **Journal of Food Science and Technology**, 52(5), 2918-2925, 2014.
- Câmara, A. K. F. I., & Pollonio, M. A. R. (2015). Reducing animal fat in Bologna sausage using pre-emulsified linseed oil: Technological and sensory properties. *Journal of Food Quality*, 38, 201-212.
- CAMPO, M. M. et al. (2006). Flavour perception of oxidation in beef. **Meat Science**, 72(2), 303–311.
- Cardona, M., Gorriz, A., Barat, J. M., & Fernández-Segovia, I. (2020). Perception of fat and other quality parameters in minced and burger meat from Spanish consumer studies. *Meat Science*, Article 108138.
- Carvalho, H. H. Jong, E.V.; Belló, R.M.; Souza, R.B; Terra, M.F (2002). Alimentos: métodos físicos e químicos de análise. Porto Alegre: Ed. Universidade. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2002, 180 p.
- Castellini, C., Mugnai, C., & Dal Bosco, A. (2002). Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality. *Meat Science*, 60, 219-225.
- Darley, C. A., Abbott, A., Doyle, P. S., Nader, G. A., & Larson, S. (2010). A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. *Nutrition Journal*, 9, 1-12.
- Delgado-Pando, G., Cofrades, S., Ruiz-Capillas, C., & Jiménez-Colmenero, F. (2010). Healthier lipid combination as functional ingredient influencing sensory and technological properties of low-fat frankfurters. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 112, 859–870.
- Fernandes, C. E., Vasconcelos, M. A. S., Ribeiro, M. A., & Sarubbo, L. A. (2014). Nutritional and lipid profiles in marine fish species from Brazil. *Food Chemistry*, 160, 67–71.

- Folch, J., Lees, M., & Stanley, G. H. S. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226, 497-509.
- Forell, S. C. P., Ranalli, N., Zaritzky, N. E., Andrés, S. C., & Califano, A. N. (2010). Effect of type of emulsifiers and antioxidants on oxidative stability, colour and fatty acid profile of low-fat beef burgers enriched with unsaturated fatty acids and phytosterols. *Meat Science*, 86, 364–370.
- Francis, F. J., & Clydesdale, F. M. (1975). *Food colorimetry: theory and applications*. Connecticut: The AVI Publishing Company.
- Gaforio, J. J., Visioli, F., Alarcon-de-la-Lastra, C., Castaner, O., Delgado-Rodríguez, M., Fito, M., Hernandez, A. F., Huertas, J. R., Martínez-Gonzalez, M. A., Menendez, J. A., Osada, J., Papadaki, A., Parron, T., Pereira, J. E., Rosillo, M. A., Sanchez-Quesada, C., Schwingshackl, L., Toledo, E., & Tsatsakis, A. M. (2019). Virgin olive oil and health: summary of the III international conference on virgin olive oil and health consensus report, JAEN (Spain) 2018. *Nutrients*, 11, Article E2039.
- Geeraerts, W., Vuyst, L.C., Leroy, F., Kerrebroeck, S.V. (2019). Monitoring of volatile production in cooked poultry products using selected ion flow tube-mass spectrometry. *Food Research International*, 119, 196-206.
- Guyon, C., Meynier, A., & Lamballerie, M. (2016). Protein and lipid oxidation in meat: A review with emphasis on high-pressure treatments. *Trends in Food Science & Technology*, 50, 131–143.
- Hartman, L., & Lago, B.C. (1973). Rapid preparation of fatty methyl esters from lipids. *Laboratory Practice*, 22, 475-477.
- Innes, J.K., & Calder, P.C. (2018). Omega-6 fatty acids and inflammation. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 132, 41-48.

- IUPAC. (1987). Determination of the p-anisidine value (P-Av) standard 539 Methods for the analysis of oils, fats and derivatives. *International Union of Pure and Applied Chemistry*. (6th ed.). Oxford UK: Blackwell Scientific Publications.
- IUPAC. (1992). *Evidence of purity and deterioration from ultraviolet spectrophotometry standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives*. (7th ed.). Oxford, UK: Pergamon Press.
- Kim, D-H., Kim, T-K., Kim, Y-B., Sung, J-M., Jang, Y., Shim, J-Y., Han, S-G., & Choi, Y-S. (2017). Effect of the Duck Skin on Quality Characteristics of Duck Hams. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37, 360–367.
- Kim, T.-K., Yong, H.-I., Jung, S., Kim, Y.-B., & Choi, Y.-S. (2020). Effects of replacing pork fat with grape seed oil and gelatine/alginate for meat emulsions. *Meat Science*, Article 108079.
- Lee, H.-J., Jung, E.-H., Lee, S.-H., Kim, J.-H., Lee, J.-J., & Choi, Y.-I. (2015). Effect of Replacing Pork Fat with Vegetable Oils on Quality Properties of Emulsion-type Pork sausages. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 35, 130–136.
- Marušić, N., Vidaček, S., Janči, T., Petrak, T., & Medić, H. (2014). Determination of volatile compounds and quality parameters of traditional Istrian dry-cured ham. *Meat Science*, 96, 1409–1416.
- Mathias, S. P. et al. Alterações oxidativas (cor e lipídios) em presunto de peru tratado por Alta Pressão Hidrostática (APH). **Alterações Oxidativas (cor e Lipídios) em Presunto de Peru Tratado Por Alta Pressão Hidrostática (aph)**, Campinas, v. 4, n. 30, p.852-857, dez. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v30n4/v30n4a03>>. Acesso em: 29 dez. 2019.
- Natalello, A., Luciano, G., Morbidini, L., Valenti, B., Pauselli, M., Frutos, P., Biondi, L., Rufino-Moya, P. J., Lanza, M., & Priolo, A. (2019). Effect of feeding pomegranate by-

- product on fatty acid composition of ruminal digesta, liver and muscle in lambs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67, 4472-4482.
- Natalello, A., Luciano, G., Morbidini, L., Valenti, B., Pauselli, M., Frutos, P., Biondi, L., Rufino-Moya, P. J., Lanza, M., & Priolo, A. (2019). Effect of feeding pomegranate by-product on fatty acid composition of ruminal digesta, liver and muscle in lambs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67, 4472-4482.
- Novello, D., & Pollonio, M. A. R. (2015). Trends reformulation of meat products. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, 13, 689-702.
- Oliver, C. N.; ahn, B. W.; moerman, E.J.; goldstein, S.; stadman, E. R. Age-related changes in oxidized proteins. *Journal of Biological Chemistry*, v. 262, n. 12, p. 5488-5491, 1987.
- Osawa, C. C., Felício, P. E. D., & Gonçalves, L. A. (2005). Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. *Química Nova*, 28(4), 655-663.
- Oztürk, B., Urgu, M., & Serdaroglu, M. (2017). Egg white powder-stabilised multiple (water-in-olive oil-in-water) emulsions as beef fat replacers in model system meat emulsions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97, 2075–2083.
- Öztürk-Kerimoğlu, B., Kara, A., Urgu-Öztürk, M., & Serdaroglu, 563 M. (2021). A new inverse olive oil emulsion plus carrot powder to replace animal fat in model meat batters. *LWT – Food Science and Technology*, 135, Article 110044.
- Öztürk-Kerimoğlu, B., Kara, A., Urgu-Öztürk, M., & Serdaroglu, 563 M. (2021). A new inverse olive oil emulsion plus carrot powder to replace animal fat in model meat batters. *LWT – Food Science and Technology*, 135, Article 110044.
- Pardi, M.C., Santos, I. F., Souza, E. R., Pardi, H. S. (2006). *Ciência, higiene e tecnologia da carne*. 2. ed. rev. e ampl. Goiânia: UFG.

- Pereira, R. A., Duffey, K. J., Sichieri, R., & Popkin, B. M. (2012). Sources of excessive saturated fat, trans fat and sugar consumption in Brazil: an analysis of the first Brazilian nationwide individual dietary survey. *Public Health Nutrition*, 17, 113–121.
- Pérez-Palacios, T., Ruiz, J., Martín, D., Grau, R., & Antequera, T. (2010). Influence of pre-cure freezing on the profile of volatile compounds during the processing of Iberian hams. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90, 882–890.
- Pires, M. A., Santos, I. R., Barros, J. C., Carnauba, G., Carvalho, F. A. L., & Trindade, M. A. (2019). Partial replacement of pork fat by Echium oil in reduced sodium bologna sausages: technological, nutritional and stability implications. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100, 410-420.
- Purriños, L., Bermúdez, R., Franco, D., Carballo, J., & Lorenzo, J. M. (2011). Development of Volatile Compounds during the Manufacture of Dry-Cured “Lacón,” a Spanish Traditional Meat Product. *Journal of Food Science*, 76, 89–97.
- Rosmini, M. R., Perlo, F., Pérez-Alvarez, J. A., Pagán-Moreno, M. J., Gago-Gago, A., López-Santoveña, F., & Aranda-Catalá, V. (1996). TBA test by an extractive method applied to ‘paté’. *Meat science*, 42(1), 103-110.
- Santos, M. M. F. et al. (2019). Efeito da condição do peito de madeira sobre características de qualidade de rissóis de frango emulsionados durante o armazenamento congelado. *Journal Food Science and Technology*. 56, 4158–4165.
- Sarmadi, B. H., & Ismail, A. (2010). Antioxidative peptides from food proteins: A review. *Peptides*, 31, 1949–1956.
- Shao, J. H., Zou, Y. F., Xu, X. L., Wu, J. Q. & Zhou, G. H. (2011). Evaluation of structural changes in raw and heated meat batters prepared with different lipids using Raman spectroscopy. *Food Research International*, 44, 2955-2961.

- Shim, J-Y., Kim, T-K., Kim, Y-B., Jeon, K.H., Ahn, K-I., Paik, H-D., & Choi, Y-S. (2018). The Ratios of Pre-emulsified Duck Skin for Optimized Processing of estructured Ham. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 38, 162-171.
- Sikorski, Z. E. (1997). Proteins. In Z. E. Sikorski (Ed.). *Chemical and functional properties of food components*. Lancaster, Pa.: Technomic Publishing Co. 119–160.
- Silva, A.M.L. (2008). Apostila de aulas práticas de análise físico-química de alimentos . Goiânia: PUC Goiás, 2008.
- Silva, J. S. (2017). Emprego do ultrassom no cozimento do produto cárneo emulsionado. 2017. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.
- Simopoulos, A. P. (2008). The importance of the omega-6/omega-3fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. *Experimental Biology and Medicine*, 233, 674–688.
- Sohaib, M., Anjum, F. M., Arshad, M. S., Imran, M., Imran, A., & Hussain, S. (2017). Oxidative stability and lipid oxidation flavoring volatiles in antioxidants treated chicken meat patties during storage. *Lipids in Health and Disease*, 16, 16-27.
- Stadig, L. M., Rodenburg, T. B., Reubens, B., Aerts, J., Duquenne, B., & Tuytens, F. A. M. (2016). Effects of free-range access on production parameters and meat quality, composition and taste in slow-growing broiler chickens. *Poultry Science*, 95, 2971–2978.
- Trevisan, Y. C., Bis, C. V., Henck, J. M., & Barretto, A. C. S. 2016. Effect of the addition of oat fiber on the physicochemical properties of cooked frozen hamburger with reduced fat and salt. *Brazilian Journal of Food Technology*, 19, Article e2015079.
- Vanhonacker, F., Tuytens, F. A. M., & Verbeke, W. (2016). Belgian citizens' and broiler producers' perceptions of broiler chicken welfare in Belgium versus Brazil. *Poultry Science*, 95, 1555–1563.

- Wang, C., Wang, H., Li, X., & Zhang, C. (2018). Effects of oxygen concentration in modified atmosphere packaging on water holding capacity of pork steaks. *Meat Science*, 148, 189-197.
- Yang, Y., Sun, Y., Pan, D., Wang, Y., & Cao, J. (2018). Effects of high-pressure treatment on lipolysis-oxidation and volatiles of marinated pork meat in soy sauce. *Meat Science*, 145, 186–194.
- Youssef, M. K., & Barbut, S. (2009). Effects of protein level and fat/oil on emulsion stability, texture, microstructure and color of meat batters. *Meat Science*, 82, 228–233.
- Yunes, J. F. F., Cavaleiro, C. P., Milani, L. I. G., Scheeren, M. B., Blazquez, F. J. H., Ballus, C. A., Fries, L. L. M., & Terra, N. N. (2013). Effect of pork backfat replacement for vegetal oils in the quality characteristics, oxidative stability and microstructure of mortadella. *Semina: Ciencias Agrarias*, 34, 1205-1216.

Table 1 – Free-range “Caipira” chicken ham formulations.

Ingredients	Control	PRFO	PRPO
Chicken meat (%)	68	68	68
Cold water (%)	25	25	25
Pork backfat (%)	12	6	6
Olive oil (%)	0	6	0
Pre-emulsified olive oil (%)	0	0	6
Sodium chloride (g/kg)	15	15	15
Master FOS [®] (sodium tripolyphosphate) (g/kg)	2.5	2.5	2.5
Curamax-C [®] (nitrite/nitrate salts) (g/kg)	0.75	0.75	0.75
California condiment (g/kg)	5	5	5
Starch (g/kg)	20	20	20

Source: Adapted from Pardi *et al.* (2006).

Control: normal free-range chicken ham.

PRFO: free-range chicken ham with partial replacement of animal fat by fresh olive oil.

PRPO: free-range chicken ham with partial replacement of animal fat by pre-emulsified olive oil.

Table 2 – Characterization (mean $\pm$ standard deviation) of free-range chicken ham

Parameters	Formulations			P-value
	Control	PRFO	PRPO	
Moisture ^A	70.85±0.34 ^a	66.84±0.15 ^c	69.76±0.17 ^b	<0.001
Ash ^A	1.77±0.29	1.80±0.15	1.74±0.05	ns
Protein ^A	16.91±0.38	16.33±0.15	16.80±0.05	ns
Lipids ^A	12.26±0.28 ^a	12.44±0.64 ^a	9.60±0.14 ^b	<0.001
pH	6.37±0.01 ^a	6.24±0.01 ^c	6.29±0.02 ^b	<0.001
Aw	0.948±0.004	0.947±0.001	0.947±0.001	ns
Weight loss ^B	28.93±0.64 ^a	29.68±0.28 ^a	23.15±0.20 ^b	<0.001
<i>Texture profile</i>				
Hardness ^C	49.79±1.09 ^a	42.22±0.83 ^b	52.57±1.77 ^a	<0.001
Cohesiviness ^D	0.43±0.01 ^b	0.51±0.01 ^a	0.44±0.01 ^b	<0.001
Gumminess ^C	20.83±0.73 ^b	16.16±0.79 ^c	25.48±0.50 ^a	<0.001
Chewiness ^C	18.80±0.72 ^a	12.29±0.79 ^b	19.93±0.21 ^a	<0.001
Resilience ^D	0.12±0.00 ^b	0.17±0.00 ^a	0.13±0.00 ^{ab}	<0.001
<i>Instrumental color</i>				
L*	70.20±0.24 ^a	69.82±0.29 ^a	68.46±0.47 ^b	<0.05
a*	5.24±0.25 ^a	4.50±0.06 ^b	5.55±0.35 ^a	<0.05
b*	10.73±0.13 ^b	10.55±0.09 ^b	11.38±0.34 ^a	<0.05
ΔE	Control-PRFO	Control-PRPO	PRFO-PRPO	<0.05
	0.85 ^b	1.88 ^a	1.87 ^a	
<i>Lipid and protein oxidation</i>				
Peroxide index	0.60±0.03 ^b	0.87±0.11 ^b	1.75±0.40 ^a	<0.05
TBARS	0.84±1.05 ^a	0.77±1.42 ^a	0.30±1.54 ^b	<0.05
Carbonyls compounds	0.49±0.17	0.33±0.07	0.35±0.16	ns

Means with different letters for the same line were significantly different ($P < 0.05$) by Tukey's test. ns: no significant differences. Control: normal free-range chicken ham. PRFO: free-range chicken ham with partial replacement of animal fat by fresh olive oil. PRPO: free-range chicken ham with partial replacement of animal fat by pre-emulsified olive oil. ^A Data expressed as g/100 g sample. ^B Data expressed as %. ^C Data expressed as Newton (N). ^D Dimensionless

parameters. ΔE : total colorimetric difference. TBARS: Thiobarbituric Acid Reactive Substances

Table 3 – Fatty acids profile of fresh olive oil and free-range “Caipira” chicken ham

Fatty acid [†]	Formulations			Fresh olive oil	P-value
	Control	PRFO	PRPO		
C14:0	4.65±0.79 ^a	1.97±0.11 ^c	2.96±0.37 ^b	0.20±0.02	<0.001
C15:0	0.08±0.04 ^b	0.10±0.03 ^b	0.27±0.01 ^a	-	<0.05
C16:0	21.32±0.14 ^a	19.04±0.44 ^b	17.75±0.38 ^c	12.80±1.44	<0.001
C17:0	0.43±0.02 ^a	0.31±0.05 ^b	0.31±0.03 ^b	0.08±0.01	<0.05
C18:0	9.90±0.09 ^a	7.61±0.21 ^c	8.03±0.34 ^b	3.09±0.36	<0.001
C20:0	0.23±0.07 ^b	0.34±0.02 ^a	0.31±0.02 ^a	0.46±0.06	<0.05
C21:0	0.24±0.07 ^a	0.22±0.01 ^a	0.24±0.02 ^a	0.03±0.00	ns
C22:0	0.51±0.07 ^a	0.12±0.01 ^c	0.33±0.01 ^b	0.13±0.01	<0.001
ΣSFA	37.39±0.01 ^a	29.71±0.01 ^c	30.20±0.05 ^b	16.79±4.37	<0.001
C14:1n5c	0.07±0.11 ^a	0.02±0.01 ^a	0.06±0.02 ^a	-	ns
C15:1n5c	0.39±0.04 ^a	0.18±0.01 ^b	0.03±0.01 ^c	0.01±0.00	<0.001
C16:1n7	3.08±0.02 ^a	2.44±0.07 ^b	2.36±0.13 ^b	0.87±0.02	<0.05
C17:1n7c	0.32±0.08 ^a	0.28±0.03 ^a	0.29±0.05 ^a	0.13±0.00	ns
C18:1n9t	0.87±0.16 ^a	0.83±0.22 ^a	0.85±0.05 ^a	0.02±0.01	ns
C18:1n9c	39.28±0.26 ^b	49.73±0.25 ^a	49.58±1.33 ^a	75.00±1.86	<0.05
C20:1n9	0.73±0.09 ^a	0.57±0.03 ^b	0.63±0.07 ^b	0.25±0.01	<0.05
C22:1n9	0.23±0.01 ^a	0.14±0.03 ^b	0.24±0.02 ^a	-	<0.05
C24:1n9	0.40±0.09 ^a	0.19±0.03 ^b	0.24±0.11 ^b	0.08±0.00	<0.05
ΣMUFA	45.37±0.07 ^b	54.19±0.19 ^a	54.28±0.01 ^a	76.36±26.17	<0.05
C18:2n6t	0.16±0.06 ^a	0.23±0.14 ^a	0.22±0.04 ^a	0.22±0.18	ns
C18:2n6c	14.53±0.41 ^a	13.50±0.09 ^b	11.73±0.35 ^c	5.32±0.12	<0.001
C18:3n3	0.93±0.06 ^a	0.85±0.04 ^b	0.94±0.04 ^a	0.63±0.02	<0.05
C20:2	0.03±0.05 ^b	0.30±0.07 ^a	0.00±0.00 ^b	0.01±0.01	<0.05
C20:3n3c	0.11±0.05 ^c	0.19±0.02 ^b	1.73±0.02 ^a	-	<0.001
C20:4n6c	0.97±0.05 ^a	0.52±0.04 ^c	0.74±0.04 ^b	0.55±0.02	<0.001
C20:5	0.42±0.16 ^a	0.21±0.04 ^b	0.40±0.04 ^a	0.06±0.01	<0.05
C22:6n3	0.16±0.08 ^a	0.16±0.09 ^a	0.13±0.02 ^a	0.06±0.00	ns
ΣPUFA	17.31±0.01 ^a	15.96±0.03 ^b	15.90±0.04 ^c	6.85±1.79	<0.001

$\Sigma\omega-3$	1.20 ± 0.02^b	1.20 ± 0.02^b	2.80 ± 0.02^a	0.69 ± 0.28	<0.05
$\Sigma\omega-6$	15.66 ± 0.01^a	14.25 ± 0.05^b	12.70 ± 0.01^c	6.09 ± 2.33	<0.001
$\Sigma\text{PUFA}/\Sigma\text{SFA}$	0.46 ± 0.00^c	0.54 ± 0.00^a	0.53 ± 0.00^b	0.41 ± 0.00	<0.001
$\Sigma\omega-3/\Sigma\omega-6$	0.08 ± 0.01^c	0.08 ± 0.00^b	0.22 ± 0.00^a	0.11 ± 0.00	<0.001
AI	0.64 ± 0.01^a	0.39 ± 0.00^c	0.42 ± 0.00^b	0.16 ± 0.00	<0.001
TI	0.76 ± 0.01^a	0.55 ± 0.01^b	0.49 ± 0.01^c	0.37 ± 0.01	<0.001
PI	22.20 ± 0.02^a	19.32 ± 0.02^c	21.76 ± 0.02^b	9.01 ± 0.01	<0.001
HP-PUFA	2.59 ± 0.01^b	1.93 ± 0.01^c	3.94 ± 0.01^a	1.23 ± 0.01	<0.001

Means with different letters for the same line were significantly different ($P<0.05$) by Tukey's test. ns: no significant differences. Control: normal free-range chicken ham. PRFO: free-range chicken ham with partial replacement of animal fat by fresh olive oil. PRPO: free-range chicken ham with partial replacement of animal fat by pre-emulsified olive oil. [†] Data expressed as percentage of area. SFA: Saturated fatty acids. MUFA: Monounsaturated fatty acids. PUFA: Polyunsaturated fatty acids. $\omega-3$: Omega-3 fatty acids. $\omega-6$: Omega-3 fatty acids. AI: Atherogenicity index. TI: Thrombogenicity index. PI: Peroxidability index. HP-PUFA: Highly peroxidizable-PUFA, calculated as the sum of PUFA with three or more unsaturated bonds.

Table 4 – Volatile compounds (% area) detected in free-range chicken ham under chilled storage (4 °C) during 60 days

Volatile compounds	Time (days)	Formulations		
		Control	PRFO	PRPO
<i>Furans</i> [†]				
2-pentyl-furan	0	3.34	0.37	0.62
	60	0.39	0.30	0.14
<i>n-alkenes</i> [†]				
1-Undecene	0	0.43	0.42	0.38
	60	1.08	Nd	Nd
<i>n-alkanes</i> [†]				
Dodecane	0	0.18	0.18	0.35
	60	0.19	0.61	0.14
2.6.11-Trimethyldodecane	0	Nd	Nd	Nd
	60	0.53	0.49	0.32
Tridecane	0	Nd	Nd	Nd
	60	0.36	0.62	0.41
Tetradecane	0	0.34	0.41	0.62
	60	3.92	2.24	0.94
Pentadecane	0	0.12	0.11	0.17
	60	3.57	1.04	0.53
Hexadecane	0	0.04	0.07	0.23
	60	0.91	0.23	0.39
<i>Total n-alkanes</i>	0	0.68	0.77	1.37
	60	9.48	5.23	2.73
<i>Aromatic and cyclic hydrocarbons</i> [†]				
Pentylbenzene	0	Nd	0.23	1.14
	60	Nd	Nd	Nd
Naphthalene	0	0.09	0.11	0.14
	60	0.08	0.10	0.09
Sulfurous acid. cyclohexylmethyl hexyl ester	0	Nd	Nd	Nd
	60	0.16	0.14	0.12

	0	Nd	Nd	Nd
Isobutyl benzoate	60	1.53	1.20	0.43
Total Aromatic and cyclic	0	0.09	0.34	1.28
hydrocarbons	60	1.77	1.44	0.64
<i>Terpenes</i> [†]				
	0	0.01	0.02	0.18
Copaene	60	0.46	0.65	0.35
	0	1.36	0.69	3.66
α -Farnesene	60	0.24	1.26	0.62
	0	Nd	Nd	Nd
(Z)-6-Dodecenyl- γ -lactone	60	1.01	0.86	1.05
	0	Nd	Nd	Nd
γ -Dodecalactone	60	6.92	4.58	2.67
	0	0.04	Nd	Nd
γ -Decalactone	60	0.54	0.75	0.16
	0	1.41	0.71	3.84
Total Terpenes	60	9.13	8.10	4.85
<i>Esters</i> [†]				
	0	Nd	Nd	Nd
Isoamyl acetate	60	1.00	0.93	0.29
	0	Nd	Nd	Nd
Isobutyl hexanoate	60	0.19	0.23	0.84
	0	0.48	0.86	0.69
Methyl salicylate	60	0.13	0.15	0.07
	0	Nd	Nd	Nd
2-Ethylhexyl acrylate	60	0.22	0.19	0.09
	0	Nd	Nd	Nd
Isoamyl hexanoate	60	0.16	0.06	0.21
	0	Nd	Nd	Nd
S-Methyl thiooctanoate	60	0.86	2.34	2.83
	0	0.19	0.06	0.15
2-Ethyl-3-hydroxyhexyl 2-	60	4.53	4.98	2.81
methylpropanoate				
Total Esters	0	0.67	0.92	0.84

	60	7.09	8.88	7.14
<i>Acids[†]</i>				
	0	0.31	0.37	0.03
Nonanoic acid	60	0.06	0.06	0.02
	0	0.17	0.28	1.72
Dodecanoic acid methylethyl ester	60	0.21	0.20	0.21
	0	Nd	0.14	0.16
Tetradecanoic acid	60	0.07	0.04	0.25
	0	2.04	3.80	4.21
Hexadecanoic acid	60	0.86	0.39	4.26
	0	1.02	0.74	0.23
9.12-Octadecadienoic acid	60	0.46	0.04	9.04
	0	3.96	6.90	5.41
(Z)-11-Octadecenoic acid	60	Nd	Nd	Nd
	0	0.63	1.48	1.64
Octadecanoic acid	60	Nd	Nd	Nd
	0	8.13	13.71	13.40
Total Acids	60	1.66	0.73	13.78
<i>Ketones[†]</i>				
	0	0.96	0.16	0.75
2-Heptanone	60	4.61	13.72	9.01
	0	0.35	2.22	0.42
2.3-Octanedione	60	Nd	Nd	Nd
	0	0.09	0.42	1.03
3-Octanone	60	2.32	1.09	0.75
	0	0.06	0.06	0.70
Acetophenone	60	0.28	0.57	0.53
	0	Nd	Nd	Nd
2-Nonanone	60	2.09	2.96	6.75
	0	0.26	0.77	0.34
2-Undecanone	60	1.35	0.62	1.03
	0	0.05	0.41	0.41
Nerylacetone	60	0.51	0.33	0.63

Total Ketones	0	1.77	4.04	3.65
	60	11.16	19.29	18.70
<i>Aldehydes</i> [†]				
Pentanal	0	0.54	1.16	1.29
	60	1.69	0.63	0.69
Hexanal	0	27.44	30.68	11.95
	60	0.25	0.67	0.31
Heptanal	0	6.31	3.09	1.38
	60	Nd	Nd	Nd
Benzaldehyde	0	0.82	1.45	2.91
	60	Nd	Nd	Nd
Benzeneacetaldehyde	0	0.51	0.57	0.97
	60	0.63	0.51	0.28
(E)-2-Octenal	0	0.65	1.69	0.61
	60	0.01	0.36	0.13
Nonanal	0	14.98	10.86	18.13
	60	0.29	0.22	0.02
Decanal	0	1.63	0.93	3.55
	60	0.09	2.00	0.62
2,4-Nonadienal	0	0.14	0.37	0.26
	60	0.57	0.77	0.31
(E)-2-Decenal	0	2.05	3.25	2.35
	60	0.31	0.33	0.06
2-Undecenal	0	2.01	1.38	0.80
	60	1.83	0.36	0.49
Dodecanal	0	0.17	0.11	0.24
	60	0.09	0.06	0.07
Tetradecanal	0	0.03	0.18	0.45
	60	0.10	0.03	0.03
Pentadecanal	0	Nd	0.41	0.31
	60	Nd	Nd	Nd
Hexadecanal	0	1.12	1.60	5.51
	60	0.57	0.54	0.71

9.12-Octadecadienal	0	0.55	1.77	1.97
	60	Nd	Nd	Nd
(E)-4-Decenal	0	0.23	0.31	0.14
	60	Nd	Nd	Nd
Total Aldehydes	0	59.18	59.81	52.85
	60	6.43	6.51	3.72
<i>Alcohols[†]</i>				
3-Methyl-1-butanol	0	0.46	0.14	0.21
	60	36.99	31.97	3.60
1-Pentanol	0	1.31	1.63	0.76
	60	0.19	4.14	Nd
cis-3-Hexenol	0	Nd	0.14	2.53
	60	0.29	0.35	0.16
(E)-2-Hexen-1-ol	0	Nd	0.06	0.52
	60	0.13	0.15	0.38
1-Hexanol	0	9.25	6.07	1.94
	60	0.21	0.46	0.03
1-Heptanol	0	3.17	0.98	0.40
	60	1.01	0.72	0.32
1-Octen-3-ol	0	4.14	5.31	3.48
	60	1.53	0.91	0.54
1-Hexanol, 2-ethyl-	0	1.08	0.97	6.55
	60	0.72	2.38	1.87
2,4-Dimethylcyclohexanol	0	0.54	0.41	0.47
	60	0.25	0.41	0.41
(E)-2-Octenol	0	0.33	1.14	1.10
	60	Nd	Nd	Nd
1-Octanol	0	3.71	1.83	2.69
	60	0.60	0.41	0.14
β -Phenylethanol	0	Nd	Nd	Nd
	60	9.35	6.13	0.57
Nonanol	0	0.28	0.17	1.07
	60	0.52	1.55	0.25

1-Dodecanol	0	0.03	0.06	0.08
	60	Nd	Nd	Nd
Total Alcohols	0	24.30	18.91	21.80
	60	51.79	49.58	8.27

Control: normal free-range chicken ham. PRFO: free-range chicken ham with partial replacement of animal fat by fresh olive oil. PRPO: free-range chicken ham with partial replacement of animal fat by pre-emulsified olive oil. Nd: not detected.

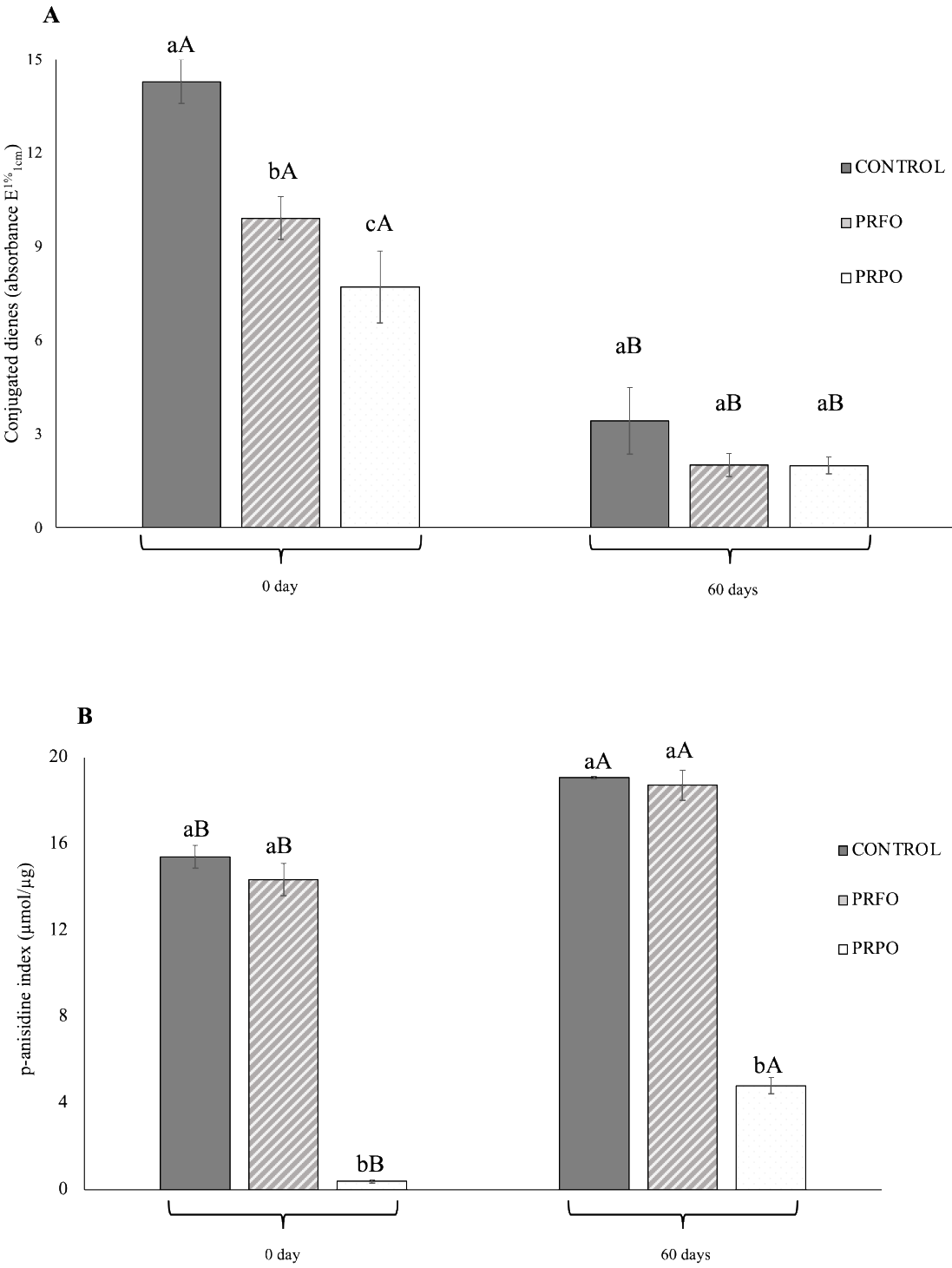
FIGURE CAPTIONS

Figure 1 – Analysis of primary and secondary products of lipid oxidation in free-range “Caipira” chicken ham under chilled storage (4 °C) during 60 days. A - Conjugated dienes. B - p-anisidine index (p-AI).

Footnote: Control: normal free-range chicken ham. PRFO: free-range chicken ham with partial replacement of animal fat by fresh olive oil. PRPO: free-range chicken ham with partial replacement of animal fat by pre-emulsified olive oil.

Different lowercase letters indicate significant differences (P -value < 0.05) between formulations and uppercase letters indicate significant differences (P -value < 0.05) between times of storage using the Tukey’s test.

Figure 1



5 CONCLUSÕES GERAIS

Diante dos resultados obtidos e considerando as condições analisadas na pesquisa, é possível concluir que:

- A carne de frango caipira é uma matéria-prima que pode ser explorada para transformação e produção de diversos produtos alimentícios.
- É promissora a substituição parcial da gordura suína por azeite de oliva *in natura* ou azeite de oliva pré-emulsionado com proteína isolada de soja na elaboração de fiambre de frango caipira.
- O azeite de oliva *in natura* e pré-emulsionado com proteína isolada de soja afetam as características químicas e físicas dos fiambres de frango caipira.
- O perfil de ácidos graxos dos fiambres de frango caipira adicionados de azeite de oliva *in natura* ou pré-emulsionado é semelhante e tem impacto positivo sobre a composição lipídica dos produtos elaborados, apresentando melhor perfil lipídico em relação ao tratamento controle.
- Os fiambres de frango caipira incorporados com azeite de oliva pré-emulsionado apresentaram melhor estabilidade oxidativa durante o armazenamento refrigerado durante 60 dias.

Para estudos futuros, sugere-se que a carne de frango caipira seja mais explorada, sendo utilizada na elaboração de diversos produtos cárneos com baixos teores de gordura, objetivando levar mais opções de produtos saudáveis aos consumidores e assim contribuir com avanços da cadeia produtiva de frango caipira.