

UFRRJ

**INSTITUTO DE TECNOLOGIA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

TESE

**CARACTERIZAÇÃO DE BIOMASSA DE BANANA VERDE E
AVALIAÇÃO DO SEU EFEITO COMO SUBSTITUTO PARCIAL E
TOTAL DE PELE DE FRANGO EM MORTADELA DE FRANGO**

BRUNA EMYGDIO AURIEMA

2021



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**CARACTERIZAÇÃO DE BIOMASSA DE BANANA VERDE E
AVALIAÇÃO DO SEU EFEITO COMO SUBSTITUTO PARCIAL E
TOTAL DE PELE DE FRANGO EM MORTADELA DE FRANGO**

BRUNA EMYGDIO AURIEMA

Sob a Orientação da Professora
Simone Pereira Mathias

E Coorientação da Professora
Rosa Helena Luchese

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Área de concentração em Tecnologia de Alimentos.

Seropédica, RJ
Agosto de 2021

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A928c Auriema, Bruna Emygdio, 1988-
Caracterização de biomassa de banana verde e
avaliação do seu efeito como substituto parcial e
total de pele de frango em mortadela de frango /
Bruna Emygdio Auriema. - Seropédica, 2021.
130 f.: il.

Orientadora: Simone Pereira Mathias.
Coorientadora: Rosa Helena Luchese.
Tese (Doutorado). -- Universidade Federal Rural do
Rio de Janeiro, Pós Graduação de Ciências e Tecnologia
de Alimentos, 2021.

1. Mortadela de frango. 2. Biomassa de banana
verde. 3. Redução de gordura. 4. Coproduto. I.
Mathias, Simone Pereira, 1973-, orient. II. Luchese,
Rosa Helena, 1957-, coorient. III Universidade
Federal Rural do Rio de Janeiro. Pós Graduação de
Ciências e Tecnologia de Alimentos. IV. Título.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS



TERMO Nº 941/2021 - PPGCTA (12.28.01.00.00.00.41)

Nº do Protocolo: 23083.062566/2021-91

Seropédica-RJ, 31 de agosto de 2021.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

BRUNA EMYGDIO AURIEMA

Tese submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de doutora, no Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Área de Concentração em Ciência de Alimentos.
Tese APROVADA EM 23/08/2021.

SIMONE PEREIRA MATHIAS (Dra) (orientador) UFRRJ

ROSIREZ DELIZA (Dra) EMBRAPA

DOUGLAS ROBERTO GUIMARÃES SILVA (Dr)

ÍTALO ABREU LIMA (Dr)

ORMINDO DOMINGUES GAMALLO (Dr) UFRRJ

Conforme deliberação número 001/2020 da PROPPG, de 30/06/2020.

Documento não acessível publicamente

(Assinado digitalmente em 31/08/2021 14:26)

ORMINDO DOMINGUES GAMALLO

CHEFE DE DEPARTAMENTO - TITULAR

DTA (12.28.01.00.00.00.46)

Matrícula: 8980815

(Assinado digitalmente em 02/09/2021 16:03)

SIMONE PEREIRA MATHIAS

PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR

DTA (12.28.01.00.00.00.46)

Matrícula: 2623443

(Assinado digitalmente em 31/08/2021 18:18)

ROSIREZ DELIZA

ASSINANTE EXTERNO

CPF: 024.950.088-44

(Assinado digitalmente em 31/08/2021 11:19)

ÍTALO ABREU LIMA

ASSINANTE EXTERNO

CPF: 043.098.466-96

(Assinado digitalmente em 31/08/2021 18:15)

DOUGLAS ROBERTO GUIMARÃES SILVA

ASSINANTE EXTERNO

CPF: 066.579.146-10

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.ufrj.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: **941**, ano: **2021**, tipo: **TERMO**, data de emissão: **31/08/2021** e o código de verificação: **394b0b21a1**

DEDICATÓRIA

Dedico esta tese a Deus, por me fortalecer todos os dias, aos meus pais Kinha e Ricardo, que sempre me apoiaram e acreditaram em mim, e ao meu companheiro Fernando, que sempre esteve ao meu lado me incentivando.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por permitir a realização de mais um sonho.

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e ao Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA), pela oportunidade de realização deste trabalho. Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFRRJ, pela minha formação.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro e pela concessão da bolsa de estudo.

As empresas IBRAC aditivos e condimento e Reginaves Indústria e Comércio de Aves Ltda. (RICA), pela concessão dos insumos para a elaboração das mortadelas.

A profa. Dra. Simone Pereira Mathias, pela orientação, amizade e oportunidade de realizar este programa de doutorado.

A profa. Dra. Rosa Helena Luchese, pelo auxílio nas análises microbiológicas e contribuição deste trabalho.

Ao prof. Dr. Erick Almeida Esmerino, pela valiosa ajuda e colaboração na elaboração deste trabalho.

Ao prof. Dr. Mario Geraldo de Carvalho, por nos receber de braços abertos em seu laboratório e contribuir com este trabalho.

Aos demais professores da UFRRJ, UNICAMP E IFRJ, que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos anjos que Deus colocou em meu caminho: Juarez Vicente e Édio Mariano, por não medirem esforços para me ajudar, compartilhar conhecimentos e contribuir com este trabalho.

A todos os técnicos do departamento (Dina, Edelne, Daniel, Vinícius, Robertinho, Fernandão), que de alguma forma me ensinaram e/ou ajudaram para que eu pudesse realizar este trabalho.

Aos funcionários da limpeza, pelo carinho, amizade e companhia na hora do almoço, em especial a Dona Glorinha.

Aos meus amigos do laboratório, por compartilhar conhecimentos, risadas, tristezas, estresses e principalmente carisma, humildade e *happy hour*. Em especial meus agradecimentos à Alyne, PC, Mariah, Clarisse e Miuri.

Aos meus estagiários Fernando Jensen e Gillian por me ajudarem com as análises das mortadelas.

Aos meus pais, a minha irmã e meu companheiro, por sempre estarem ao meu lado me incentivando positivamente em todos os momentos da minha jornada de doutorado.

A minha cachorra Eva, por me proporcionar momentos de leveza e felicidades no momento final desta jornada.

E a todos aqueles que contribuíram diretamente ou indiretamente para que eu chegasse até aqui: muito obrigada.

RESUMO

AURIEMA, Bruna Emygdio. **Caracterização de biomassa de banana verde e avaliação do seu efeito como substituto parcial e total de pele de frango em mortadela de frango.** 2021. 130p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica/RJ, 2021.

O consumo de produtos cárneos processados tem sido relacionado com o aumento de doenças coronárias devido ao seu teor elevado de gordura. Desta maneira, as indústrias cárneas têm buscado alternativas de ingredientes como substituto, desde que não prejudique a qualidade tecnológica e sensorial do produto. A biomassa de banana verde apresenta como uma alternativa tecnológica viável, além de contribuir com benefícios nutricionais adicionais e reduzir o desperdício da cadeia produtiva. Com base neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as características funcionais e tecnológicas de biomassa de banana verde (BBV) e seu efeito como substituto parcial e total de pele de frango em mortadela de frango. Foram elaboradas cinco formulações diferentes de mortadelas de frango, sendo um controle (sem redução de pele de frango e sem adição de BBV) e outras com redução de 25, 50, 75 e 100% de pele de frango com substituição pela BBV. A BBV foi analisada quanto à composição química aproximada, capacidade de retenção de água (CRA), capacidade de retenção de óleo (CRO), compostos minerais, ácido ascórbico, compostos fenólicos totais, capacidade antioxidante (DPPH e FRAP) e atividade antimicrobiana. As mortadelas foram avaliadas quanto às características físico-químicas, sensoriais e durante o período de 90 dias de armazenamento (4 °C) com relação às condições microbiológicas, cor, pH e oxidação lipídica. A BBV se mostrou fonte de fibra alimentar, amido resistente e minerais, além de valores elevados para compostos fenólicos totais (518,39 mg ácido gálico equivalente/ 100 g de amostra) e capacidade antioxidante por DPPH (518,39 mg de trolox equivalente/ 100 g de amostra) e FRAP (5307,62 mg de trolox equivalente/ 100 g de amostra). A substituição da pele de frango por BBV melhorou a capacidade de retenção de água, reduziu em até 56,1% de gordura totais, 75,5% de gordura saturada e 32,13% do valor energético. Observou-se ainda estabilidade microbiológica e oxidativa das mortadelas até 90 dias de armazenamento, e escala de aceitação sensorial de gostei ligeiramente para todas as formulações. Pode-se concluir que a utilização de BBV é uma alternativa viável e saudável como substituto de até 100% de pele de frango em mortadelas, apresentando características nutricionais e tecnológicas melhoradas. Além disso, essa proposta visa ampliar a oferta de ingrediente natural e funcional para as indústrias de alimentos, aumentando o seu consumo e minimizando os danos com a poluição ambiental, resultante do desperdício da cadeia produtiva de bananas.

Palavras-chave: Coproduto, Redução de gordura, Carne emulsionada.

ABSTRACT

AURIEMA, Bruna Emygdio. **Characterization of green banana biomass and evaluation of its effect as a partial and total substitute for chicken skin in chicken mortadella.** 2021. 130p. Thesis (PhD in Food Science and Technology). Technology Institute, Department of Food Technology, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2021.

The consumption of processed meat products has been linked to the increase in coronary heart disease due to its high fat content. In this way, the meat industries they have been looking for alternative ingredients as substitutes, as long as they do not impair the technological and sensory quality of the final product. Green banana biomass is a viable technological alternative, in addition to contributing with nutritional benefits and reducing or waste the production chain. Based on this context, the objective of this work was to evaluate the functional resources and technological properties of green banana biomass (GBB) and its effect as a partial and total substitute for chicken skin in chicken mortadella. Five different formulations of chicken mortadella were made, one control (without reduction of chicken skin and without addition of GBB) and others with reduction of 25, 50, 75 and 100% of chicken skin replaced by GBB. GBB was analyzed for approximate chemical composition, water holding capacity (WHC), oil holding capacity (OHC), mineral compounds, ascorbic acid, total phenolic compounds, antioxidant capacity (DPPH and FRAP) and antimicrobial activity. Mortadella was evaluated for physical-chemical, sensory characteristics and during the 90-day storage period (4 °C) in relation to microbiological conditions, color, pH, and lipid oxidation. BBV presented a source of dietary fiber, resistant and mineral starch, in addition to high values for total phenolic compounds (518.39 mg of gallic acid equivalent/100 g of sample) and antioxidant capacity by DPPH (3583.12 μmols trolox equivalent /100 g of sample) and FRAP (5307.62 μmols trolox equivalent /100 g of sample). The replacement of chicken skin by GBB improves the water retention capacity, reduced by up to 56.1% of total fat, 75.5% of saturated fat and energy content by 32.13%. It was also observed a microbiological and oxidative stability of mortadella up to 90 days of storage as well as sensory acceptance of sample with total chicken skin replaced by GBB. It can be concluded that the use of BBV is a viable and healthy alternative as a substitute for up to 100% chicken skin in mortadella, with better nutritional and technological characteristics. In addition, this proposal aims to expand the supply of natural and functional ingredients for the food industries, and minimize damage from environmental pollution resulting from the waste in the banana production chain.

Keywords: Coproduct, Fat reduction, Emulsified meat.

ESTRUTURA DA TESE

A tese propõe a utilização de biomassa de banana verde (BBV) como um ingrediente natural para substituir a pele de frango adicionada em mortadela de frango. A mortadela é um dos produtos cárneos processados mais consumido pela população brasileira, no entanto, devido ao elevado teor de gordura deste produto, seu consumo vem sendo restritivo. Dessa forma, a substituição da gordura por BBV pode contribuir com as características nutricionais e funcionais das mortadelas, uma vez que os consumidores atuais, buscam alimentos com teores reduzidos de gorduras e principalmente que forneçam benefícios complementares à nutrição básica, sem comprometer a aceitabilidade.

Esta tese é apresentada primeiro com uma Introdução geral, seguida da Revisão bibliográfica que é dividida pelos seguintes tópicos: banana, alimentos funcionais, mortadela, substituto de gordura em produtos cárneos, validade comercial de produtos cárneos e análise sensorial. No tópico banana, é apresentado a origem, classificação botânica e produção, e as características gerais de banana verde e biomassa de banana verde. Em alimentos funcionais, são descritos a definição, as características e são abordados os ingredientes funcionais em produtos cárneos. Sobre a mortadela, são descritos a definição, aspectos gerais, emulsão e emulsão cárnea. Em substituto de gordura em produtos cárneos, são relatados trabalhos de pesquisas recentes da literatura, e em validade comercial de produtos cárneos, o enfoque principal é sobre a estabilidade microbiológica e oxidação lipídica de carnes e derivados e, por fim, análise sensorial que aborda as metodologias utilizadas neste estudo.

A etapa experimental é composta pela caracterização da biomassa de banana verde e avaliação dos atributos sensoriais de mortadelas de frango elaboradas com biomassa de banana verde como substituto total e parcial de gordura (Capítulo 1). A segunda parte, apresenta a caracterização físico-química e sensorial dinâmica das diferentes formulações de mortadelas de frango (Capítulo 2). Por fim, o terceiro experimento avalia a estabilidade da oxidação lipídica das mortadelas de frango reformuladas (Capítulo 3).

O Capítulo 1 tem como título “Biomassa de banana verde: propriedades físico-químicas e funcionais, e seu potencial como substituto de gordura em uma mortadela de frango” e apresenta como objetivo principal propor um ingrediente natural e funcional para ser adicionado em produtos cárneos emulsionados. Este estudo caracterizou a biomassa de banana verde e avaliou a percepção do consumidor sobre os atributos sensoriais de mortadela de frango adicionadas de biomassa de banana verde e com redução de pele de frango. A partir deste estudo, a biomassa de banana verde mostrou-se um potencial ingrediente natural para ser utilizado como substituto de gordura em mortadela e, além disso, foi possível utilizar o método de Elicitação preferencial de atributos para caracterizar sensorialmente as diferentes formulações de mortadelas.

Em seguida, o Capítulo 2, intitulado como “Substituição de pele de frango por biomassa de banana verde e seu impacto sobre as propriedades tecnológicas, nutricionais e dinâmica sensorial de mortadela de frango”, teve como objetivo avaliar o efeito da substituição da gordura por biomassa de banana verde em mortadela de frango sobre as propriedades físico-químicas, dinâmica sensorial, aplicando o teste *Temporal-Check-All-That-Apply* (TCATA) e avaliar a aceitação sensorial. O estudo mostrou que a substituição da pele de frango por biomassa de banana verde melhorou a propriedade nutricional, apresentando redução no teor de gordura total, gordura saturada e valor energético e, além disso, contribuiu em aumentar a capacidade de retenção de água. Em relação aos resultados do teste TCATA, foi possível determinar os principais atributos percebidos

pelos consumidores e entre eles, os que se destacaram positivamente e negativamente para os consumidores. Dessa forma, é possível melhorar a formulação das mortadelas de acordo com a preferência de gosto dos consumidores.

Por fim, o Capítulo 3, intitulado como “Correlação entre o método ressonância magnética nuclear e o método tradicional para avaliar a oxidação lipídica de produto cárneo emulsionado de frango com substituição de gordura por biomassa de banana verde”, que objetivou avaliar a estabilidade da oxidação lipídica das mortadelas durante 90 dias de armazenamento, através dos métodos de ressonância magnética nuclear de próton (^1H RMN) e substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), além disso, os dados de ^1H RMN foram correlacionados com os dados de espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FT-IR), cromatografia gasosa de ionização de chama (CG-FID) e parâmetros físico-químicos. O estudo mostrou que ao final do armazenamento os resultados de TBARS não diferiram entre as amostras, outro resultado observado foi o aumento da concentração de ácidos graxos *trans* pelo CG-FID, bem como a identificação de grupos duplamente alílicos por ^1H RMN, no entanto, não foi identificado carbonos oxigenados. Os resultados mostraram que os dados de ^1H RMN foram correlacionados positivamente com o teor de lipídios e ácidos graxos *trans* e negativamente com TBARS. Portanto, a análise de ^1H RMN revelou ser um método eficiente e com alta precisão para determinação da oxidação lipídica.

No final da tese é apresentada uma conclusão geral e recomendações finais.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Classificação e variedade de bananas, de acordo com Linneu e Simmonds (1973).	4
Tabela 2- Quadro de alegações de propriedades funcionais e/ou de saúde aprovadas pela ANVISA.	10
Tabela 3- Parâmetros físico-químicos e microbiológicos de mortadela.....	14

ARTIGO 1

Table 1- Proximate chemical composition of the green banana biomass (GBB).....	85
Table 2-Composition of macro and micro mineral and Recommended Daily Intake (RDI) of essential minerals (IOM, 1997, 2001 and 2005).	86
Table 3- Ascorbic acid (AA), total phenolic compounds (TPC) and antioxidant capacity by the methods of ferric reducing power (FRAP) and free radical scavenging (DPPH) of GBB.	87

ARTIGO 2

Tabela 1- Formulação de mortadelas de frango com reposição de 0, 25, 50, 75 e 100% de pele de frango por BBV.....	47
Tabela 2- Resultados da composição química aproximada e valor energético das diferentes formulações de mortadelas de frango.....	53
Tabela 3- Resultados de pH e Atividade de água (Aa) das diferentes formulações de mortadelas de frango.....	53
Tabela 4- Resultados da estabilidade da emulsão (EE) e capacidade de retenção de água (CRA) das diferentes formulações de mortadelas de frango.....	54
Tabela 5- Resultados de cor instrumental (L*, a* e b*) das diferentes formulações de mortadelas de frango.....	55
Tabela 6- Resultados do perfil de textura instrumental das diferentes formulações de mortadelas de frango.....	56
Tabela 7- Perfil de ácidos graxos (mg.100 g ⁻¹ amostra) das diferentes formulações de mortadela de frango.....	58
Tabela 8- Média de aceitação das mortadelas de frango com 0, 25, 50, 75 e 100% de substituição de pele de frango por BBV obtida no dia dos testes de TCATA.....	64

ARTIGO 3

Table 1-Pearson correlation coefficient to several analysis of FC, F1, F2, F3 and F4 at 90 days.....	115
--	-----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Escala de maturação de Von Loesecke.....	5
Figura 2-Fluxograma geral de elaboração de mortadela	16
Figura 3-Representação esquemática de uma emulsão cárnea.....	17
Figura 4-Fotografia de uma emulsão cárnea corada pelo método de Eosina, onde FPI representa o filme proteico interfacial.	18
Figura 5-Reação em cadeia da oxidação lipídica.	23

ARTIGO 1

Figure 1- Inhibition zone (mm) of green banana biomass (GBB) extracts, acetone 70% and antibiotics against pathogenic microorganisms.	88
Figure 2- Sensory attributes generated in the PAE 1 session (a) and PAE 2 session (b). The descriptive data from the PAE sessions was then combined and normalized using Generalized Procrustes Analysis.	90
Figure 3- Preference map generated by multiple factor analysis (MFA) from the results of PAE 1 (n=15) e PAE 2 (n=12).	91

ARTIGO 2

Figura 1- Microscopia eletrônica de varredura (MEV) de mortadelas de frango com (a) ampliação de 50 × e (b) 500 ×. FC = mortadela controle (23% de pele de frango); F1, F2, F3 e F4: 25, 50, 75 e 100% de substituição da pele de frango por BBV.....	600
Figura 2- Frequência de citação dos atributos sensoriais avaliados das mortadelas de frango, FC, F1, F2, F3 e F4, em um em um TCATA (Temporal Check-All-That-Apply). FC = mortadela controle (23% de pele de frango); F1, F2, F3 e F4: 25, 50, 75 e 100% de substituição da pele de frango por BBV.	6262
Figura 3- Curvas de diferença entre frequências de citação dos atributos sensoriais avaliados em um TCATA (Temporal Check-All-That-Apply) de F0 com F1 (a), FC com F2 (b), F0 com F3 (c) e FC com F4 (d). FC = mortadela controle (23% de pele de frango); F1, F2, F3 e F4: 25,50,75 e 100% de substituição da pele de frango por BBV.	6363
Figura 4- Análise de penalidade sobre as médias gerais e proporções de citações de atributos sensoriais para amostras de mortadela de frango por quatro períodos de tempos idênticos (Q1 a Q4).	6666

ARTIGO 3

Figure 1- (a) pH and (b) TBARS values of FC, F1, F2, F3 and F4 during refrigerate storage for 90 days.....	106
Figure 2- Changes in color (a) L*, (b) a*, (c) b*, (d) C*and (e) h* value and (f) colorimetric difference (ΔE) of FC, F1, F2, F3 and F4 during refrigerate storage for 90 days.....	108

Figure 3- ¹ H NMR spectra of (a) FC, (b) F1, (c) F2, (d) F3, (e) F4 from 0 to 90 days of storage and ¹³ C NMR spectra (f) of FC at 1 and 90 days of storage, (g) decline of allyl protons ($\delta_H = 2.67\text{-}2.80$ ppm) to all formulations at 90 days of storage.	111
Figure 4- % Increase of trans content from 1 to 90 days.....	112
Figure 5- FT-IR spectra of (a) FC, (b) F1, (c) F2, (d) F3 and (e) F4 at 1 and 90 days of storage.....	113

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	1
OBJETIVO GERAL.....	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
1 BANANA (<i>Musa spp</i>).....	4
1.1 Origem e Classificação Botânica.....	4
1.2 Produção Mundial e no Brasil	6
1.3 Banana Verde e Suas Propriedades	7
1.4 Biomassa de Banana Verde (BBV)	8
2 ALIMENTOS FUNCIONAIS	9
2.1 Definição e Características	10
2.2 Ingredientes Funcionais em Produtos Cárneos.....	12
3 MORTADELA	14
3.1 Definição e Aspectos Gerais.....	14
3.2 Emulsão Carnea.....	16
4 SUBSTITUTOS DE GORDURA EM PRODUTOS CÁRNEOS.....	18
5 VALIDADE COMERCIAL DE PRODUTO CÁRNEO	20
5.1 Estabilidade Microbiológica de Produtos Cárneos.....	20
5.2 Oxidação Lipídica.....	21
6 AVALIAÇÃO SENSORIAL	25
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
CAPÍTULO I - Biomassa de banana verde: Propriedades físico-químicas e funcionais e seu potencial como substituto de gordura em uma mortadela de frango ¹	40
CAPÍTULO II - Substituição de pele de frango por biomassa de banana verde e seu impacto sobre as propriedades tecnológicas, nutricionais e dinâmica sensorial de mortadela de frango	42
CAPÍTULO III - Correlação entre o método ressonância magnética nuclear e o método tradicional para avaliar a oxidação lipídica de produtos cárneos emulsionados de frango com substituição de gordura por biomassa de banana verde ²	73
CONCLUSÃO GERAL	75
RECOMENDAÇÕES FUTURAS	76
APÊNDICE I.....	77
APÊNDICE II.....	98

INTRODUÇÃO GERAL

A banana (*Musa spp.*) apresenta grande importância econômica mundial, sendo uma das frutas tropicais mais cultivadas no mundo, chegando a produzir até 115,7 milhões de toneladas em 2018 (FAO, 2018). No Brasil, ocupa o segundo lugar em volume de fruta mais cultivada (6.760,5 toneladas), perdendo apenas para a laranja (14.796.218 toneladas) (CONAB, 2017; IBGE, 2017). No entanto, apresenta alto índice de perda durante a produção e comercialização, podendo chegar até 60% de desperdício, pois a fruta apresenta vida útil curta e precisa ser consumida rapidamente (RANIERI e DELANI, 2014). Portanto, o processamento dessa fruta, principalmente as que se apresentam fora dos padrões de qualidade para consumo e venda *in natura*, poderia ser uma alternativa para reduzir as perdas e, conseqüentemente, gerar menos impacto ambiental e agregar valor econômico. Além disso, o processamento da banana pode melhorar a biodisponibilidade e a utilização dos nutrientes disponíveis da fruta, principalmente o uso da banana verde (FALCOMER et al., 2019).

A banana verde é considerada fonte de fibras, vitaminas, sais minerais, amido resistente, compostos bioativos e possui efeito prebiótico (ALVES et al., 2016; OI, MORAES JR.; TAMBOURGI, 2012; RAMOS, LEONEL; LEONEL, 2009; PEREIRA; MARASCHIN, 2015; CHAKRABORTY et al., 2017; FAGBEMI et al., 2009; COSTA et al., 2017). Porém seu consumo não é habitual devido à presença de taninos, que causa adstringência, e a textura firme (FALCOMER et al., 2019). O processamento da banana verde na forma de biomassa pode ser uma alternativa, pois a banana verde quando cozida apresenta inodora e sem sabor, podendo ser adicionada em diversas matrizes alimentares (RANIERI e DELANI, 2014). Neste sentido, o aproveitamento deste coproduto para o processamento de novos alimentos pode representar um segmento importante para as indústrias de alimentos.

O consumo de produtos cárneos processados vem se destacando devido à conveniência, variedade, preço e valor nutricional. Dentre esses produtos, a mortadela tem sido apreciada por todas as classes sociais com alta popularidade e demanda no mercado de embutidos, principalmente por ser acessível e apresentar sabor e aroma agradável (JÚNIOR et al., 2019). No entanto, a mortadela pode apresentar alto teor de gordura, sendo permitida a adição de até 35% de gordura animal (BRASIL, 2000). Por isto, o consumo demasiado deste produto está associado com aumento das doenças cardiovasculares (SILVA et al., 2019).

Com a crescente preocupação dos consumidores com a saúde e a busca por alimentos com redução de gordura, as indústrias cárneas vêm buscando alternativas saudáveis de substitutos de gorduras, e que não afetem negativamente as características tecnológicas e sensoriais do produto (CHOE & KIM, 2019; ALVES et al., 2016). Alguns estudos têm utilizados derivados de vegetais como alternativa de substituto de gordura, além de promover benefícios à saúde, contribui para o desenvolvimento de produtos cárneos funcionais (ALVES et al., 2016; WOLFER et al., 2018; PINTADO et al., 2018; AURIEMA et al., 2019; UTAMA et al., 2019; TEXEIRA et al., 2019; PIRES et al., 2020).

Até o momento, nenhuma pesquisa foi realizada sobre o efeito da biomassa de banana verde (BBV) como substituto parcial e total de pele de frango em mortadela de frango. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar as características nutricionais, tecnológicas e funcionais da BBV, elaborar mortadela de frango com substituição total e

parcial de pele de frango por BBV e avaliar as propriedades físico-químicas, tecnológicas e sensoriais.

OBJETIVO GERAL

Estudar as propriedades químicas e funcionais de biomassa de banana verde (BBV) e avaliar o efeito como substituto parcial e total de pele de frango em mortadela de frango.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar a composição química e as propriedades funcionais e tecnológicas de biomassa de banana verde (BBV);
- Elaborar formulações de mortadelas de frango com adição de BBV como substituto parcial e total de pele de frango;
- Avaliar a composição química, atividade de água, capacidade de retenção de água, estabilidade da emulsão, perfil de textura, microscopia eletrônica de varredura, perfil de ácidos graxos e compostos voláteis das mortadelas de frango elaborada com adição e sem adição de BBV;
- Avaliar as características sensoriais dinâmicas, através dos testes de Elicitação preferencial de atributos e *Temporal-Check-All-That-Apply* (TCATA), e aceitabilidade das mortadelas adicionadas de BBV;
- Avaliar as condições microbiológicas das mortadelas de frango elaborada com adição e sem adição de BBV, após 24 horas de processo e durante o armazenamento (15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias) a 4 °C.
- Avaliar a cor, pH, oxidação lipídica e compostos secundário da oxidação lipídica da mortadela de frango elaborada com adição e sem adição de BBV, após 24 horas de processo e durante o armazenamento (30, 60 e 90 dias) a 4 °C.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1 BANANA (*Musa spp*)

1.1 Origem e Classificação Botânica

A origem da banana se deu no sudeste da Ásia, sendo disseminada posteriormente para outras regiões da Ásia, Índia e África, e foi introduzida na América e nas Antilhas no século XVI (ALVES, 2001). A bananeira pertence à classe das *Monocotyledoneae*, ordem *Scitaminales*, família *Musaceae*, da qual possui três subfamílias: *Heliconioideae*, *Strelitzioideae* e *Musoideae*. Esta última inclui dois gêneros, o gênero *Musa*, que se encontram os frutos comestíveis e o gênero *Ensete*, que se encontram os frutos ornamentais. O gênero *Musa* é representado por cerca de 30 espécies e tem maior interesse tecnológico, pois é neste gênero que estão às variedades de banana Prata, Nanica, Nanicão, Marmelo, Ouro, Pacovan entre outras (MEDINA et al., 1985). No Brasil, as variedades mais difundidas foram Prata, Pacovan, Prata Anã, Maçã, Mysore, Terra, D'Angola, Nanica, Nanicão e Grande Naine (PEREIRA et al., 2006).

A nomenclatura *Musa* foi criada por Linneu, que homenageou o médico do primeiro imperador romano, Antonius Musa (JOLY, 1991). As variedades das bananas são classificação de acordo com os grupos cromossômicos, seguindo a classificação de Simmonds (1973). A Tabela 1 apresenta a classificação de Linneu e Simmonds das variedades de bananas comercializadas, de acordo com a citação de Joly (1991).

Tabela 1- Classificação e variedade de bananas, de acordo com Linneu e Simmonds (1973) ('Continuação).

Classificação	Variedades
Linneu	
<i>Musa cavendishii</i>	Nanica, Nanicão, Grande Naine, Baé, Anã, Caturra, China, Cambota e outras.
<i>Musa sapientum</i>	Marmelo, Ouro, Prata, Maçã, Branca, Caru-roxa, Caru-verde, São Tomé, Figo, Sta. Maria e outras.
<i>Musa paradisiaca</i>	Da terra, Farta velhaco, Pacová, Comprida ou Chifre de boi e outras.
Simmonds	
Grupo diploide Acuminata AA	Banana ouro

Tabela 1- Continuação

Grupo triploide Acuminata AAA	Nanica, Nanicão, Gros-michel, Caruroxa, Caru-verde
Grupo triploide híbrido natural AAB	Terra, Maçã, Pacová, Prata
Grupo triploide híbrido natural ABB	Marmelo

Fonte: Joly (1991).

A banana é uma fruta classificada como climatérica, ou seja, após a colheita há um aumento na taxa de respiração e produção de etileno, assim, pode ser colhida antes do amadurecimento. Na fase do climatério acontecem as principais mudanças sensoriais da fruta, como mudanças na coloração da casca, alterações no sabor e aroma e maciez da polpa, que são as características da fruta madura (MEDINA & PEREIRA, 2004).

O estágio de maturação da fruta pode ser classificado através da coloração da casca, Figura 1, que vai do verde ao amarelo, segundo a escala de Von Loesecke (1950).

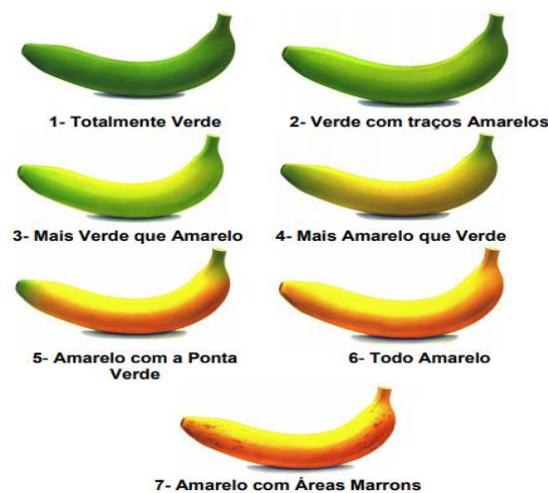


Figura 1- Escala de maturação de Von Loesecke.

Fonte: PBMH; PIF (2006)

Com base no índice de cores da casca, o processo de amadurecimento da banana é dividido em oito estágios diferentes, de acordo com Aurore et al. (2009).

O estágio I: a fruta da banana é inteiramente verde e geralmente não é comido como fruta nesta fase porque é verde, muito dura, adstringente e rico em amido.

Estágio II: a banana é mais verde nesse estágio e semelhante ao estágio I.

Estágio III: a fruta é mais verde que amarela nesta fase, mas ainda invencível.

Estágio IV: a cor da banana muda de verde para amarelo e amarelo é mais dominante que o verde nesta fase.

Estágio V: a aparência das frutas é alterada ainda mais com o pedúnculo o verde e amarelo do meio.

Estágio VI: a banana torna-se completamente amarela nesse estágio.

Estágio-VII: a banana aparece completamente amarela com manchas marrons.

Estágio-VIII: a banana é considerada muito madura e etapa de senescência.

Além da mudança da coloração, a polpa da banana também sofre processos de modificações, principalmente no sabor e textura. A polpa quando verde, caracteriza-se por sabor adstringente devido à grande quantidade de compostos fenólicos solúveis, principalmente taninos. À medida que ocorre o amadurecimento da banana, os compostos fenólicos sofrem polimerização, diminuindo a adstringência e aumentando sua doçura (BORGES; PEREIRA; LUCENA, 2009). No início da maturação, a banana possui uma firmeza notavelmente maior, devido a quantidade elevada de amido, e durante o amadurecimento este amido é convertido em açúcares, o que diminui progressivamente a firmeza da banana e tornando-a mais macia (SALIH et al., 2017). A firmeza do fruto também é comprometida pela degradação das pectinas e a transferência da água da casca da banana para a polpa durante o amadurecimento (TAPRE & JAIN, 2012).

1.2 Produção Mundial e no Brasil

A banana é uma fruta de grande importância econômica mundial, sendo cultivada em mais de 130 países em regiões tropicais e subtropicais em todo o mundo. É possível existir mais de 300 variedades de banana em diferentes países. Além disso, a maioria das espécies tem crescido nos trópicos indo-malaios, asiáticos, caribenhos, latino-americanos, africanos e australianos (QAMAR & SHAIKH, 2018). A produção mundial foi de 116,8 milhões de toneladas em 2019. A Índia é considerada a principal contribuinte, com produção de 30,5 milhões de toneladas ao ano, em seguida, China com 11,9 milhões de toneladas ao ano, Indonésia com 7,3 milhões de toneladas ao ano, e Brasil com 6,8 milhões de toneladas ao ano (FAO, 2019).

Segundo Manica (1997), o grande volume de banana comercializada nos mercados mundiais pode ser explicado por vários fatores, entre os quais se destacam: a possibilidade de produção continuada durante todo o ano, o elevado rendimento por hectare e ciclo reduzido da cultura, a facilidade de manejo e armazenamento da fruta verde e a simplicidade e rapidez de amadurecimento.

A indústria de bananas no Brasil tem crescido gradativamente e efetivado seu lugar entre os produtos mais produzidos e comercializados no país. A banana é a segunda fruta em volume mais cultivada, ficando apenas atrás da laranja (14,8 milhões de toneladas) (CONAB, 2017). A produção de banana é distribuída por toda região do país, e os estados produtores predominantes são: Bahia (1.004,00 toneladas), São Paulo (985,3 toneladas), Minas Gerais (809,7 toneladas), Santa Catarina (708,0 toneladas), Pará (529,5 toneladas), Ceará (348,1 toneladas), Pernambuco (326,5 toneladas), Espírito Santo (303,3 toneladas), Paraná (269,5 toneladas) e demais estados (1.476,4 toneladas) (IBGE, 2017).

A comercialização e produção das bananas, são divididas por duas fases de acordo com Barros et al. (2008):

Fase 1: a colheita e transporte dos cachos até o local de beneficiamento, onde o cacho é despencado e as pencas embaladas na folhagem da própria bananeira. Essa fase ocorre dentro da propriedade;

Fase 2: as embalagens são levadas para os locais de comercialização, como Centros Estaduais de Abastecimento (Ceasas), feiras livres etc. Dessa forma, a banana passa a ser comercializada em todo o Brasil e chega à mesa dos brasileiros. Assim, os dados sobre o consumo da fruta são analisados.

O consumo médio brasileiro de bananas é de 35 kg/ano, e cerca de 98% da produção é destinada ao consumo *in natura*, e os 2% restantes da produção representam a fruta processada, como chips, purê, doces, banana-passa, flocos, farinha, entre outros (SOUSA et al., 2019).

No entanto, devido à banana ser uma fruta climatérica e ao hábito da população consumir frutas maduras, há uma grande perda durante a cadeia produtiva e comercialização de bananas no Brasil. Estima-se perder até 60% da produção em algumas regiões. Estas perdas se devem a alguns fatores como: técnicas inadequadas de colheita, tipo de transporte, armazenagem dos frutos, falhas na distribuição e dificuldade de inserir no mercado as frutas que estão fora dos padrões de qualidade (RAMOS et al., 2009; RANIERI & DELANI, 2014).

Uma alternativa para reduzir essas perdas seria por meio da industrialização dessas frutas, principalmente das frutas fora dos padrões de qualidade para consumo *in natura*, embora sem o comprometimento da qualidade da polpa. Dessa forma, através do processamento dessas frutas, surge uma nova linha de produtos obtidos do aproveitamento de uma parte da produção que seria inicialmente desperdiçada e abre caminho para outros mercados (SILVA & RAMOS, 2009).

1.3 Banana Verde e Suas Propriedades

A industrialização da banana verde, quando se encontra no estágio 1 a 2 de maturação, pode ser uma alternativa para reduzir o desperdício pós-colheita e apresenta um material de baixo custo para as indústrias de alimentos. Além disso, a banana verde é considerada um alimento funcional, pois é fonte de fibras (6 a 15,5% base seca) e apresenta alto teor de amido resistente (40,9 a 58,5% base seca), que pode apresentar efeitos benéficos à saúde (ALVES et al., 2016). O amido resistente é a fração do amido que não é absorvido no intestino delgado de um indivíduo saudável, chegando intacto ao intestino grosso, onde é fermentado pela microbiota bacteriana, comparando-se esses efeitos aos da fibra alimentar (RAMOS et al., 2009).

A ingestão de amido resistente tem sido associado a vários benefícios à saúde, como redução do colesterol e triglicerídeos (MATSUDA et al., 2016), contribui para a queda do índice glicêmico, que é o nível de açúcar no sangue, e com isso auxilia no tratamento de diabetes, principalmente a diabetes tipo 2 (SARDÁ et al., 2016), promove a sensação de saciedade por um período maior de tempo e efeitos potenciais sobre o tratamento da doença renal crônica (LOCKYER & NUGENT, 2017), diminuição dos sintomas de constipação intestinal e de doenças inflamatórias que acometem o intestino, promovendo a melhora da saúde intestinal (GUMBREVICIUS, 2016). Para as indústrias de alimentos, o amido é o principal responsável pelas propriedades tecnológicas, podendo ter diversas funções como: espessante, estabilizador coloidal, agente gelificante e intensificador de volume. Dessa maneira, contribui com várias propriedades da textura dos alimentos processados (BEZERRA et al., 2013).

As bananas maduras também são consideradas como fontes de potássio, contém em média 467 mg.100 g⁻¹, um mineral essencial para manter a pressão sanguínea e a função cardíaca normal. Estima-se que o consumo diário de uma banana pode ser fonte potencial de potássio para as pessoas que sofrem de deficiência de potássio (AUDU et al., 2015). Além do potássio, outros minerais foram encontrados em polpa e casca de banana verde como fósforo, cálcio, sódio, magnésio, ferro, zinco, cobre e manganês (ARVANITTOYANNIS e MAVROMATIS, 2009; SULAIMAN et al., 2011, ANYASI et al., 2018). Outros micronutrientes presentes na banana verde são as vitaminas, e as principais encontradas são A, C e do complexo B (B1, B2 e niacina).

Siriamornpun e Kaewseejan (2017) avaliaram o teor de compostos fenólicos totais, vitamina C e capacidade antioxidante (DPPH e FRAP) em bananas verdes e maduras, e encontraram maiores concentrações no fruto verde a maduro. Outros autores

encontraram atividade antimicrobiana em extrato aquoso e alcoólico (70%, v/v) de banana verde, contra os microrganismos *Staphylococcus aureus* ATCC 25921, *S. aureus*, *Salmonella paratyphi*, *Shigella flexnerii*, *Escherichia coli* ATCC 25922, *E. coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Bacillus subtilis* e *Pseudomonas aeruginosa* (FAGBEMI et al., 2009). Além disso, a banana verde apresenta propriedades medicinais como antidiarreica, antiulcerativa, atividade hipoglicêmica e reduz o risco de câncer colorretal (QAMA e SHAIKH, 2018).

Diante das características funcionais e tecnológicas da banana verde, alguns estudos têm desenvolvido trabalhos a partir de farinhas de banana verde e biomassa de banana verde com o intuito de agregar valor funcional aos alimentos (COSTA et al., 2017; ALVES et al., 2016; SEGUNDO et al., 2017; CASTELO-BRANCO et al., 2017; BATISTA et al., 2017; VOGADO et al., 2018; SOUZA et al., 2018; KHOZANI et al., 2020).

1.4 Biomassa de Banana Verde (BBV)

A BBV constitui de uma pasta homogênea que pode ser utilizada em diversos tipos de alimentos. Para o processamento da biomassa é necessário que as bananas com as cascas sejam lavadas em água corrente, em seguida devem ser colocadas em uma panela de pressão, adicionando água até cobrir todas as frutas, e submeter ao cozimento por cerca de 15 minutos. Após o cozimento, as bananas podem ser processadas em três tipos de biomassa: 1) Biomassa da polpa, quando apenas a polpa é processada. 2) Biomassa da casca, quando apenas a casca é processada. 3) Biomassa integral, quando a casca e a polpa são processadas juntas. O processamento é feito com as partes da banana ainda quente e por moagem (RANIERI & DELANI, 2014, RIQUETTE et al., 2019).

A banana quando verde apresenta forte adstringência, devido à elevada concentração de taninos, no entanto, durante o cozimento, esses taninos presentes são perdidos na água, tornando a polpa de sabor e odor neutro. Por estas características, a BBV pode ser utilizada em diversas preparações, como doce e salgadas, pois não interfere no sabor e no odor final dos produtos (RANIERI & DELANI, 2014).

A biomassa de banana verde pode ser caracterizada como alimento funcional, pois é fonte de fibra alimentar (3,2%) e amido resistente (4,3%), que apresentam benefícios ao corpo humano (COSTA et al., 2017). Como já mencionado, este amido apresenta propriedades funcionais semelhantes às fibras alimentares na prevenção de doenças degenerativas associadas ao metabolismo intestinal (ALVES et al., 2016; RAMOS et al., 2009). Além disso, a adição de BBV nos alimentos pode contribuir com o enriquecimento nutricional, pois ela é fonte de sais minerais como potássio, fósforo, sódio, magnésio, cálcio e ferro, que são indispensáveis para o bom funcionamento do organismo (IZIDORO et al., 2008).

Diante das características funcionais e nutricionais da BBV, foram encontrados na literatura, até o momento, alguns estudos que adicionaram BBV em produtos alimentícios com a finalidade de melhorar as características funcionais, nutricionais e/ou tecnológicas.

Costa et al. (2017) avaliaram o efeito prebiótico de BBV adicionados (3,5 e 10%) em iogurtes fermentados cultivados por culturas de *Lactobacillus delbrueckii*, *Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium bifidum* e *Lactobacillus acidophilus*. A adição da BBV nos iogurtes contribuiu com a multiplicação de *L. acidophilus* após o primeiro dia de fermentação e *B. bifidum* após sete dias em armazenamento refrigerado, sem interferir nas características físico-químicas ou sensoriais.

Em outros estudos com iogurtes, Vogado et al. (2018) estudaram cinética de crescimento de *L. paracasei* LBC 81 em leites fermentados enriquecidos (3,6 e 9%) com BBV e o efeito da incorporação de BBV na composição química e na aceitação sensorial. Os autores concluíram que a adição de BBV acelerou o crescimento e estabilizou a viabilidade de *L. paracasei* LBC 81 durante 14 dias de armazenamento refrigerado e adição de 6% de BBV apresentou maior aceitação. Por outro lado, uma das desvantagens da incorporação da BBV no leite fermentado foi o aumento da sinérese e a ocorrência de pós-acidificação durante o período de armazenamento.

A BBV também tem sido utilizada como ingrediente para substituir produtos com glúten. Dias et al. (2011) desenvolveram massa de empada a base de BBV, sem glúten e sem lactose, com objetivo de atender o público celíaco e intolerantes a lactose. Os autores avaliaram sensorialmente e o resultado apresentou boa aceitação do produto, o que confere à BBV uma possibilidade de utilizá-la como ingrediente principal ou substituto parcial ou total de outros ingredientes da massa.

Souza et al. (2018) substituíram a gordura (0 a 100%) de bolo de libra por BBV, e avaliaram a melhor formulação através de teste sensorial e análises físicas. A adição da BBV aumentou a luminosidade, firmeza e elasticidade das amostras de bolo. De acordo com o teste sensorial, os provadores identificaram alteração na cor, tamanho da fatia, compactação e alguns atributos de odor, sabor e textura nos bolos adicionados de BBV. No entanto, os autores conseguiram substituir 25% de gordura por BBV em bolos de libra, com pouco impacto na aceitação e nas características sensoriais.

A utilização da BBV em emulsões de maionese foi estudada por Izidoro et al. (2008), que avaliaram as características químicas e o comportamento reológico do produto. Os autores verificaram que todas as formulações testadas apresentaram baixo valor calórico e alto teor de minerais como o potássio, ferro, fósforo, cálcio e magnésio. Concluiu-se também que a polpa de banana verde contribuiu com o aumento nos valores de viscosidade e elasticidade.

Em produtos cárneos, foram encontrados dois estudos que utilizou a BBV. Dinon et al. (2014) desenvolveram uma mortadela tipo Bologna adicionada de BBV e substituíram parcialmente o teor de gordura por linhaça, carragena e pectina. Os autores concluíram que a adição da biomassa e substituição da gordura por linhaça, carragena e pectina na mortadela, apresentou viável sensorial e tecnológica, permitindo produzir mortadelas com teor reduzido de gordura. Bastos et al. (2014) estudaram diferentes formulações de hambúrgueres com substituição da gordura por farinha de aveia, farinha de polpa de banana verde, farinha de casca de banana verde, farinha de casca de maçã e polpa de banana verde em relação as características físicas e aceitação sensorial. As formulações à base de bananas verdes apresentaram melhores resultados sobre a capacidade de retenção de água e rendimento, e a aceitação sensorial foi mais aceita para as formulações à base de farinha de casca e polpa de banana verde e farinha de aveia.

A elaboração de produtos obtidos a partir da biomassa de banana verde proporciona uma alternativa de aproveitamento, uma vez que a BBV pode ser um potencial ingrediente funcional utilizado pelas indústrias de alimentos, além da possibilidade de diversificação da dieta da população. Portanto, mais estudos sobre o uso da BBV em diversas bases alimentícias são necessários.

2 ALIMENTOS FUNCIONAIS

2.1 Definição e Características

A palavra "alimento funcional" foi empregada pela primeira vez no Japão em 1984, por meio de programa do governo, que visava aumentar o consumo de alimentos saudáveis por parte da população que estava envelhecendo. Esses alimentos constituem de nutrientes que ao serem consumidos na alimentação diária causam efeitos benéficos sobre o organismo humano (SILVA & ORLANDELLI, 2019).

Uma definição abrangente para alimento funcional é qualquer alimento, tanto *in natura* quanto processado pelo homem, que quando consumido na dieta possui além das suas funções nutricionais, efeitos metabólicos e fisiológicos no organismo. Exemplos de tais efeitos dos alimentos são: anticancerígenos, antimutagênicos, antioxidantes, antienvhecimento, anti-hipertensivo e outros (VIDAL et al., 2012).

No Brasil, a legislação em vigência, Resolução nº 19 de 30 de abril de 1999, aprovada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e atualizada em 14/03/2016, não define o termo "alimentos funcionais", apenas define a alegação de propriedade funcional como: "Aqueles que descrevem o papel metabólico ou fisiológico que o nutriente ou outros constituintes (ex. substâncias bioativas e microrganismo), possuem no crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções normais do organismo humano" (BRASIL, 2016).

Outra alegação é a de propriedade de saúde, que é definida como: "Aquele que afirma, sugere ou implica a existência da relação entre o alimento ou ingrediente com doença ou condição relacionada à saúde" (BRASIL, 2016).

As alegações funcionais e de saúde permitidas pela ANVISA (BRASIL, 2016) (Tabela 2), estão associadas à presença de ácidos graxos (família do ômega 3), carotenoides (licopeno, luteína, zeaxantina), fibras alimentares (beta-glucana, dextrina, amido resistente, gomaguaiar, inulina, lactulose, polidextrose, psillium, quitosana e frutoligossacarídeos), fito esteróis, polióis (manitol, xilitol, sorbitol) e microrganismos probióticos.

Tabela 2- Alegações de propriedades funcionais e/ou de saúde aprovadas pela ANVISA (Continuação).

Classes	Ingredientes funcionais	Benefícios*
Ácidos graxos	Ômega 3	Auxilia na manutenção de níveis saudáveis de triglicerídeos
Fibras	Fibras alimentares	Auxiliam o funcionamento do intestino.
	Frutoligossacarídeos, Inulina (Prebióticos)	Contribuem para o equilíbrio da flora intestinal.
Fitoesteróis	Fitoesteróis	Auxiliam na redução da absorção de colesterol.

Tabela 2- Continuação

Carotenoides	Licopeno, Luteína, Zeaxantina	Ação antioxidante que protege as células contra os radicais livres.
Proteínas de soja	Proteínas de soja	O consumo diário de no mínimo 25 g de proteína de soja pode ajudar a reduzir o colesterol.
Probióticos		A alegação de propriedade funcional ou de saúde deve ser proposta pela empresa e será avaliado, caso a caso, com base nas definições e princípios estabelecidos na Resolução nº 18/1999.

Fonte: Brasil (2016).

*Desde que associados a alimentação equilibrada e hábitos de vida saudáveis

Ômega 3 é o ácido graxo mais importante como alimento funcional, sendo um ácido poli-insaturado e de cadeia longa. As melhores fontes são encontradas em peixes de águas frias, ou na forma artificial, em fármacos. O seu potencial como funcional está relacionado à diminuição de doenças cardiovasculares, por contribuir no decréscimo da formação de trombos, placas ateroscleróticas e do colesterol. Outros benefícios também foram identificados, como o desenvolvimento normal da retina e do cérebro humano e é considerado por alguns como um ácido graxo essencial durante o desenvolvimento da primeira infância (LANE et al., 2016).

Em relação às fibras, destacam-se os prebióticos, que são componentes alimentares não digeríveis por enzimas digestivas em seres humanos, e são utilizados seletivamente por microrganismos gastrointestinais para conferir benefícios à saúde do hospedeiro (KONAR et al., 2018). Este benefício é mediado durante a estimulação seletiva do crescimento e/ou atividade de uma ou um número limitado de bactérias. A definição de prebióticos se assemelha com a de fibra alimentar; com exceção de sua seletividade para vários gêneros ou tipos de bactérias naturais. Atualmente, apenas moléculas de carboidratos não digeridos (CHO), uma variedade de di-, oligo- e polissacarídeos, amidos resistentes e polióis de açúcar têm propriedades prebióticas (AL-SHERAJI et al., 2013). Alguns exemplos como a inulina, que está presente em tecidos vegetais e que quando hidrolisada dá origem aos frutoligossacarídeos, que não são digeridos, nem absorvidos pelo trato gastrointestinal, chegando ao colón, onde são metabolizados pelas bactérias da microbiota (CORZO et al., 2015).

Os fitoesteróis estão presentes em todos os alimentos de origem vegetal, principalmente em sementes e óleos, com concentrações de até 5%. Desde os anos 50, estudos têm evidenciado que os fitoesteróis possuem efeito redutor de colesterol e anticancerígeno, e no ano de 1985 foi descoberto que a sua ingestão pode reduzir o

número e o tamanho dos cálculos biliares, bem como melhorar os sintomas da prostatite (ENGEL & SCHUBERT, 2005).

Os carotenoides são um grupo de pigmentos naturais responsáveis pela coloração amarela, laranja ou vermelha de diversos alimentos. Estes compostos constituem de propriedades funcionais por desempenharem funções promotoras da saúde aos indivíduos que consumirem alimentos que os contenham. Dentre estas propriedades, destacam-se: precursores de vitamina A, ação antioxidante contra espécies reativas de oxigênio/nitrogênio, que têm sido associadas a risco reduzido de desenvolvimento de várias doenças degenerativas (EL-AKABAWY & EL-SHERIF, 2019). Além disso, estudos confirmam que a luteína e a zeaxantina têm efeito protetor nas doenças oculares relacionadas à idade e na manutenção cognição (JOHNSON, 2014).

A proteína de soja é reconhecida pela sua função nutricional e funcional, pois representa uma fonte de proteína de alta qualidade com baixo teor de gordura saturada e livre de colesterol. Além disso, a proteína de soja também pode ser usada para aumentar a quantidade total de proteína na dieta e reduzir a ingestão de carboidratos ou gorduras (SACKS et al., 2006). Estudos apontam que a proteína de soja apresenta efeitos anticarcinogênicos, efeitos protetores contra a obesidade, diabetes e doenças renais (FRIEDMAN & BRANDON, 2001; RAFIEIAN-KOPAEI et al., 2017). Outros estudos também relataram que o consumo de alimentos de soja (incluindo a proteína) pode aumentar os níveis de bifidobactérias e lactobacilos e melhorar a microbiota intestinal, implicando efeitos benéficos na saúde humana (HUANG et al., 2016).

Probióticos, são microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem benefício à saúde do hospedeiro (FAO/OMS, 2001). Predomina na indústria alimentícia o emprego de cepas probióticas de lactobacilos e bifidobactérias. As principais espécies destes gêneros são *L. acidophilus*, *L. casei*, *B. bifidum*, *B. infantis* e *B. longum*. *Bifidobacterium sp.* são encontradas na microbiota bacteriana intestinal do cólon, enquanto os lactobacilos predominam no intestino delgado. Ambas realizam simbiose, realizando ações de potencialização mútua (ARRUDA et al., 2015). Os probióticos fornecem uma série de benefícios à saúde, principalmente por meio da manutenção de microrganismos intestinais normais, proteção contra patógenos gastrointestinais (TRIPATHI & GIRI, 2014).

2.2 Ingredientes Funcionais em Produtos Cárneos

Dentre os alimentos de origem animal, a carne e seus derivados ocupam uma posição proeminente na dieta humana, devido ao alto teor de proteínas, aminoácidos essenciais e excelente fonte de vitaminas e minerais. Sendo que alguns desses nutrientes (como o ferro, vitamina B12 e ácido fólico) não estão presentes ou têm baixa biodisponibilidade em outros alimentos (ZHANG et al., 2010).

O consumo de carnes está associado tanto às questões culturais como de preferência. No caso de carnes processadas, o consumo está relacionado ao custo, praticidade e variedade dos produtos. Em razão disso, o mercado de produtos cárneos processados tem se expandido rapidamente nos últimos anos e tornou-se a principal forma de comercialização para muitos países (de ÁVILA et al., 2014). Entretanto, estes produtos estão associados a ingredientes que são considerados ruins à saúde, que constituem de altos níveis de ácidos graxos saturados, colesterol, sódio e gordura (DECKER & PARK, 2010).

A crescente preocupação da população em relação à dieta, ingredientes naturais e a saúde estão levando as novas pesquisas com ingredientes funcionais, principalmente no

setor de alimentos processados. Muitos estudos têm sido realizados sobre as multifunções dos compostos presentes nos alimentos, desde o envolvimento com o bem-estar da saúde à redução do risco de doenças (MORAES & COLLA, 2006). No caso de produtos cárneos, as exigências dos consumidores sobre a redução do teor de gordura, cloreto de sódio e nitrito, melhoramento da composição de ácidos graxos e incorporação de ingredientes funcionais, está aumentando cada vez mais em todo o mundo (ZHANG et al., 2010).

Segundo Olmedilla-Alonso et al. (2013), a reformulação de produtos cárneos com uso de ingredientes funcionais é uma excelente oportunidade para a indústria de carne, pois pode melhorar a imagem desses produtos e aumentar a diversificação do setor, através do desenvolvimento de produtos com propriedades benéficas para a saúde e de alto valor agregado. As propriedades funcionais de produtos cárneos podem ser melhoradas adicionando compostos que trazem benefícios à saúde, assim como reduzir componentes que são considerados prejudiciais (gorduras saturadas, sal e nitrito). Além disso, produtos cárneos funcionais também podem ser atraentes para consumidores que estão preocupados em reduzir os possíveis riscos à saúde relacionados ao consumo de carnes processadas (GRASSO et al., 2014).

Uma estratégia simples e eficaz para a produção de produtos cárneos funcionais é incorporação de ingredientes derivados de plantas, visto que são boas fontes de minerais, vitaminas, incluindo vitamina C, ácido fólico, outras vitaminas B, E K, antioxidantes naturais, como polifenóis, flavonoides, diterpenos, fenólicos e taninos, e fibras alimentares (FERNANDEZ-GINÉS et al., 2005; ZHANG et al., 2010).

Alguns estudos encontraram efeito funcional de derivados de vegetais como fontes de prebióticos e fibras em produtos cárneos (salsicha, nugget e hambúrguer) (FELISBERTO et al., 2015; KUMAR et al., 2017; ANGIOLILLO et al., 2015; AFSHARI et al. 2017). Outros estudos avaliaram diferentes tipos de extratos vegetais, como alecrim (PEREIRA et al., 2017), tomate, subprodutos de uva, azeitona, romã (ANDRÉS et al., 2017), frutas vermelhas (LORENZO et al., 2018a), jabuticaba (BALDIN et al., 2018), casca de amendoim (LORENZO et al., 2018b), flor de *Moringa oleifera* (MADANE et al., 2019), casca de romã (SMAOUI et al., 2019), inflorescência de bananas (RODRIGUES et al., 2020), e relataram como potenciais antioxidantes naturais e eficientes em reduzir a oxidação lipídica de produtos cárneos.

Há uma variedade de materiais derivados de plantas (coprodutos e subprodutos), que apresentam fontes de fibras, propriedades prebióticas e compostos bioativos, e são amplamente utilizados como ingredientes no desenvolvimento de alimentos processados. A fibra presente nestes materiais, além de fornecer benefícios à saúde intestinal, pode apresentar propriedades tecnológicas como estabilidade da emulsão, textura, rendimento de cozimento, capacidade de retenção de água e propriedades sensoriais melhoradas, quando incorporadas nas formulações de produtos cárneos. A presença dos compostos bioativos pode contribuir com a inibição da oxidação lipídica e o crescimento microbiano, assim, prolongando a vida útil de produtos cárneos. No entanto, a inclusão desses materiais nas formulações de produtos cárneos deve basear-se nas propriedades físico-químicas, antioxidantes, antibacterianas, tecnológicas, qualidade nutricional e relação custo-benefício (DAS et al., 2020).

3 MORTADELA

3.1 Definição e Aspectos Gerais

A mortadela é caracterizada pela sua aparência rosada, sabor variando do delicado ao forte, massa fina, aroma suave e muito utilizado como ingrediente para lanches. Sua formulação pode ser adicionada de diferentes ingredientes, que varia de acordo com a região e ou objetivo proposto (BESSA et al., 2016; CARRARO et al., 2012; LOURENÇO et al., 2014; WEISS et al., 2010). Antigamente a mortadela era associada ao conceito de um produto muito barato, consumido somente por pessoas de baixa renda, no entanto, tornou-se um produto mais valorizado, uma vez que a qualidade tem melhorado, o preço é acessível e as suas características próprias de praticidade, sabor, odor e textura, têm atraído cada vez mais os consumidores (YUNES et al., 2013).

De acordo com a legislação brasileira, a mortadela é um produto cárneo industrializado, formada a partir de uma emulsão de carnes de animais de açougue, acrescido ou não de toucinho, adicionado de ingredientes, embutido em envoltório natural ou artificial, em diferentes formas, e submetido a tratamento térmico adequado (BRASIL, 2000).

O produto classificado como mortadela pode conter carnes de diferentes espécies de animais de açougue, adição de carnes mecanicamente separadas, até o limite máximo de 60%; miúdos comestíveis de diferentes espécies de animais de açougue (estômago, coração, língua, fígado, rins, miolos), pele e tendões no limite de 10% (máximo) e gorduras. A mortadela de carne de ave deve conter carne de ave, carne mecanicamente separada, no máximo de 40%, até 5% de miúdos comestíveis de aves (fígado, moela e coração) e gorduras (BRASIL, 2000).

Os requisitos estabelecidos para os parâmetros físico-químicos e microbiológicos de mortadelas devem obedecer ao Padrão de Identidade e Qualidade para Mortadelas (PIQ) e Regulamento Técnico Sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos, que estão apresentados na Tabela 3 (BRASIL, 2000; BRASIL 2001).

Tabela 3-Parâmetros físico-químicos e microbiológicos de mortadela.

Parâmetros	Limites permitidos
Umidade	65% (máximo)
Carboidratos totais	10% (máximo)
Amido	5,0% (máximo)
Lipídios	30% (máximo)
Proteínas	12% (mínimo)
Clostrídio sulfito redutor a 46 °C	5 x 10 ² UFC /g(máximo)
Estafilococos coagulase positiva	3 x 10 ³ UFC /g(máximo)
Coliformes a 45 °C	10 ³ UFC /g(máximo)
<i>Salmonella</i>	Ausência

Fontes: BRASIL (2000) e BRASIL (2001).

A composição de mortadelas deve conter ingredientes obrigatório tais como: carnes das diferentes espécies de animais de açougue e sal. E, como ingredientes opcionais: água, gordura animal e/ou vegetal, proteínas de origem animal e/ou vegetal,

aditivos intencionais, agente de liga, açúcares, aromas especiais ou condimentos, vegetais (amêndoas, pistaches, frutas, azeitonas etc.) e queijos (BRASIL, 2000).

Os ingredientes adicionados à mortadela apresentam características únicas e desempenham um papel importante durante o processamento. A água é o ingrediente fundamental na produção dos produtos emulsionados cozido, pois funciona como solvente para o sal sendo necessário para solubilizar as proteínas, se a umidade presente não for suficiente, o potencial de capacidade de emulsificação torna-se limitado. A temperatura da água é importante que seja baixa para evitar a liquefação da gordura (PRICE & SCHWEIGERT, 1994).

Segundo Pearson e Gillett (1996), o cloreto de sódio e íons fosfato ocasiona uma abertura na estrutura dessas proteínas devido à mudança na carga elétrica, as quais são facilmente solúveis na fase aquosa, resultando no intumescimento das proteínas, o qual produz a matriz viscosa, e na emulsificação dessas proteínas solubilizadas, glóbulos de lipídeos e água. De acordo com Ordóñez (2005), nitrito e nitrato servem para estabilizar a cor, desenvolver o aroma característico da carne curada, inibem o crescimento de algumas bactérias, especialmente o *Clostridium botulinum* e retardam a rancidez lipolítica. O ascorbato de sódio é usado como um antioxidante que tem a função de reduzir o nitrito a óxido nitroso facilitando a formação de nitrosomioglobina e, assim, contribuir no desenvolvimento e na estabilização da cor da carne (XIONG, 2012).

O amido é usado tanto como espessante, agente estabilizante, agente de textura, ligante de água ou de gordura (PEDROSO & DEMIATE, 2008). A proteína de soja (texturizada - PTS, concentrada - PCS ou isolada - PIS) é um ingrediente de uso tradicional, principalmente a PIS que favorece a formação de emulsão estável, reduz as perdas ao cozimento, previne a liberação de gordura, melhora a textura e sua fatiabilidade, além de diminuir o custo de produção e agregar funcionalidade ao produto, sem diminuir o conteúdo de proteína (VERNAZA et al., 2012).

O processo de elaboração da mortadela (Figura 2) inicia-se com a seleção e pesagem dos ingredientes e matérias-primas, moagem das carnes (bovina, suína, de frango ou misturas de carnes) com auxílio de um moedor, esta etapa é importante devido à liberação das proteínas miofibrilares das células das fibras musculares. Em seguida, é feita à mistura da carne com gordura, água e demais ingredientes em um equipamento chamado “cutter” até obter uma mistura homogênea. Nesta etapa, parte da água adicionada à mistura é na forma de gelo, para promover o resfriamento da massa em processo, que se aquece pelo atrito com os componentes da máquina (BARRETO et al., 2016). É importante a temperatura da massa não ultrapassar 12 °C, pois evita a liquefação da gordura e auxilia a solubilidade das proteínas, aumentando a capacidade de escoamento da massa e formação da emulsão (BAILEY & LIGHT, 1989).

Após a homogeneização da massa, algumas mortadelas são adicionadas grãos de pimenta ou certa quantidade de pequenos cubos de toucinho, características típicas deste tipo de produto. A massa pronta segue para a embutidora onde são utilizados envoltórios que podem ser de material natural, celulósico ou plástico (BARRETO et al., 2016). E posteriormente o cozimento, que é feito por imersão das peças em banho de água quente (abaixo de temperaturas de ebulição) e é controlado até que o interior da peça chegue a 72 °C, e tem por objetivo desenvolver características sensoriais desejadas como sabor, textura e cor; ligação da massa através da coagulação das proteínas; inativação das enzimas cárneas que poderiam causar alterações no produto e destruição das formas vegetativas dos microrganismos não esporulados. E por fim, a refrigeração em temperaturas inferiores a 10 °C (ORDÓÑEZ, 2005).

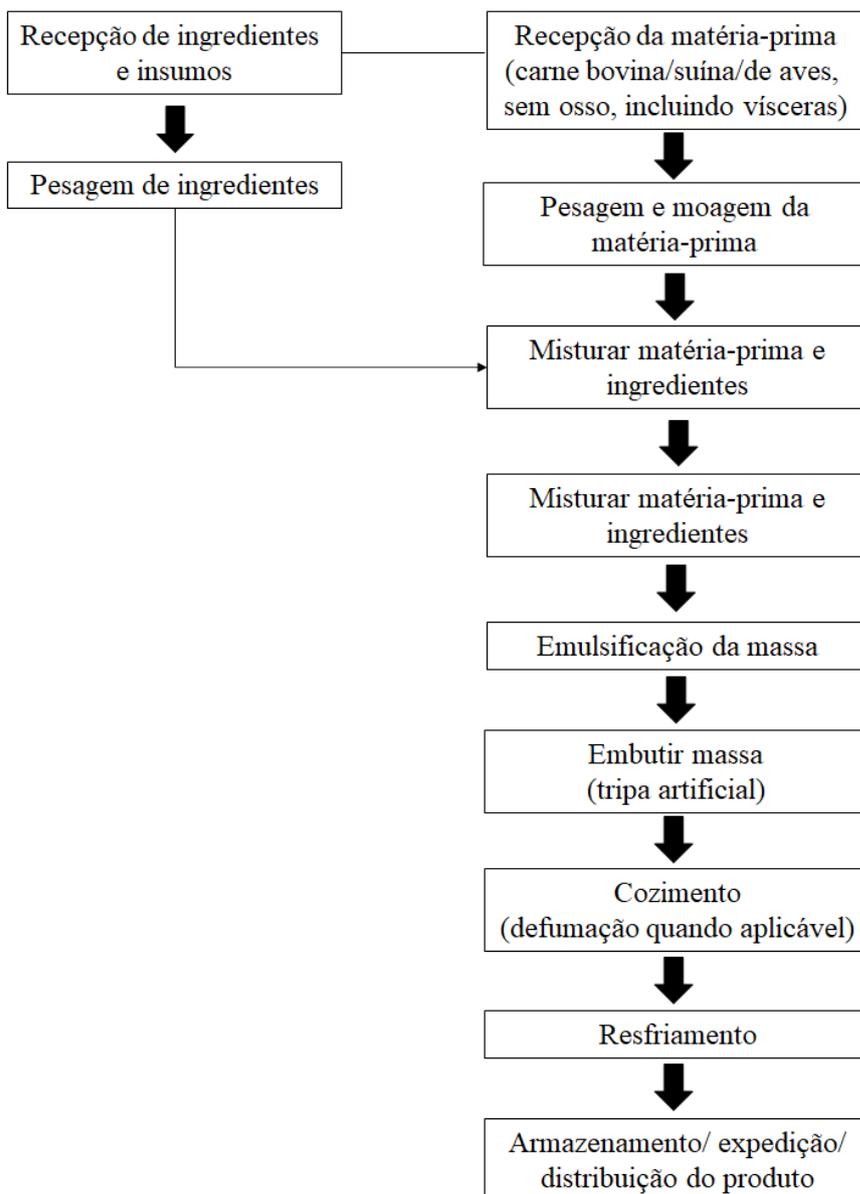


Figura 2- Fluxograma geral de elaboração de mortadela

Fonte: Próprio autor

A mortadela apesar de não se enquadrar na definição de emulsão verdadeira (dois líquidos imiscíveis, dispersos no estado coloidal), se assemelha a uma emulsão na sua estrutura e nas propriedades físicas, propriedade conferida principalmente pelas proteínas miofibrilares e gordura (CANHOS & DIAS, 1984).

3.2 Emulsão Carnea

Emulsão é um sistema heterogêneo que consiste em dois líquidos imiscíveis, completamente difusos um no outro. Para realizar uma emulsão, é necessário óleo, água, emulsificante e energia (geralmente mecânica). A energia é necessária para deformar e

romper os glóbulos, pela agitação intensa. Para obter uma estabilidade física, as emulsões requerem adição de emulsificantes, que são moléculas com propriedades anfífilas (interagem com a interface do óleo e da água, reduzindo a tensão superficial). Os emulsificantes são capazes de interagir com outros componentes dos alimentos; portanto, a escolha é muito significativa para a estabilidade física da emulsão (ARAÚJO, 2012).

As emulsões podem ser classificadas de acordo com a distribuição relativa das diferentes fases. Um sistema formado por gotas de óleo dispersas em uma fase contínua aquosa é chamado emulsão óleo em água (O/A), como o leite, maionese, sopas e molhos; enquanto um sistema formado por gotas de água dispersas em uma fase oleosa é chamado emulsão água em óleo (A/O), tendo como exemplos a margarina e a manteiga. Em uma emulsão O/A, as partículas de gorduras têm tamanho entre 0,1 a 5,0 μm (ARAÚJO, 2012, SHIMOKOMAKI et al., 2006).

A emulsão cárnea pode ser considerada um sistema bifásico que contém partículas de gorduras de tamanhos 10 a 50 μm de diâmetro (fase sólida), suspensas em uma matriz de proteínas solúveis em sais e água (fase líquida). A fase sólida é constituída por partículas de gordura, fibras musculares, aditivos, farináceos etc., e a fase líquida é constituída também por água, sal, proteínas hidrossolúveis e outros elementos solúveis (SHIMOKOMAKI et al., 2006). A Figura 3 ilustra esquematicamente a emulsão cárnea com seus ingredientes.

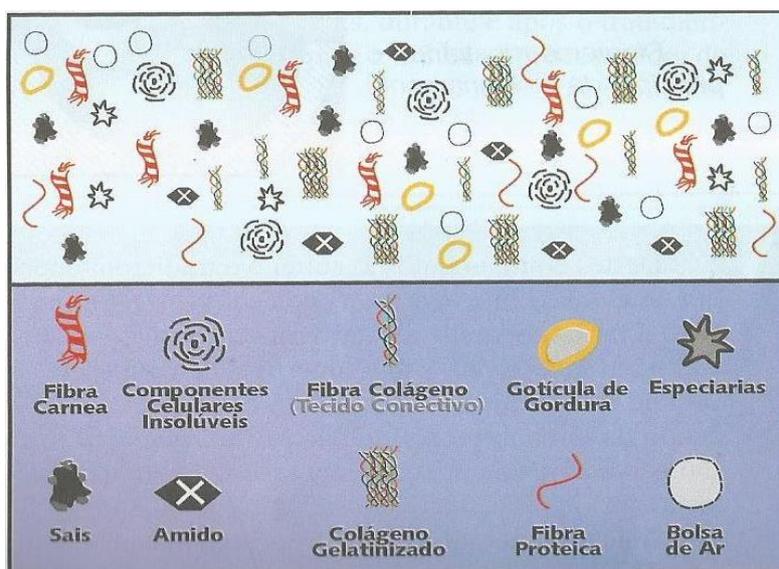


Figura 3-Representação esquemática de uma emulsão cárnea

Fonte: SHIMOKOMAKI (2006).

Na estrutura da emulsão cárnea, o filme proteico envolve a gordura, os grupos hidrofílicos das proteínas estão ligados na água e os hidrofóbicos na gordura, estabilizando a suspensão (Figura 4). Uma vez que as partículas de gordura são envolvidas pelas proteínas, é formada a emulsão e, posteriormente, é estabilizada com a desnaturação das proteínas associada ao tratamento térmico. As proteínas miofibrilares com aquecimento criam um gel forte e as proteínas sarcoplasmáticas constituem um gel mais fraco que não estabiliza o produto. Porém, as diferentes proteínas interagem na formação do gel (PRICE & SCHWEIGERT, 1994).

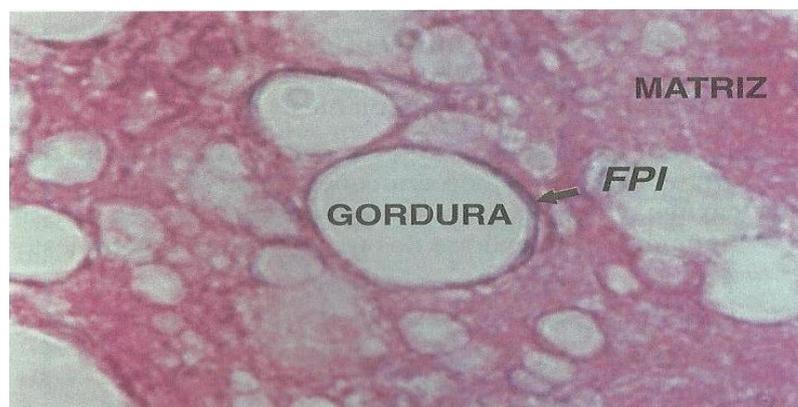


Figura 4-Fotografia de uma emulsão cárnea corada pelo método de Eosina, onde FPI representa o filme proteico interfacial.

Fonte: SHIMOKOMAKI (2006).

As características físico-químicas das emulsões cárneas são afetadas por diversos fatores, dentre eles temperatura e tempo de processo, pH, concentração de cloreto de sódio e fosfato, adição ou não de proteínas não cárneas, como a proteína isolada de soja (PIS), tamanho das gotículas de gorduras, pré mistura e viscosidade da emulsão (CHEN et al, 2007).

Segundo Álvarez et al. (2007) uma das etapas mais importantes no processo de emulsões cárneas é a mistura das matérias-primas no “cutter”, etapa em que as carnes e gorduras são finamente cominuídas o que permite fornecer a energia necessária para a dispersão da gordura e extração das proteínas miofibrilares de forma a obter uma emulsão homogênea. Durante este processo a temperatura aumenta o que faz decrescer a tensão interfacial, facilitando a redução de dimensões e aumentando rapidamente a área superficial das partículas de gordura. Assim, para obter uma emulsão cárnea estável é necessário que exista emulsificante em quantidade suficiente para rodear as partículas de gordura antes da etapa do cozimento.

Durante a etapa do cozimento da emulsão cárnea, ocorre a fusão e expansão da gordura, gelatinização do colágeno e a desnaturação parcial das proteínas miofibrilares, convertendo a emulsão numa matriz viscoelástica do tipo gel. Se a emulsão não for estável, o desprendimento da água e gordura durante o cozimento é maior. Dessa maneira, pode haver a quebra da emulsão, redução do rendimento e qualidade do produto, levando a rejeição do produto pelo consumidor e perda econômica (ÁLVAREZ et al., 2007).

4 SUBSTITUTOS DE GORDURA EM PRODUTOS CÁRNEOS

A gordura constitui em alto valor energético, fornecendo cerca de 130% mais calorias que as proteínas e os carboidratos. Tem uma função fisiológica muito importante, visto que é uma fonte solúvel de vitaminas, ácidos graxos essenciais e precursores de prostaglandinas (YUNES et al., 2013).

Nos alimentos, a gordura desempenha papel essencial sobre a cremosidade, aparência, palatabilidade, textura e lubrificação (KEENAN et al., 2015). Além disso, contribui nos benefícios sensoriais e fisiológicos, quando combinados com as percepções

dos sentidos na boca, gosto e aroma, além de aumentar a sensação de saciedade durante as refeições (JIMÉNEZ-COLMONERO, 2013; WU et al., 2009; YOUSSEF & BARBUT, 2010).

Os produtos cárneos emulsionados apresentam grande aceitação pelos consumidores devido às gorduras presentes nestes produtos, que conferem aroma, sabor, textura, suculência e aceitação sensorial, constituindo-se em um importante mercado para as indústrias do setor (BARBUT et al., 2016).

Apesar dos benefícios tecnológicos e sensoriais que a gordura ocasiona aos alimentos, quando ingeridas em excesso podem causar diversos problemas à saúde, principalmente doenças coronarianas (SILVA et al., 2019). Em razão disto, a tendência por alimentos com redução de gordura está aumentando cada vez mais, e os consumidores estão sendo mais atraídos por produtos cárneos com baixo teor de gordura (ZHANG et al., 2010).

A redução da gordura seria aparentemente o método mais simples e eficiente para a produção de produtos cárneos emulsionados com baixo teor de gordura, no entanto, é muito difícil substituir as funções da gordura destes alimentos, uma vez que sua remoção pode trazer modificações indesejáveis nas características sensoriais (ALVES et al., 2016). Além disso, com a redução de gordura ocorre, conseqüentemente, o aumento no teor de proteínas da massa da emulsão, podendo causar maior geleificação desta massa devido ao aumento das interações proteicas durante o processo de cozimento. Isto pode levar a problemas de textura, reduzir o rendimento da produção, formação de aspecto borrachudo e suculência excessiva (COLMENERO, 1996; KEETON, 1994).

Dessa forma, as indústrias de alimentos têm buscado por substitutos de gordura que atendem à exigência dos consumidores e, principalmente, que não interfiram nas características sensoriais do produto. É importante também, a escolha de um substituto de gordura que seja saudável e que contribua com o conteúdo de nutrientes essenciais, como fibras, vitaminas, minerais, ácidos graxos poli-insaturados ou proteínas, mantendo sua qualidade sensorial (TRIKI et al., 2013; ALVES et al., 2016).

Vários trabalhos têm avaliado a substituição de gordura por outros ingredientes, especialmente as fibras de diversas fontes. Essas fibras têm sido utilizadas em produtos cárneos, não apenas como potencial para substitutos de gordura, mas também por causa de seus possíveis efeitos benéficos à saúde (AFSHARI et al., 2017; BARROS et al., 2018; HENCK et al., 2019; HJELM et al., 2019).

De acordo com Keenan et al. (2015), a substituição das gorduras saturada de fontes animais por gorduras insaturadas saudáveis de outras fontes é uma estratégia para melhorar o valor nutricional dos alimentos. Por exemplo, o efeito benéfico da substituição parcial da gordura animal por óleos vegetais foi investigado em vários produtos cárneos, como hambúrgueres (FAGUNDES et al., 2017; HECK et al., 2019), mortadelas (SALDAÑA et al., 2018; SILVA et al., 2019; PIRES et al., 2020), patês (DOMÍNGUEZ et al., 2016; TEIXEIRA et al., 2019) e salsichas (WOLFER et al., 2018; UTAMA et al., 2019).

O aproveitamento de derivados de frutas também tem sido uma alternativa de substituto de gordura em produtos cárneos. Alves et al. (2016) desenvolveram mortadela tipo Bologna com substituição de 20, 40, 60, 80 e 100% de gordura de porco por uma mistura de pele de porco, água e farinha de banana verde. Os autores relataram redução do teor de gordura total e aumento no teor de umidade, amido resistente e cinzas. Mesmo com o aumento da umidade nas mortadelas, não foi observada alteração microbiológica. Além disso, as amostras com redução de gordura apresentaram menor perda de cozimento, melhor estabilidade de emulsão e a substituição de até 60% de gordura não influenciaram nos parâmetros de cor, textura e aceitação sensorial.

Entre outros substitutos de gordura, coprodutos e subprodutos de fontes vegetais têm sido explorados por pesquisadores. Hu e Yu (2015) estudaram o efeito de subprodutos (hemicelulose e fibra) de arroz como substituto (2, 4 e 6%) da gordura em almôndegas. Os autores concluíram que as amostras com substituição da gordura pelos subprodutos de arroz apresentaram menores concentrações de gordura total e de ácidos graxos trans totais do que as amostras controle, além disso, apresentou aceitação sensorial em todas as amostras.

Outros autores utilizaram subproduto de abacaxi e óleo de canola como substituto parcial de gordura em hambúrguer bovino. Os resultados da pesquisa mostraram que os hambúrgueres com substituição da gordura por subproduto de abacaxi e óleo de canola, apresentaram redução do teor de colesterol e melhoria da qualidade nutricional do perfil de ácidos graxos (SELANI et al., 2016).

Coprodutos de uvas foram estudados por Kim et al. (2020), que substituíram gordura suína de carne emulsionada por óleo de semente de uva e gelatina, e os autores relataram melhor estabilidade da emulsão, redução do teor total de gordura e maior estabilidade oxidativa nas amostras com substituição da gordura que a amostra controle (sem redução de gordura).

Desta forma, a utilização de derivados vegetais tem se mostrado como potencial ingrediente para substituir gordura de produtos cárneos, no entanto, são necessários estudos sobre a influência destes ingredientes em relação às propriedades físico-químicas, microbiológicas e sensorial nos produtos cárneos reformulados.

5 VALIDADE COMERCIAL DE PRODUTO CÁRNEO

A oxidação lipídica e o crescimento microbiano são as principais causas de deterioração e redução da vida comercial de produtos cárneos. A oxidação lipídica se manifesta pela mudança de sabor, cor, textura, formação de compostos tóxicos e perda de nutrientes, enquanto a contaminação microbiana pode causar risco à saúde pública e perda econômica (MARIUTTI & BRAGAGNOLO, 2009).

Aditivos químicos são comumente usados em produtos alimentícios para inibir o processo de oxidação lipídica e crescimento microbiano, prolongando a vida útil. No entanto, existe a preocupação crescente entre os consumidores sobre questões relacionadas à saúde associadas ao uso de agentes antimicrobianos e antioxidantes sintéticos (FERNÁNDEZ-GINÉS ET AL., 2005; BREWER, 2011; AHMAD ET AL., 2015). Além disso, os consumidores preferem produtos com rótulo limpo, contendo ingredientes e aditivos alimentares naturais, com nomes familiares e considerados bons para a saúde (BREWER, 2011).

5.1 Estabilidade Microbiológica de Produtos Cárneos

A carne crua é um excelente substrato para o crescimento microbiano, devido à alta atividade de água (~ 0,99), pH favorável (5,5-6,5) e rico em nutrientes (POTHAKOS et al., 2015). Os microrganismos encontrados na carne pertencem a duas categorias: bactérias deteriorantes, como os gêneros *Pseudomonas*, *Lactobacillus* e *Enterococcus*, e bactérias patogênicas como *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli* e *Listeria monocytogenes* (GIAOURIS, 2014). A deterioração de

carnes e produtos cárneos por microrganismos pode ser caracterizada por alterações indesejáveis, como sabores e odores desagradáveis, descoloração, produção de gás e redução do pH (de 6 para 4,8) (HORITA et al., 2018).

Os produtos cárneos curados são processados com temperatura final do produto na faixa de 65 a 75 °C, exceto os produtos enlatados que são processados em altas temperaturas (> 100 °C) para esterilidade/ letalidade microbiana total (NIKMARAM et al., 2018). Assim, os produtos cárneos curados cozidos e especialmente os musculares requerem refrigeração e são geralmente chamados de frios. Apesar da popularidade, produtos cárneos processados são vulneráveis ao surto de origem alimentar associado a microrganismos patogênicos e deteriorantes. A contaminação por microrganismos nestes produtos ocorre principalmente após a etapa de cozimento e continua ainda mais durante a vida útil do produto, causando doenças transmitidas por alimentos (NIKMARAM et al., 2018).

Para garantir a estabilidade microbiológica durante o prazo de validade dos produtos cárneos, as indústrias de alimentos adicionam aditivos para estes fins. Dentre esses aditivos, é frequentemente utilizado o cloreto de sódio que além de apresentar propriedades antimicrobianas, contribui com a capacidade de reduzir a atividade da água e influência em vários processos bioquímicos que impactam no sabor (ALBARRACÍN et al., 2011; PETRACCI et al., 2013). Os sais nitrito/nitrato de sódio também são importantes e amplamente utilizados em produtos cárneos curados e possui várias funções tecnológicas, como inibir o crescimento de patógenos (*Clostridium botulinum*), contribui com as propriedades sensoriais (cor, sabor e odor) e antioxidantes dos produtos cárneos. No entanto, uma alta ingestão de nitrito apresenta riscos à saúde humana, incluindo possíveis efeitos alergênicos, efeitos vasodilatadores e produção de metamioglobina in vivo (CAMMACK et al., 1999). Além disso, sob certas condições de temperatura e pH, sua associação com aminas pode originar substâncias cancerígenas, de modo que a redução em seu uso foi proposta (CASSENS, 1997).

Neste contexto, vários pesquisadores vêm estudando derivados de ervas, especiarias e frutas com propriedades antimicrobianas para ser utilizados em carnes e produtos cárneos (XI et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2011; LILIANA et al., 2013; MARIEM et al. 2014); SUET-YEN et al., 2014; ZHANG et al., 2016; PALMERI et al., 2018; ALIREZALU et al., 2019; PHUONG et al., 2020). A atividade antimicrobiana desses compostos é atribuída a um número de pequenos compostos terpenoides e fenólicos, que em sua forma pura também demonstraram exibir atividade antibacteriana ou antifúngica (LAUKOVÁ, 2011).

5.2 Oxidação Lipídica

Depois da deterioração microbiana, a oxidação lipídica é a principal reação química que resulta na perda da qualidade dos produtos cárneos, visto que diminui as propriedades nutricionais e sensoriais. Essa reação envolve a degradação de vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K) e ácidos graxos essenciais através da formação de compostos potencialmente tóxicos, como o malonaldeído (MDA) e os produtos de oxidação do colesterol, que causam alterações de sabor, textura e cor, sendo características negativas para a aceitação do consumidor (DARWISH et al., 2012; CETIN et al., 2016; PONNAMPALAM et al., 2017; SOYER et al., 2010). Além disso, estudos relataram que esses compostos tóxicos implicam em várias patologias humanas, incluindo doenças coronárias, aterosclerose, câncer, processos inflamatórios, entre outros (BRONCANO et al., 2009; ALFAIA et al., 2010; PEREIRA & ABREU, 2018).

A oxidação lipídica é um fenômeno complexo que pode ser induzido ou catalisado na presença de luz, calor, fotossensibilizantes, metais, oxigênio e espécies reativas ao nitrogênio. Essa reação se inicia logo após a morte do animal, que implica nas mudanças bioquímicas na carne, levando a alterações nos pigmentos de cor e lipídeos, e está relacionada com a formação de radicais livres. O desenvolvimento da oxidação se agrava durante o armazenamento da carne, que ocorre mesmo sob temperatura de congelamento. Uma vez que as reações microbiológicas e enzimáticas podem ser inibidas com a utilização de baixas temperaturas, a oxidação lipídica ocorre normalmente em temperaturas baixas, embora em velocidade reduzida (MARIUTTI & BRAGAGNOLO, 2017; PONNAMPALAM et al., 2017).

O início da oxidação lipídica, dá-se pela reação dos ácidos graxos insaturados da carne com o oxigênio molecular através de um mecanismo de radicais livres. Os primeiros produtos formados desta reação são os hidroperóxidos que não apresentam aromas. Esses compostos são altamente instáveis, e se decompõem rapidamente em compostos secundários que incluem hidrocarbonetos, aldeídos, cetonas, álcoois, ésteres e ácidos (ROSS e SMITH, 2006). Estes compostos são responsáveis pelo desenvolvimento de sabor e odor de ranço nos alimentos, prejudicando assim a sensorial dos mesmos (SAINSBURY et al., 2016).

A alteração sensorial dos alimentos ocasionado pelos compostos secundários da oxidação lipídica depende da concentração e do limiar olfativo (RIVAS-CAÑEDO et al., 2009). Entre todos os compostos derivados dos processos de oxidação, os aldeídos são considerados os produtos de decomposição mais importantes e os maiores contribuintes para aromas voláteis na carne (CHENG, 2016). Além disso, os aldeídos possuem baixo limiar de odor e estão presentes em quantidades significativas nos produtos que sofreram processos oxidativos (DOMÍNGUEZ et al., 2019). Os aldeídos predominantes derivados da oxidação lipídica incluem alcenais, trans-2-alcenais, 4-hidroxi-trans-2-alcenais e malondialdeído (CHAIJAN & PANPIPAT, 2017).

5.2.1 Mecanismo da oxidação lipídica

A auto-oxidação é uma forma não enzimática da oxidação lipídica, sendo o principal mecanismo de oxidação lipídica em produtos cárneos e ocorrem em três etapas: iniciação, propagação e terminação, que levam à formação de radicais livres. A Figura 5 apresenta as etapas do processo da oxidação lipídica (BREWER, 2011). Os produtos finais dessa reação dependem do substrato, no qual geralmente são os ácidos graxos insaturados (SOARES et al., 2012; GUYON et al., 2016).

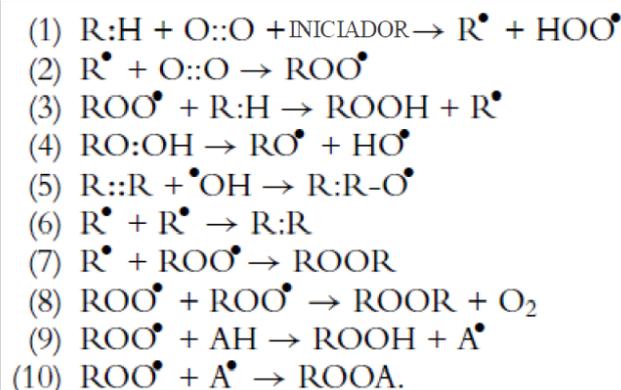


Figura -5-Reação em cadeia da oxidação lipídica.

Fonte: BREWER (2011).

A oxidação inicia-se através da ação de agentes oxidantes (espécies reativas de oxigênio, metais ou enzimas) sobre ácidos graxos insaturados, com remoção de um átomo de H (1). Este radical reage com o oxigênio formando o radical peroxil ROO^\bullet (2), que por sua vez, irá remover um átomo de H de outro ácido graxo insaturado, formando um hidroperóxido e novo radical alquil (3). Os hidroperóxidos são compostos não voláteis, sem odor e relativamente instáveis. A partir da degradação de hidroperóxidos formam-se novos radicais alcóxi (RO^\bullet) e hidroxil (OH^\bullet) (4), que irão reagir com novos ácidos graxos, propagando a reação em cadeia de oxidação, estes compostos são voláteis e responsáveis por alterações no odor e sabor dos alimentos. O processo só terá fim quando duas espécies radicais reagirem entre si formando um não radical (6 a 8) ou quando o radical reagir com um antioxidante (9 e 10) formando compostos estáveis (BREWER, 2011).

A reação de oxidação não pode ser evitada durante o armazenamento de produtos ricos em lipídeos, mas pode ser reduzida. E uma forma de reduzir a oxidação de alimentos mais suscetíveis, é o uso de antioxidantes com o objetivo de retardar o processo de oxidação de alimentos ricos em lipídios, e garantir que os atributos de qualidade sensorial e nutricional sejam mantidos (MELO et al., 2016; ABREU et al., 2015). Nas indústrias de carnes, é muito comum o uso de antioxidantes sintéticos como PG (propil galato), TBHQ (terc-butil-hidroquinona), BHA (hidroxianisol butilado), BHT (hidroxitolueno butilado) e eritorbato de sódio, porém os consumidores estão se conscientizando dos efeitos prejudiciais destes aditivos, e buscam por alimentos cada vez mais naturais (HASHEMI et al., 2017). Portanto, o uso de ingredientes naturais derivados de vegetais em produto cárneo processado pode ser uma boa alternativa para melhorar as características sensoriais e prolongar a vida comercial, devido as suas capacidades antioxidantes e antimicrobianas (NIKMARAM et al., 2018).

5.2.2. Métodos de oxidação lipídica

A medida da estabilidade da oxidação lipídica em produtos cárneos é uma propriedade importante para estabelecer a vida de prateleira do produto e fornecer estratégias para minimizar as perdas de qualidade. Dessa forma, existem vários métodos para avaliar o grau de oxidação lipídica em carnes e derivados.

Os métodos convencionais para avaliar a oxidação lipídica em produtos cárneos, são baseados em produtos de oxidação primária e secundária. Os hidroperóxidos são produtos de oxidação primária que se decompõe rapidamente a produtos secundários.

Portanto, a oxidação lipídica pode ser medida pelas mudanças dos produtos primários (formação de hidroperóxidos lipídicos e dienos / trienos conjugados) e mudanças dos produtos secundários (formação de carbonilos, aldeídos, voláteis, malondialdeído) (DOMINGUEZ et al., 2019).

O teste do ácido tiobarbitúrico (TBA) para determinação do malondialdeído (MDA) é o método mais utilizado para a avaliação da oxidação lipídica em produtos cárneos devido à sua sensibilidade e procedimento relativamente simples (ZHANG et al., 2019). O teste de TBA quantifica o MDA, um dos principais produtos de decomposição dos hidroperóxidos de ácidos graxos poli-insaturados, formado durante o processo oxidativo. O teste envolve a reação entre o TBA e o MDA, produzindo um complexo rosa com absorvância máxima em 532 nm (VYNCKE, 1970). A quantificação de malonaldeído é feita a partir de curvas de calibração construídas com concentrações conhecidas de malonaldeído. Os padrões mais frequentemente utilizados são 1,1,3,3-tetrametoxipropano (TMP) e 1,1,3,3-tetraetoxipropano (TEP) que, nas condições ácidas do teste, sofrem hidrólise, resultando na liberação do malonaldeído. E os resultados são expressos em número de TBA (OSAWA et al., 2005). No entanto, várias desvantagens foram descritas para este procedimento, por causa da baixa sensibilidade. Alguns outros compostos com propriedades espectrais semelhantes às do complexo TBA-MDA podem estar presentes nos extratos do produto cárneo, o que pode levar a interferências com a medição espectrofotométrica em cerca de 532 nm e, portanto, causar uma superestimação dos resultados (REY et al., 2005).

Outros métodos foram desenvolvidos para analisar a formação de hidroperóxidos e aldeídos formados durante a oxidação, como a espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), que visa identificar grupos funcionais como peróxidos, hidroxila, carbonila de ácido graxo, entre outros (CUNHA et al., 2018). A cromatografia gasosa (GC) também tem sido usada para quantificar os ácidos graxos formados em processos oxidativos lipídicos, geralmente sendo utilizada como análise complementar (MARTÍNEZ-YUSTA et al., 2014).

Com o avanço das tecnologias instrumentais, novas metodologias foram desenvolvidas para determinar a oxidação lipídicas de alimentos. A ressonância magnética nuclear (RMN) é uma técnica utilizada tanto para identificar tanto uma estrutura química como para o acompanhamento do progresso de reações (MARCONE et al, 2013). O método de RMN para análise do perfil lipídico tem a vantagem de ser realizado diretamente na fração oleosa. Sendo assim, não necessita de padrões de ácidos graxos, não envolve a hidrólise de triacilglicerol e tem baixo consumo de reagentes químicos comparado ao método oficial da AOCS (American Oil Chemists' Society) que é feito por cromatografia gasosa (CG) (BARISON et al., 2010).

Para avaliação do perfil em ácidos graxos, a técnica de RMN mostra uma boa correlação com os dados obtidos por CG, assim constitui-se uma técnica eficiente e uma poderosa ferramenta para determinação da composição lipídica em alimentos (FANG et al, 2013). De acordo com Guillén et al (2003) o uso de RMN de ^1H é vantajoso em relação a outros métodos químicos de avaliação de estabilidade oxidativa em função da praticidade, rapidez e sensibilidade. Segundo Colzato et al (2008) a nuvem eletrônica blinda fracamente os núcleos de uma molécula cuja densidade varia com o ambiente químico, assim esta variação origina os diferentes deslocamentos químicos. A comparação dos deslocamentos químicos se dá utilizando tetrametilsilano (TMS) como padrão de referência, o qual se considera com deslocamento químico de δH 0.00 ppm. Os lipídeos, no entanto, possuem sempre valores positivos em relação ao TMS.

6 AVALIAÇÃO SENSORIAL

A avaliação sensorial é uma etapa importante para o desenvolvimento bem-sucedido de produtos alimentícios. O desenvolvimento de novos produtos cárneos envolve uma série de alterações tecnológicas e sensoriais, que precisam ser devidamente acompanhadas por testes sensoriais. A importância destes testes, implica na compreensão da percepção do consumidor sobre produto antes de comprá-lo (SANTOS et al., 2013).

Para obter um perfil descritivo de um produto alimentício, são utilizados métodos convencionais com provadores treinados, como por exemplo a análise descritiva quantitativa (ADQ), no entanto, eles não fornecem as preferências dos atributos gerados pelos consumidores e não avalia a dinâmica envolvida durante o consumo. Além disso, testes com provadores treinados são caros e demorados (GRYGORCZYK et al., 2013; MCSWEENEY et al., 2017; EMERINO et al., 2017).

O uso de métodos rápidos de perfis sensoriais que empregam provadores não treinados ganhou popularidade e tem sido cada vez mais procurado pelas indústrias para a reformulação de novos produtos (GRYGORCZYK et al., 2013).

Dentre as metodologias sensoriais que pedem uma resposta dos consumidores aos atributos sensoriais dos alimentos, o método Elicitação Preferencial de Atributos ou Preferred Attribute Elicitation (PAE) se destaca por permitir uma rápida caracterização do produto em uma única sessão de avaliação e com participantes não treinados. Para a realização do teste, os participantes devem avaliar de forma consensual os termos descritivos eliciados e, a seguir, classificar cada termo por intensidade. Este método tornou-se possível para determinar os atributos que influenciam os gostos do consumidor com um baixo número de provadores (GRYGORCZYK et al., 2013; MUGGAH & MCSWEENEY et al., 2017; POPOOLA et al., 2019). Na literatura, resultados positivos e muito promissores foram encontrados em avaliações intraculturais de queijos típicos do Brasil (Soares et al., 2019); na comparação de desempenho entre painéis treinados e consumidores na caracterização de biscoitos com extrato de chá verde (MCSWEENEY et al., 2017); na identificação de diferenças de gênero na avaliação de cerveja (MUGGAH & MCSWEENEY, 2017); e na avaliação das principais propriedades sensoriais dos iogurtes (GRYGORCZYK et al., 2013).

Outro método sensorial que vem se destacando é o *Temporal Check-all-that-apply* (TCATA), que é uma extensão do *Check-all-that-apply* (CATA) (MEYNER & CASTURA, 2018). TCATA tem como objetivo fornecer a caracterização sensorial dinâmica completa do alimento ao longo do consumo (CASTURA, et al., 2016). No teste do TACATA, são apresentados aos avaliadores uma lista de atributos sensoriais e são solicitados a selecionar todos os termos percebidos durante todo o tempo de consumo, permitindo uma descrição detalhada do perfil sensorial dinâmico do produto, podendo ser realizado com avaliadores treinados e não treinados (JAEGER et al., 2018). Alguns estudos apresentaram excelentes resultados utilizando o método TCATA para avaliar produtos como bebida láctea, vinho espumante, presunto cozido, cerveja, hambúrguer e mortadela Bologna (ESMERINO et al., 2017; MCMAHON et al., 2017; RIZO et al., 2019; MITCHELL et al., 2019; RIOS-MERA et al., 2020; PAGLARINI et al., 2020). Dessa forma, os novos métodos sensoriais vêm sendo promissor para o desenvolvimento de novos produtos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, V. K. G.; PEREIRA, A. L. F.; FREITAS, E. R.; TREVISAN, M. T. S.; COSTA, J. M. C. Addition of anacardic acid as antioxidants in broiler chicken mortadella. **Food Science and Technology**, v. 35, p. 539-545, 2015.
- AFSHARI, R.; HOSSEINI, H.; KHANEGHAH, A. M.; KHAKSAR, R. Physico-chemical properties of functional low-fat beef burgers: Fatty acid profile modification. **LWT-Food Science and Technology**, v. 78, p. 325-331, 2017.
- AHMAD, S. R.; GOKULAKRISHNAN, P.; GIRIPRASAD, R.; YATOO, M. A. Fruit-based natural antioxidants in meat and meat products: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 55, n. 11, p. 1503-1513, 2015
- ALBARRACÍN, W.; SÁNCHEZ, I. C.; GRAU, R.; BARAT, J. M. Salt in food processing; usage and reduction: A review. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 46, n. 7, 2011.
- ALFAIA, C. M.; ALVES, S. P.; LOPES, A. F.; FERNANDES, M. J.; COSTA, A. S.; FONTES, C. M.; CASTRO, M.L.F.; BESSA, R.J.B.; PRATES, J. A. Effect of cooking methods on fatty acids, conjugated isomers of linoleic acid and nutritional quality of beef intramuscular fat. **Meat Science**, v. 84, n. 4, p. 769-777, 2010.
- ALIREZALU, K.; HESARI, J.; NEMATI, Z.; MUNEKATA, P. E. S.; BARBA, F. J.; LORENZO, J. M. Combined effect of natural antioxidants and antimicrobial compounds during refrigerated storage of nitrite-free frankfurter-type sausage. **Food Research International**, v. 120, p. 839–850, 2019.
- AL-SHERAJI, S. H.; ISMAIL, A.; MANAP, M. Y.; MUSTAFA, S.; YUSOF, R. M.; HASSAN, F. A. Prebiotics as functional foods: A review. **Journal of Functional Foods**, v. 5, n. 4, p. 1542-1553, 2013.
- ÁLVAREZ, D. CASTILLO, M.; PAYNE, F. A.; GARRIDO, M. D.; BAÑÓN, S.; XIONG, Y.L. Prediction of meat emulsion stability using reflection photometry. **Journal of Food Engineering**, v. 82, p. 310-315, 2007.
- ALVES, L. A. A.; LORENZO, J. M.; GONÇALVES, C. A. A.; DOS SANTOS, B. A.; HECK, R. T.; CICHOSKI, A. J.; CAMPAGNOL, P. C. B. Production of healthier bologna type sausages using pork skin and green banana flour as a fat replacer. **Meat science**, v. 121, p.7 3-78, 2016.
- ALVES, E. J. **Cultivo de bananeira tipo terra. Cruz das Almas**: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p. 176, 2001.
- ANDRÉS, A. I.; PETRÓN, M. J.; ADÁMEZ, J. D.; LÓPEZ, M.; TIMÓN, M. L. Food by-products as potential antioxidant and antimicrobial additives in chill stored raw lamb patties. **Meat Science**, v. 129, p. 62-70, 2017.
- ANGIOLILLO, L.; CONTE, A.; DEL NOBILE, M. A. Technological strategies to produce functional meat burgers. **LWT-Food Science and Technology**, v. 62, n. 1, p. 697-703, 2015.
- ANYASI, T. A.; JIDEANI, A. I.; MCHAU, G. R. Phenolics and essential mineral profile of organic acid pretreated unripe banana flour. **Food Research International**, v. 104, p. 100-109, 2018.
- ARAÚJO, J. M. A. Emulsão/emulsificantes. In:_____. **Química de Alimentos: Teoria e Prática**. 5. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV. 2012. 244-245p.
- ARRUDA, E. F; OLIVEIRA, A.; DE OLIVEIRA, A. D. Avaliação de sorvete tipo iogurte à base de soja com adição de microrganismos probióticos. **Episteme Transversallis**, v. 9, n. 2, 2017.

- ARVANITOYANNIS, I. S.; MAVROMATIS, A. Banana cultivars, cultivation practices, and physicochemical properties. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 49, p. 113–135, 2009.
- AUDU, O. Y.; DURODOLA, B. M.; MORDI, R. C.; OWOLABI, E. F.; UZOAMAKA, G. C.; AYO-AJAYI, J. I.; FADAIRO, A. E. Study on the Potassium content of Nigerian Bananas and the Methanolic Extraction, Phytochemical and Antimicrobial Studies of Oils from Banana Peels. **Covenant Journal of Physical and Life Sciences**, v. 3, n. 1, 2015.
- AURIEMA, B. E.; DINALLI, V. P.; KATO, T.; YAMAGUCHI, M. M.; MARCHI, D. F.; SOARES, A. L. Physical and chemical properties of chicken mortadella formulated with *Moringa oleifera* Lam. seed flour. **Food Science and Technology**, v. 39, p. 504-509, 2019.
- AUORE, G.; PARFAIT, B.; FAHRASMANE, L. Bananas, raw materials for making processed food products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 20, p. 78–91, 2009.
- BAILEY, A.J.; LIGHT, N.D. Connective tissue in meat and meat products. **Elsevier Applied Science**, p. 355, 1989.
- BALDIN, J. C.; MUNEKATA, P. E.; MICHELIN, E. C.; POLIZER, Y. J.; SILVA, P. M.; CANAN, T. M.; ... & FERNANDES, A. M. Effect of microencapsulated Jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) extract on quality and storage stability of mortadela sausage. **Food Research International**, v. 108, p. 551-557, 2018.
- BARBUT, S.; WOOD, J.; MARANGONI, A. Potential use of organogels to replace animal fat in comminuted meat products. **Meat Science**, v. 122, p. 155-162, 2016.
- ARISON, A., SILVA, C. W. P., CAMPOS, F. R., SIMONELLI, F., LENZ, C. A., & FERREIRA, A. G. A simple methodology for the determination of fatty acid composition in edible oils through ¹H NMR spectroscopy. **Magnect Resonance Chemistry**, 48, 642-650, 2010.
- BARRETO, E. H.; STOCCO, C. W.; de ALMEIDA, L. Parâmetros de qualidade no processamento de mortadelas. **Revista Espaço**, v. 38, n. 24, p. 2-10, 2016.
- BARROS, M. A. B.; LOPES, G. M. B.; WANDERLEY, M. B. Cadeia Produtiva da Banana: consumo, comercialização e produção no Estado de Pernambuco. **Revista Econômica do Nordeste, Fortaleza**, v. 39, n. 1, 2008.
- BARROS, J. C.; MUNEKATA, P. E. S.; PIRES, M. A.; RODRIGUES, I.; ANDALOUSSI, O. S.; DA COSTA RODRIGUES, C. E.; TRINDADE, M. A. Omega-3-and fibre-enriched chicken nuggets by replacement of chicken skin with chia (*Salvia hispanica* L.) flour. **LWT-Food Science and Technology**, v. 90, p. 283-289, 2018.
- BASTOS, S. C.; PIMENTA, M. E. S.; PIMENTA, C. J.; REIS, T. A.; NUNES, C. A.; PINHEIRO, A. C. M.; ... & LEAL, R. S. Alternative fat substitutes for beef burger: technological and sensory characteristics. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, n. 9, p. 2046-2053, 2014.
- BATISTA, A. L. D.; SILVA, R.; CAPPATO, L. P.; FERREIRA, M. V. S.; NASCIMENTO, K. O.; SCHMIELE, M.; ... & PIMENTEL, T. C. Developing a synbiotic fermented milk using probiotic bacteria and organic green banana flour. **Journal of Functional Foods**, v. 38, p. 242-250, 2017.
- BESSA, D. P.; TEIXEIRA, C. E.; FRANCO, R. M.; DE FREITAS, M. Q.; MONTEIRO, M. L. G.; CONTE-JUNIOR, C. A.; GAZE, L. V.; SILVA, F. A.; MÁRSICO, E. T. Functional sausage made from mechanically separated tilápia meat. **Italian Journal of Food Science**, v. 28, n. 3, p. 426-439, 2016.

- BEZERRA, C. V.; AMANTE, E. R.; DE OLIVEIRA, D. C.; RODRIGUES, A. M.; da SILVA, L. H. M. Green banana (*Musa cavendishii*) flour obtained in spouted bed—Effect of drying on physico-chemical, functional and morphological characteristics of the starch. **Industrial Crops and Products**, v. 41, p. 241-249, 2013.
- BORGES, A. M.; PEREIRA, J.; LUCENA, E. M. P. Caracterização da farinha de banana verde. **Ciências e tecnologia de alimentos**, v.29, n.2, p.333-9, 2009.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n° 4 de 31 de março de 2000**. Aprovam Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Carne Mecanicamente Separada, Mortadela, Linguiça e Salsicha, em conformidade com os Anexos desta Instrução Normativa. Brasília, 2000. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=7778> Acessado em agosto de 2017.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução - RDC n° 12 de 02 de janeiro de 2001**. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Brasília, DF: Diário Oficial da República Federativa do Brasil. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/resolucao-rdc-no-12-de-2-de-janeiro-de-2001.pdf> Acessado em agosto de 2017.
- BRASIL. Agência Nacional da Vigilância Sanitária (ANVISA).2016. Alegações de propriedade funcional ou saúde. Disponível em: <file:///D:/Normativas/ANVISA,%202016%20-%20Alimentos%20funcionais.pdf> Acessado em agosto de 2017.
- BREWER, M. S. Natural antioxidants: sources, compounds, mechanisms of action, and potential applications. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 10, n. 4, p. 221-247, 2011.
- BRONCANO, J.M.; PETRÓN, M.J.; PARRA, V.; TIMÓN, M.L. Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of free cholesterol oxidation products (COPs) in Latissimus dorsi muscle of Iberianpigs. **Meat Science**, v.83, p.431–437, 2009.
- CAMMACK, R.; JOANNOU, C. L.; CUI, X. Y.; MARTINEZ, C. T.; MARAJ, S. R. B.; MARTIN, N. H. Review and nitrite and nitrosyl compounds in food preservation. **Biochimica et Biophysica Acta**, p. 1411, 475e488, 1999.
- CANHOS, D. A. L.; DIAS, E. L. Tecnologia de carne bovina e produtos derivados. **Fundação Tropical de Pesquisa e Tecnologia – FTPT**, p. 291-292, 1984.
- CARRARO, C. I.; MACHADO, R.; ESPINDOLA, V.; CAMPAGNOL, P. C. B; POLLONIO, M. A. R. The effect of sodium reduction and the use of herbs and spices on the quality and safety of Bologna sausage. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 32, n. 2, p. 289-295, 2012.
- CASTELO-BRANCO, V. N.; GUIMARÃES, J. N.; SOUZA, L.; GUEDES, M. R.; SILVA, P. M.; FERRÃO, L. L.; ... & ZAGO, L. The use of green banana (*Musa balbisiana*) pulp and peel flour as an ingredient for tagliatelle pasta. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, 2017.
- CASTURA, J. C., ANTÚNEZ, L., GIMÉNEZ, A., & ARES, G. Temporal Check-All-That-Apply (TCATA): A novel dynamic method for characterizing products. **Food Quality and Preference**, 47, 79-90, 2016.
- CASSENS, R. G. Residual nitrite in cured meats. **Food Technology**, v. 51, p. 53–55, 1997.

- CETIN, I.; YESILBAG, D.; CENGIZ, S. S.; BELENLI, D. Effects of supplementation with Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) volatile oil on growth performance, meat MDA level and selected plasma antioxidant parameters in quail diets. **Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi**, v. 2, p. 283 – 288, 2017.
- CHAIJAN, M.; PANPIPAT, W. Mechanism of oxidation in foods of animal origin. In *Natural Antioxidants. Applications in Foods of Animal Origin*; BANERJEE, R.; VERMA, A.K.; SIDDIQUI, M.W. Eds. Apple Academic Press, Inc.: Boca Raton, FL, USA, p. 1–38, 2017.
- CHAKRABORTY, C.; MUKHERJEE, A.; BANERJEE, B., MUKHERJEE, S.; BANDYOPADHYAY, K. Utilization of banana peel and pulp as a functional ingredient in product development: A Review. **International Journal Engineering Research & Science & Technology**, v.6, n.1, p.1-14, 2017.
- CHEN, H. H., XU, S. Y.; WANG, Z. Interaction between flaxseed gum and meat protein. **Journal of Food Engineering**, v. 80, n. 4, p. 1051-1059, 2007.
- CHENG, J. Lipid oxidation in meat. **Journal of Nutrition & Food Science**, v. 6, p. 1-3, 2016.
- CHOE, J.; KIM, H. Y. Quality characteristics of reduced fat emulsion-type chicken sausages using chicken skin and wheat fiber mixture as fat replacer. **Poultry Science**, v. 98, n. 6, p. 2662-2669, 2019.
- COLMENERO, F. J. Technologies for developing low-fat meat products. **Trends in Food Science and Technology**, v. 7, p. 41–48, 1996.
- COLZATO, M.; FORATO, L. A.; COLNAGO, L. A. & ASSIS, O. B. G. Análise comparativa dos espectros de ¹H RMN de óleos comestíveis oxidados. Comunicado técnico, 92, Embrapa Instrumentação Agropecuária, São Carlos-SP, 2008.
- CONAB, 2017. <
http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_03_22_15_46_01_conjuntura_laranja_fevereiro_2017.pdf>. Acesso em março de 2018.
- CORZO, N., ALONSO, J. L., AZPIROZ, F., MATEOS-APARICIO, I., PLOU GASCA, F. J., RUAS-MADIEDO, CLEMENTE, A. Prebióticos; concepto, propiedades y efectos beneficiosos. **Nutrición Hospitalaria**, v. 31, n.1, p. 99-118, 2015.
- COSTA, E. L. D.; ALENCAR, N. M. M.; RULLO, B. G. D. S.; Taralo, R. L. Effect of green banana pulp on physicochemical and sensory properties of probiotic yoghurt. **Food Science and Technology**, v. 37, n. 3, p. 363-368, 2017.
- CUNHA, L. C., MONTEIRO, M. L. G., LORENZO, J. M., MUNEKATA, P. E., MUCHENJE, V., DE CARVALHO, F. A. L., & CONTE-JUNIOR, C. A. Natural antioxidants in processing and storage stability of sheep and goat meat products. **Food Research International**, 111, 379-390, 2018.
- DARWISH, S. M. I.; EL-GEDDAWY, M. A. H.; KHALIFA, R. M. B.; MOHAMED, R. A. A. Antioxidant activities of some spices and herbs added to frozen chicken Burger. **Frontiers in Science**, v. 2, n. 6, p. 144-152, 2012.
- DAS, A. K.; NANDA, P. K.; MADANE, P.; BISWAS, S.; DAS, A.; ZHANG, W.; LORENZO, J. M. A comprehensive review on antioxidant dietary fibre enriched meat-based functional foods. **Trends in Food Science & Technology**, 2020.
- de ÁVILA, M. D. R.; CAMBERO, M. I.; ORDÓÑEZ, J. A., DE LA HOZ, L.; HERRERO, A. M. Rheological behaviour of commercial cooked meat products evaluated by tensile test and texture profile analysis (TPA). **Meat Science**, v. 98, n. 2, p. 310-315, 2014.
- DECKER, E. A.; PARK, Y. Healthier meat products as functional foods. **Meat Science**, v. 86, n. 1, p. 49-55 2010.

- DIAS, A. R.; VIEIRA, A. R.; CUNHA, A. G. F.; HARGREAVES, S. M.; SANTOS, S. G. S.; BOTELHO, R. B.; ZANDONADI, R. P. Massa de empada sem glúten e sem leite, enriquecida com biomassa de banana verde. **Nutrição Brasil**, v. 10, n. 3, p. 175-178. 2011.
- DINON, S.; DEVITTE, S.; CANAN, C.; KALSCHNE, D. L.; COLLA, E. Mortadela tipo Bologna com reduzido teor de lipídios pela adição de biomassa de banana verde, pectina, carragena e farinha de linhaça. **RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 16, n. 2, p. 229-246, 2014.
- DOMÍNGUEZ, R.; AGREGÁN, R.; GONÇALVES, A. A.; LORENZO, J. M. Effect of fat replacement by olive oil on the physico-chemical properties, fatty acids, cholesterol and tocopherol content of pâté. **Grasas y Aceites**, v. 67, n. 2, e133, 2016.
- DOMÍNGUEZ, R.; PURRIÑOS, L.; PÉREZ-SANTAESCOLÁSTICA, C.; PATEIRO, M.; BARBA, F. J.; TOMASEVIC, I.; ... & LORENZO, J. M. Characterization of volatile compounds of dry-cured meat products using HS-SPME-GC/MS technique. **Food Analytical Methods**, v. 12, n. 6, p. 1263-1284, 2019.
- EL-AKABAWY, G.; EL-SHERIF, N. M. Zeaxanthin exerts protective effects on acetic acid-induced colitis in rats via modulation of pro-inflammatory cytokines and oxidative stress. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 111, p. 841-851, 2019.
- ENGEL, R.; SCHUBERT, H. Formulation of phytosterols in emulsions for increased dose response in functional foods. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 6, n. 2, p. 233-237, 2005.
- ESMERINO, E. A., CASTURA, J. C., FERRAZ, J. P., TAVARES FILHO, E. R., SILVA, R., CRUZ, A. G., ... & BOLINI, H. M. Dynamic profiling of different ready-to-drink fermented dairy products: A comparative study using Temporal Check-All-That-Apply (TCATA), Temporal Dominance of Sensations (TDS) and Progressive Profile (PP). **Food Research International**, 101, 249-258, 2017.
- FAGBEMI, J. F.; UGOJI, E.; ADENIPEKUN, T.; ADELOWOTAN, O. Evaluation of the antimicrobial properties of unripe banana (*Musa sapientum* L.), lemon grass (*Cymbopogon citratus* S.) and turmeric (*Curcuma longa* L.) on pathogens. **African Journal of Biotechnology**, v.8, n.7, 2009.
- FAGUNDES, D. T.; LORENZO, J. M.; DOS SANTOS, B.; FAGUNDES, M.; HECK, R.; CICHOSKI, A.; WAGNER, R.; CAMPAGNOL, P. C. B. Pork skin and canola oil as strategy to confer technological and nutritional advantages to burgers. **Journal of Food Sciences**, v. 35, n. 4, pp. 352-359, 2017.
- FALCOMER, A. L.; RIQUETTE, R. F. R.; DE LIMA, B. R., GINANI, V. C.; ZANDONADI, R. P. Health benefits of green banana consumption: a systematic review. **Nutrients**, v. 11, n. 6, p. 1222, 2019.
- FANG, G., GOH, J. Y., TAY, M., LAU, H. F., & LI, S. F. Y. Characterization of oils and fats by ¹H NMR and GC/MS fingerprinting: Classification, prediction and detection of adulteration. *Food Chemistry*, 138, 1461–1469, 2013.
- FAO, 2019. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAOSTAT. Roma: FAO, 2019. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>. Acessado em março de 2020.
- FAO, 2019. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Banana Facts and Figures. Disponível em: <http://www.fao.org/economic/est/est-commodities/bananas/bananafacts/en/>. Acessado em janeiro de 2020.
- FAO/OMS, 2001. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO/WHO). Evaluation of health and nutritional properties of

probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria. Disponível em: http://ftp.fao.org/es/esn/food/probioreport_en.pdf Acessado em março de 2020.

- FELISBERTO, M. H. F.; GALVÃO, M. T. E. L.; PICONE, C. S. F.; CUNHA, R. L.; POLLONIO, M. A. R. Effect of prebiotic ingredients on the rheological properties and microstructure of reduced-sodium and low-fat meat emulsions. **LWT-Food Science and Technology**, v. 60, n. 1, p. 148-155, 2015.
- FERNÁNDEZ-GINÉS, J. M.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; SAYAS-BARBERÁ, E.; PÉREZ-ALVAREZ, J. Meat products as functional foods: A review. **Journal of food science**, v. 70, n. 2, 2005.
- FRIEDMAN, M.; BRANDON, D. L. Nutritional and health effects of soy proteins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 1069–1086, 2017.
- GIAOURIS, E.; HEIR, E.; HÉBRAUD, M.; CHORIANOPOULOS, N.; LANGSRUD, S.; MØRETRØ, T.; HABIMANA, O.; DESVAUX, M.; RENIER, S.; NYCHAS, G.J. Attachment and biofilm formation by foodborne bacteria in meat processing environments: causes, implications, role of bacterial interactions and control by alternative novel methods. **Meat Science**, v. 97, p. 289–309, 2014.
- GRASSO, S.; BRUNTON, N. P.; LYNG, J. G.; LALOR, F.; MONAHAN, F. J. Healthy processed meat products—Regulatory, reformulation and consumer challenges. **Trends in Food Science & Technology**, v. 39, n. 1, p. 4-17, 2014.
- GRYGORCZYK, A., LESSCHAEVE, I., CORREDIG, M., & DUIZER, L. Extraction of consumer texture preferences for yogurt: Comparison of the preferred attribute elicitation method to conventional profiling. **Food Quality and Preference**, 27(2), 215-222, 2013.
- GUILLÉN, M. D., RUIZ, A., CABO, N., CHIRINOS, R., & PASCUAL, G. Characterization of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil by FTIR spectroscopy and ¹H NMR. Comparison with linseed oil. **Journal of the American Oil Chemists Society**, 80(8), 755–762, 2003.
- GUMBREVICIUS, I. **Efeito da farinha de banana verde sobre o funcionamento intestinal de pacientes diabéticos, constipados, com doença renal crônica, submetidos a tratamento de hemodiálise**. Dissertação (mestrado). Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP. São Paulo, 2016.
- GUYON, C.; MEYNIER, A.; LAMBALLERIE, M. Protein and lipid oxidation in meat: a review with emphasis on high-pressure treatments. **Trends in Food Science e Technology**, v. 50, p. 131-143, 2016.
- HASHEMI, S. M. B.; NIKMARAM, N.; ESTEGHLAL, S.; KHANEGHAH, A. M.; NIAKOUSARI, M.; BARBA, F. J.; ROOHINEJAD, S.; KOUBAA, M. Efficiency of Ohmic assisted hydrodistillation for the extraction of essential oil from oregano (*Origanum vulgare* subsp. *viride*) spices. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 41, p. 172-178, 2017.
- HECK, R. T.; SALDAÑA, E.; LORENZO, J. M.; CORREA, L. P.; FAGUNDES, M. B.; CICHOSKI, A. J.; ... & CAMPAGNOL, P. C. B. Hydrogelled emulsion from chia and linseed oils: A promising strategy to produce low-fat burgers with a healthier lipid profile. **Meat Science**, v. 156, p. 174-182, 2019.
- HJELM, L.; MIELBY, L. A.; GREGERSEN, S.; EGGERS, N.; BERTRAM, H. C. Partial substitution of fat with rye bran fibre in Frankfurter sausages—Bridging technological and sensory attributes through inclusion of collagenous protein. **LWT-Food Science and Technology**, v. 101, p. 607-617, 2019.
- HORITA, C. N.; BAPTISTA, R. C.; CATURLA, M. Y.; LORENZO, J. M.; BARBA, F. J.; SANT'ANA, A. S. Combining reformulation, active packaging and non-

- thermal post-packaging decontamination technologies to increase the microbiological quality and safety of cooked ready-to-eat meat products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 72, p. 45-61, 2018.
- HU, G.; YU, W. Effect of hemicellulose from rice bran on low fat meatballs chemical and functional properties. **Food Chemistry**, v. 186, p. 239-243, 2015.
- HUANG, H.; KRISHNAN, H. B.; PHAM, Q.; YU, L. L.; WANG, T. T. Y. Soy and gut microbiota: Interaction and implication for human health. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 64, p.8695–8709, 2016.
- IBGE, 2017. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em http://www.agricultura.mg.gov.br/images/Arq_Relatorios/Agricultura/2017/Mar/perfil_banana_mar_2017.pdf>. Acesso em março de 2018.
- IZIDORO, D. R.; SCHEER, A. P.; SIERAKOWSKI, M. R.; HAMINIUK, C. W. Influence of green banana pulp on the rheological behaviour and chemical characteristics of emulsions (mayonnaises). **LWT-Food Science and Technology**, v. 41, n. 6, p. 1018-1028, 2008.
- JAEGER, S. R., ALCAIRE, F., HUNTER, D. C., JIN, D., CASTURA, J. C., & ARES, G. Number of terms to use in temporal check-all-that-apply studies (TCATA and TCATA Fading) for sensory product characterization by consumers. **Food Quality and Preference**, 64, 154-159, 2018.
- JIMÉNEZ-COLMONERO, F. Review: Potential applications of multiple emulsions in the development of healthy and functional foods. **Food Research Internacional**, v. 52, n. 1, p. 64-74, 2013.
- JOLY, A. B. **Botânica - Introdução a taxonomia vegetal**. Companhia Editora Nacional EDUSP 10ª Ed. São Paulo, 1991. 777p.
- JÚNIOR, M. M.; DE OLIVEIRA, T. P.; GONÇALVES, O. H.; LEIMANN, F. V.; MARQUES, L. L. M.; FUCHS, R. H. B.; ... & DROVAL, A. A. Substitution of synthetic antioxidant by curcumin microcrystals in mortadella formulations. **Food Chemistry**, v. 300, p. 125231, 2019.
- KEENAN, D. F.; RESCONI, V. C.; SMYTH, T. J.; BOTINESTEAN, C.; LEFRANC, C.; KERRY, J. P.; HAMILL, R. M. The effect of partial-fat substitutions with encapsulated and unencapsulated fish oils on the technological and eating quality of beef burgers over storage. **Meat Science**, v. 107, p. 75-85, 2015.
- KEETON, J. T. Low-fat meat products- technological problems with processing. **Meat Science**, v. 36, p.2 61-276, 1994.
- KHOZANI, A. A.; KEBEDE, B.; BEKHIT, A. E. D. A. Rheological, textural and structural changes in dough and bread partially substituted with whole green banana flour. **LWT-Food Science and Technology**, p. 09252, 2020.
- KIM, T. K.; YONG, H. I.; JUNG, S.; KIM, Y. B.; CHOI, Y. S. Effects of replacing pork fat with grape seed oil and gelatine/alginate for meat emulsions. **Meat Science**, v. 163, p. 108079, 2020.
- KONAR, N.; PALABIYIK, I.; TOKER, O. S.; POLAT, D. G.; KELLECI, E.; PIROUZIAN, AKCICEK A.; SAGDIC O. Conventional and sugar-free probiotic white chocolate: Effect of inulin D on various quality properties and viability of probiotics. **Journal of Functional Foods**, v. 43, p. 206–213, 2018.
- KUMAR, R. R.; SHARMA, B. D.; MENDIRATTA, S. K.; MALAV, O. P.; TALUKDER, S.; IRSHAD, A. Efficacy of Peanut Paste as Functional Component in Premium Mutton Nuggets. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 41, n. 3, 2017.

- LANE, K. E.; LI, W.; SMITH, C. J.; DERBYSHIRE, E. J. The development of vegetarian omega-3 oil in water nanoemulsions suitable for integration into functional food products. **Journal of Functional Foods**, v. 23, p. 306-314, 2016.
- LAUKOVÁ, A. Using natural and novel antimicrobials to improve the safety and shelf-life stability of processed meat products. In: **Processed Meats**. Woodhead Publishing, 2011. p. 299-330. LELAND, J. V. Flavor interactions: The greater whole. *Food technological*, v. 51, n. 1, p. 85-80, 1997.
- LILIANA, R.; CODY, M. H.; YELENA, F.; MENDEL, F.; SADHANA, R. Concentration dependent inhibition of Escherichia coli O157:H7 and heterocyclic amines in heated ground beef patties by apple and olive extracts, onion powder and clove bud oil. **Meat Science**, v. 94, p. 461-467, 2013.
- LOCKYER, S.; NUGENT, A. P. Health effects of resistant starch. **Nutrition Bulletin**, v. 42, n. 1, p. 10-41, 2017.
- LORENZO, J. M.; PATEIRO, M.; DOMÍNGUEZ, R.; BARBA, F. J.; PUTNIK, P.; KOVAČEVIĆ, D. B.; ... & FRANCO, D. Berries extracts as natural antioxidants in meat products: A review. **Food Research International**, v. 106, p. 1095-1104, 2018a.
- LORENZO, J. M.; MUNEKATA, P. E.; SANT'ANA, A. S.; CARVALHO, R. B.; BARBA, F. J.; TOLDRÁ, F.; ... & TRINDADE, M. A. Main characteristics of peanuts kin and its role for the preservation of meat products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 77, p. 1-10, 2018b.
- LOURENÇO, L. F. H.; GALVÃO, G. C. S.; RIBEIRO, S. C. A.; RIBEIRO, C. F. A.; PARK, K. J. Fat substitutes in processing of sausages using piramutaba waste. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, n. 7, p. 1269-1277, 2014.
- MADANE, P.; DAS, A. K.; PATEIRO, M.; NANDA, P. K.; BANDYOPADHYAY, S.; JAGTAP, P.; ...; & LORENZO, J. M. Drumstick (*Moringa oleifera*) flower as antioxidant dietary fibre in chicken meat nuggets. **Foods**, v. 8, n. 8, p. 307, 2019.
- MANICA, I. **Fruticultura tropical: banana**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 1997.
- MARIEM, C.; SAMEH, M., NADHEM, S.; SOUMAYA, Z., NAJIBA, Z.; RAOUDHA, E. G. Antioxidant and antimicrobial properties of the extracts from *Nitraria retusa* fruits and their applications to meat product preservation. **Industrial Crops and Products**, v. 55, p. 295-303, 2014.
- MARCONI, M. F.; WANG, S. ALBABISH, W.; NIE, S.; SOMNARIAN, D. & HILL, A. Diverse food-based application of nuclear magnetic resonance (NMR) technology. **Food Research International**, 51, 729-747, 2013.
- MARTÍNEZ-YUSTA, A., GOICOECHEA, E., & GUILLÉN, M. D. A Review of ThermoOxidative Degradation of Food Lipids Studied by ¹H NMR Spectroscopy: Influence of Degradative Conditions and Food Lipid Nature. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, 13, 838-859, 2014.
- MARIUTTI, L. R. B.; BRAGAGNOLO, N. A oxidação lipídica em carne de frango e o impacto da adição de sálvia (*Salvia officinalis*, L.) e de alho (*Allium sativum*, L.) como antioxidantes naturais. **Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso)**, v. 68, n. 1, p. 1-11, 2009.
- MARIUTTI, L. R. B.; BRAGAGNOLO, N. Influence of salt on lipid oxidation in meat and seafood products: a review. **Food Research International**, v. 94, p. 90-100, 2017.
- MATSUDA, H.; KUMAZAKI, K.; OTOKOZAWA, R.; TANAKA, M.; UDAGAWA, E. T. Resistant starch suppresses postprandial hypertriglyceridemia in rats. **Food Research International**, v. 89, p. 838-842, 2016.

- MCMAHON, K. M., CULVER, C., CASTURA, J. C., & ROSS, C. F. Perception of carbonation in sparkling wines using descriptive analysis (DA) and temporal check-all-that-apply (TCATA). **Food Quality and Preference**, 59, 14-26, 2017.
- MCSWEENEY, M. B., SISOPHA, A., TIEN, C., RECTOR, M., & DUIZER, L. M. Comparing preferred attribute elicitation to trained panelists' evaluations using a novel food product. *Journal of Sensory Studies*, 32(6), e12300, 2017.
- MEDINA, J. C.; BLEINROTH, E. W.; MARTIN, Z. J. de.; MORETTI, V. A. **Banana: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. 2. ed. Campinas: ITAL. 1985, 302p.
- MEDINA, V. M.; PEREIRA, M. E. C. Pós-colheita. In: BORGES, A.L.; SOUZA, L.S. **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: EMBRAPA, cap. 12, p. 219, 2004.
- MELO, P. S.; ARRIVETTI, L. O. R.; ALENCAR, S. M. SKIBSTED, L. H. Antioxidative and prooxidative effects in food lipids and synergism with a-tocopherol of açai seed extracts and grape rachis extracts. **Food Chemistry**, v. 213, p.440-449, 2016.
- MEYNER, M., & CASTURA, J. C. The analysis of temporal check-all-that-apply (TCATA) data. **Food Quality and Preference**, 67, 67-76, 2018.
- MITCHELL, J., CASTURA, J. C., THIBODEAU, M., & PICKERING, G. Application of TCATA to examine variation in beer perception due to thermal taste status. **Food Quality and Preference**, 73, 135-142, 2019.
- MORAES, F. P.; COLLA, L. M. Alimentos funcionais e nutraceuticos: definições, legislação e benefícios à saúde. **Revista eletrônica de farmácia**, v. 3, n. 2, p. 109-122, 2006.
- MUGGAH, E. M., & MCSWEENEY, M. B. Using preferred attribute elicitation to determine how males and females evaluate beer. **Journal of Food Science**, 82(8), 1916-1923, 2017.
- NIKMARAM, N.; BUDARAJU, S.; BARBA, F. J.; LORENZO, J. M.; COX, R. B.; MALLIKARJUNAN, K.; ROOHINEJAD, S. Application of plant extracts to improve the shelf-life, nutritional and health-related properties of ready-to-eat meat products. **Meat Science**, v. 145, p. 245-255, 2018.
- OI, R. K.; DE MORAES JÚNIOR, D.; TAMBOURGI, E. B. Estudo de viabilidade para produção da farinha de banana verde em spray dryer. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 14, p. 317-322, 2012.
- OLIVEIRA, T. L. C.; ARAÚJO S. R.; RAMOS, E. M.; GRAÇAS C., M.; ALVES, E.; PICCOLI, R. H. Antimicrobial activity of *Satureja montana* L. essential oil against *Clostridium perfringens* type A inoculated in mortadella-type sausages formulated with different levels of sodium nitrite. **International Journal of Food Microbiology**, v. 144, n. 3, p. 546-555, 2011.
- OLMEDILLA-ALONSO, B.; JIMÉNEZ-COLMENERO, F.; SÁNCHEZ-MUNIZ, F. J. Development and assessment of healthy properties of meat and meat products designed as functional foods. **Meat Science**, v. 95, n. 4, p. 919-930, 2013.
- ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de Alimentos: alimentos de origem animal (v. 2)**. Porto Alegre: Artmed, p.188-196, 2005.
- OSAWA, C. C., FELÍCIO, P. E. D., & GONÇALVES, L. A. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Química Nova**, v.28, p. 655-663, 2005.
- PALMERI, R.; PARAFATI, L., RESTUCCIA, C.; FALLICO, B. Application of prickly pear fruit extract to improve domestic shelf life, quality and microbial safety of sliced beef. **Food and Chemical Toxicology**, v. 118, p. 355-360, 2018.

- PAGLARINI, C. S., VIDAL, V. A. S., DOS SANTOS, M., COIMBRA, L. O., ESMERINO, E. A., CRUZ, A.G., & POLLONIO, M. A. R. Using dynamic sensory techniques to determine drivers of liking in sodium and fat-reduced Bologna sausage containing functional emulsion gels. **Food Research International**, 132, 109066, 2020.
- PBMH & PIF. Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura e Produção Integrada de Frutas. **Normas de Classificação de Banana**. São Paulo: CEAGESP, 2006.
- PEARSON, A.M.; GILLET, T.A. **Processed Meats**. Chapman e Hall, New York, 3ed, 1996, 436p.
- PEDROSO, R. A.; DEMIATE, I. M. Avaliação da influência de amido e carragena nas características físico-químicas e sensoriais de presunto cozido de peru. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 24-31, 2008.
- PEREIRA, A. L. F.; ABREU, V. K. G. **Lipid peroxidation in meat and meat products. In Lipid Peroxidation** [Working Title]; Mansour, M. A., Ed.; Intech Open: London, UK, 2018, 1–14p.
- PEREIRA, F. A. et al. **A cultura da banana**. 3 ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. 2006. 118p.
- PEREIRA, D.; PINHEIRO, R. S.; HELDT, L. F. S.; MOURA, C. D.; BIANCHIN, M.; ALMEIDA, J. D. F.; CARPES, S. T. Rosemary as natural antioxidant to prevent oxidation in chicken burgers. **Food Science and Technology**, v. 37, p. 17-23, 2017.
- PEREIRA, A.; MARASCHIN, M. Banana (*Musa spp*) from peel to pulp: ethnopharmacology, source of bioactive compounds and its relevance for human health. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 160, p. 149-163, 2015.
- PETRACCI, M.; BIANCHI, M.; MUDALAL, S.; CAVANI, C. Functional ingredients for poultry meat products. **Trends in Food Science and Technology**, v. 33, n. 1, p. 27–39, 2013.
- PHUONG, N. N. M.; LE, T. T.; VAN CAMP, J.; RAES, K. Evaluation of antimicrobial activity of rambutan (*Nephelium lappaceum L.*) peel extracts. **International Journal of Food Microbiology**, v. 321, 108539, 2020.
- PINTADO, T.; HERRERO, A. M.; JIMÉNEZ-COLMENERO, F.; CAVALHEIRO, C. P.; RUIZ-CAPILLAS, C. Chia and oat emulsion gels as new animal fat replacers and healthy bioactive sources in fresh sausage formulation. **Meat Science**, v. 135, p. 6-13, 2018.
- PIRES, M. A.; BARROS, J. C.; RODRIGUES, I.; MUNEKATA, P. E. S.; TRINDADE, M. A. Improving the lipid profile of bologna type sausages with Echium (*Echium plantagineum L.*) oil and chia (*Salvia hispanica L.*) flour. **LWT-Food Science and Technology**, v. 119, 108907, 2020.
- PONNAMPALAM, E. N.; PLOZZA, T.; KERR, M., LINDEN, N.; MITCHELL, M.; BEKHIT, A. A.; JACOBS, J. L.; HOPKINS, D. L. Interaction of diet and long ageing period on lipid oxidation and colour stability of lamb meat. **Meat Science**, v.129, p.43-49, 2017.
- POPOOLA, I. O., BRUCE, H. L., MCMULLEN, L. M., & WISMER, W. V. Consumer sensory comparisons among beef, horse, elk, and bison using preferred attributes elicitation and check-all-that-apply methods. **Journal of Food Science**, 84(10), 3009-3017, 2019.
- POTHAKOS, V.; DEVLIEGHIERE, F.; VILLANI, F.; BJÖRKROTH, J.; ERCOLINI, D. Lactic acid bacteria and their controversial role in fresh meat spoilage. **Meat science**, v. 109, p. 66-74, 2015.

- PRICE, J. F.; SCHWEIGERT, B. S. **Ciencia De La Carne y De Los Productos Carnicos**. 2. ed. Espanha: Zaragoza: Acribia. 1994. 11- 57p.
- QAMAR, S.; SHAIKH, A. Therapeutic potentials and compositional changes of valuable compounds from banana-A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 79, p. 1-9, 2018.
- RAFIEIAN-KOPAEI, M.; BEIGREZAEI, S.; NASRI, H.; KAFESHANI, M. Soy protein and chronic kidney disease: An update dreview. **International Journal of Preventive Medicine**, v. 8, p. 105, 2017.
- RAMOS, P. D.; LEONEL, M.; LEONEL, S. Amido resistente em farinhas de banana verde. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 20, p. 479-483, 2009.
- RANIERI, L. M.; DELANI, T. C. D. O. Banana verde (*Musa spp*): obtenção da biomassa e ações fisiológicas do amido resistente. **Revista UNINGÁ Review**, v. 20, n. 3, p. 43-49, 2014.
- REY, A. I., HOPIA, A., KIVIKARI, R., & KAHKONEN, M. Use of natural food/plant extracts: cloudberry (*Rubus Chamaemorus*), beetroot (*Beta Vulgaris* “Vulgaris”) or willow herb (*Epilobium angustifolium*) to reduce lipid oxidation of cooked pork patties. **LWT-Food Science and Technology**, 38(4), 363-370, 2005.
- RIOS-MERA, J. D., SALDAÑA, E., CRUZADO-BRAVO, M. L., MARTINS, M. M., PATINHO, I., SELANI, M. M., ... & CONTRERAS-CASTILLO, C. J. Impact of the content and size of NaCl on dynamic sensory profile and instrumental texture of beef burgers. **Meat Science**, 161, 107992, 2020.
- RIZO, A., PEÑA, E., ALARCON-ROJO, A. D., FISZMAN, S., & TÁRREGA, A. Relating texture perception of cooked ham to the bolus evolution in the mouth. **Food Research International**, 118, 4-12, 2019.
- RIQUETTE, R. F. R.; GINANI, V. C.; DOS SANTOS LEANDRO, E.; DE ALENCAR, E. R.; MALDONADE, I. R.; de AGUIAR, L. A.; ... & ZANDONADI, R. P. Do production and storage affect the quality of green banana biomass? **LWT-Food Science and Technology**, v. 111, p. 190-203, 2019.
- RIVAS-CAÑEDO, A.; NUÑEZ, M.; FERNÁNDEZ-GARCÍA, E. Volatile compounds in Spanish dry-fermented sausage ‘salchichón’ subjected to high pressure processing. Effect of the packaging material. **Meat Science**, v. 83, p. 620–626, 2009.
- RODRIGUES, A. S.; KUBOTA, E. H.; DA SILVA, C. G.; dos SANTOS ALVES, J.; HAUTRIVE, T. P.; RODRIGUES, G. S.; CAMPAGNOL, P. C. B. Banana inflorescences: A cheap raw material with great potential to be used as a natural antioxidant in meat products. **Meat Science**, v. 161, p. 107991, 2020.
- ROSS, C. F.; SMITH, D.M. Use of volatiles as indicators of lipid oxidation in muscle foods. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 5, p. 18–25, 2006.
- SACKS, F. M.; LICHTENSTEIN, A.; VANHORN, L.; HARRIS, W.; KRIS-ETHERTON, P.; WINSTON, M. Soy protein, isoflavones, and cardiovascular health. A summary of a statement for professionals from the American Heart Association Nutrition Committee. **Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology**, v. 26, p. 1689–1692, 2006.
- SAINSBURY, J.; GRYPA, R.; ELLINGWORTH, J.; DUODU, K. G.; DE KOCK, H. L. The effects of antioxidants and shelf life conditions on oxidation markers in a sunflower oil salad dressing emulsion (SOSDE). **Food Chemistry**, v. 213, p. 230-237, 2016.
- SALDAÑA, E.; SICHE, R.; DA SILVA PINTO, J. S.; DE ALMEIDA, M. A.; SELANI, M. M.; RIOS-MERA, J.; CONTRERAS-CASTILLO, C. J. Optimization of lipid

- profile and hardness of low-fat mortadella following a sequential strategy of experimental design. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 2, p. 811-820, 2018.
- SALIH, Z. A.; SIDDEEG, A.; TAHA, R. T.; BUSHRA, M.; AMMAR, A. F.; ALI, A. O. Physicochemical and Functional Properties of Pulp and Peel Flour of Dried Green and Ripe Banana (Cavendish). **International Journal of Research in Agricultural Sciences**, v. 4, n. 6, p. 2348 – 3997, 2017.
- SANTOS, B. A., POLLONIO, M. A. R., CRUZ, A. G., MESSIAS, V. C., MONTEIRO, R. A., OLIVEIRA, T. L. C., ... & BOLINI, H. M. A. Ultra-flash profile and projective mapping for describing sensory attributes of prebiotic mortadellas. **Food Research International**, 54(2), 1705-1711, 2013.
- SARDA, F. A. H.; GIUNTINI, E. B.; GOMEZ, M. L. P.; LUI, M. C. Y.; NEGRINI, J. A.; TADINI, C. C.; ...& MENEZES, E. W. Impact of resistant starch from unripe banana flour on hunger, satiety, and glucose homeostasis in healthy volunteers. **Journal of Functional Foods**, v. 24, p. 63-74, 2016.
- SEGUNDO, C.; ROMÁN, L.; GÓMEZ, M.; MARTÍNEZ, M. M. Mechanically fractionated flour isolated from green bananas (*M. cavendishii* var. nanica) as a tool to increase the dietary fiber and phytochemical bioactivity of layer and sponge cakes. **Food Chemistry**, v. 219, p. 240-248, 2017.
- SELANI, M. M.; SHIRADO, G. A.; MARGIOTTA, G. B.; RASERA, M. L.; MARABESI, A. C.; PIEDADE, S. M.; CONTRERAS-CASTILLO, C. J.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Pineapple by-product and canola oil as partial fat replacers in low-fat beef burger: Effects on oxidative stability, cholesterol content and fatty acid profile. **Meat Science**, v. 115, p. 9-15, 2016.
- SHIMOKOMAKI, M.; OLIVO, R.; TERRA, N. N.; FRANCO, B. D. G. M. **Atualidades em Ciências e Tecnologia dos Alimentos**. São Paulo: Livraria Varela. 2006, 123-132p.
- SILVA, V. S.; ORLANDELLI, R. C. Desenvolvimento de alimentos funcionais nos últimos anos: uma revisão. **Revista Uningá**, v. 56, n. 2, p. 182-194, 2019.
- SILVA, M. B. D. L.; RAMOS, A. M. Composição química, textura e aceitação sensorial de doces em massa elaborados com polpa de banana e banana integral. **Revista Ceres**, v. 56, n. 5, p. 551-554, 2009.
- SILVA, R.; DOS SANTOS LIMA, A.; DA SILVA, L. P.; DO NASCIMENTO SILVA, R.; PEREIRA, E. M.; DE OLIVEIRA, F. L. N.; AZERÊDO, G. A. Addition of essential oils and inulin for production of reduced salt and fat ham. **Australian Journal of Crop Science**, v.13, n.6, p.1031, 2019.
- SIMMONDS, N. W. **Los platanos**. Barcelona: Blume, 1973, 539p.
- SIRIAMORNUN, S.; KAEWSEEJAN, N. Quality, bioactive compounds and antioxidant capacity of selected climacteric fruits with relation to their maturity. **Scientia Horticulturae**, v. 221, p. 33-42, 2017.
- SMAOUI, S.; HLIMA, H. B.; MTIBAA, A. C.; FOURATI, M.; SELLEM, I.; ELHADEF, K.; ... MELLOULI, L. Pomegranate peel as phenolic compounds source: Advanced analytical strategies and practical use in meat products. **Meat Science**, p. 107914, 2019.
- SOARES, D. J.; TAVARES, T. M.; BRASIL, ISABELLA, M.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M. Processos oxidativos na fração lipídica de alimentos. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 30, n. 2, p. 263-272, 2012.

- SOUSA, A. S.; LUCAS, M. R.; SOUZA, D. O. D. S.; COSTA, B. C. A Produção de Banana e seus Impactos Socioeconômicos no Desenvolvimento da Microrregião de Araguaína-TO. **Revista Observatório**, v. 5, n. 5, 2019.
- SOUZA, N. C. O.; de OLIVEIRA, L. D. L.; de ALENCAR, E. R.; MOREIRA, G. P.; dos SANTOS L. E.; GINANI, V. C.; ZANDONADI, R. P. Textural, physical and sensory impacts of the use of green banana puree to replace fat in reduced sugar pound cakes. **LWT-Food Science and Technology**, v. 89, p. 617-623, 2018.
- SOYER, A.; OZALP, B.; DALMIS, U.; BILGIN, V. Effects of freezing temperature and duration of frozen storage on lipid and protein oxidation in chicken meat. **Food Chemistry**, v. 120, p. 1025-1030, 2010.
- SUET-YEN, S.; LEE, T. S.; TIAM-TING, T.; SOO-TUEEN, B.; RAHMAT, A. R.; RAHMAN, W. A. W. A. Control of bacteria growth on ready-to-eat beef loaves by antimicrobial plastic packaging incorporated with garlic oil. **Food Control**, v. 39, p. 214–221, 2014.
- SULAIMAN, S. F.; YUSOFF, N. A. M.; ELDEEN, I. M.; SEOW, E. M.; SAJAK, A. A. B.; SUPRIATNO; OOI, K. L. Correlation between total phenolic and mineral contents with antioxidant activity of eight Malaysian bananas (*Musa* sp). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 24, p. 1–10, 2011.
- XI, Y.; SULLIVAN, G. A.; JACKSON, A. L.; ZHOU, G. H.; SEBRANEK, J. G. Use of natural antimicrobials to improve the control of *Listeria monocytogenes* in a cured cooked meat model system. **Meat Science**, v. 88, n. 3, p. 503-511, 2011.
- XIONG, Y. L. Nonmeat Ingredients and Additives. In **Handbook of Meat and Meat Processing**. 2 ed., p. 573–588. 2012.
- TAPRE, A. R.; JAIN, R. K. Study of advanced maturity stages of banana. **International Journal of Advanced Engineering Research and Studies**, v. 1, n. 3, p. 272-274, 2012.
- TEIXEIRA, A.; ALMEIDA, S.; PEREIRA, E.; MANGACHAIA, F.; RODRIGUES, S. Physicochemical characteristics of sheep and goat pâtés. differences between fat sources and proportions. **Heliyon**, v. 5, n. 7, e02119, 2019.
- TRIKI, M.; A. M. HERRERO, L.; RODRÍGUEZ-SALAS, F.; JIMÉNEZ-COLMENERO, AND C.; RUIZ-CAPILLAS. Chilled storage characteristics of low fat, n-3 PUFA-enriched dry fermented sausage reformulated with a healthy oil combination stabilized in a konjac matrix. **Food Control**, v. 31, p.158–165, 2013.
- TRIPATHI, M. K.; GIRI, S. K. Probiotic functional foods: Survival of probiotics during processing and storage. **Journal of Functional Foods**, v. 9, p. 225-241, 2014.
- UTAMA, D. T.; JEONG, H. S.; KIM, J., BARIDO, F. H.; LEE, S. K. Fatty acid composition and quality properties of chicken sausage formulated with pre-emulsified perilla-canola oil as an animal fat replacer. **Poultry Science**, v. 98, n. 7, p. 3059-3066, 2019.
- VERNAZA, M. G.; SCHMIELE, M.; PAUCAR-MENACHO, L.; STEEL, C.; CHANG, Y. K. **Brazilian Soybean Products: Functional Properties and Bioactive Compounds**. In: *Hispanic Foods: Chemistry and Bioactive Compounds*. Washington: ACS, p. 259-277, 2012.
- VIDAL, A. M.; DIAS, D. O.; MARTINS, E. S. M.; OLIVEIRA, R. S.; NASCIMENTO, R. M. S.; CORREIA, M. D. G. A ingestão de alimentos funcionais e sua contribuição para a diminuição da incidência de doenças. **Caderno de Graduação-Ciências Biológicas e da Saúde-UNIT**, v. 1, n. 1, p. 43-52, 2012.

- VYNCKE, W. Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. *Fette, Seifen, Anstrichmittel*, 72(12), 1084-1087, 1970.
- VOGADO, C. D. O.; LEANDRO, E. D. S.; ZANDONADI, R. P.; DE ALENCAR, E. R.; GINANI, V. C.; NAKANO, E. Y.; ... AGUIAR, P. A. Enrichment of probiotic fermented milk with green banana pulp: Characterization microbiological, physicochemical and sensory. *Nutrients*, v. 10, n. 4, p. 427, 2018.
- VON LOESECKE, H. *Bananas*. 2. ed. New York: Inter Science. 1950.
- WEISS, J.; GIBIS, M.; SCHUH, V.; SALMINEN, H. Review: Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products. *Meat Science*, v. 86, n. 1, p. 196-213, 2010.
- WOLFER, T. L.; ACEVEDO, N. C.; PRUSA, K. J.; SEBRANEK, J. G.; TARTÉ, R. Replacement of pork fat in frankfurter-type sausages by soybean oil oleogels structured with rice bran wax. *Meat Science*, v. 145, p. 352-362, 2018.
- WU, M.; XIONG, Y. L.; CHEN, J.; TANG, X.; ZHOU, G. Rheological and Microstructural Properties of Porcine Myofibrillar Protein-Lipid Emulsion Composite Gels. *Journal of Food Science*, v. 74, n. 4, p. 207-217, 2009.
- YOUSSEF, M. K.; BARBUT, S. Physicochemical Effects of the Lipid Phase and Protein Level on Meat Emulsion Stability, Texture, and Microstructure. *Journal of Food Science*, v. 75, n. 2, p. 108-114, 2010.
- YUNES, J. F. F.; CAVALHEIRO, C. P.; MILANI, L. I. G.; SCHEEREN, M. B.; BLAZQUEZ, F. J. H.; BALLUS, C. A.; FRIES, L. L. M.; TERRA, N. N. Efeito da substituição da gordura suína por óleos vegetais nas características de qualidade, estabilidade oxidativa e microestrutura de mortadela. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 34, n. 3, p. 1205-1216, 2013.
- ZHANG, W.; XIAO, S.; SAMARAWEEERA, H.; LEE, E. J.; AHN, D. U. Improving functional value of meat products. *Meat Science*, v. 86, n. 1, p. 15-31, 2010.
- ZHANG, J.; WANG, Y.; PAN, D. D.; CAO, J. X.; SHAO, X. F.; CHEN, Y. J., ET AL. Effect of black pepper essential oil on the quality of fresh pork during storage. *Meat Science*, v.117, p. 130-136, 2016.
- ZHANG, Y., HOLMAN, B. W., PONNAMPALAM, E. N., KERR, M. G., BAILES, K. L., KILGANNON, et al. Understanding beef flavour and overall liking traits using two different methods for determination of thiobarbituric acid reactive substance (TBARS). *Meat science*, v.149, p.114-119, 2019.

CAPÍTULO I - Biomassa de banana verde: Propriedades físico-químicas e funcionais e seu potencial como substituto de gordura em uma mortadela de frango ¹

¹ Artigo publicado no periódico **LWT - Food Science and Technology**, v. 40, 110686, 2021 (Apêndice I)

RESUMO

O potencial da biomassa de banana verde (BBV) como ingrediente natural e seu impacto como substituto de gordura em mortadela de frango sobre a percepção sensorial foram investigados. A BBV foi avaliada quanto à caracterização físico-química, capacidade antioxidante e atividade antimicrobiana. Cinco formulações de mortadela de frango foram desenvolvidas com substituição de 25, 50, 75 e 100% de gordura por BBV. A estabilidade microbiológica das formulações foi avaliada, e o perfil sensorial foi avaliado por Elicitação Preferencial de Atributos (PAE). A fibra alimentar, amido resistente, compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante na BBV foram de 3,99%, 4,16%, 518,39 mg GAE / 100 g (GAE: equivalente em ácido gálico) de amostra seca, 5307,62 μmol de equivalente trolox (TE) / 100 g de amostra seca e 3583,12 μmol de trolox equivalente (TE) / 100 g de amostra seca, respectivamente. A BBV continha potássio (1121 mg / 100 g), fósforo (183,6 mg / 100 g), magnésio (77,4 mg / 100 g), cobre (0,53 mg / 100 g) e ferro (7,21 mg / 100 g). As contagens microbianas nas formulações após 90 dias de armazenamento refrigerado estavam dentro do limite seguro. Os resultados concluíram que a BBV apresentou propriedades funcionais e tecnológicas desejáveis para uso em mortadela de frango, sem afetar o sabor característico desses produtos. Além disso, o PAE mostrou-se um método potencial para caracterizar a mortadela de frango.

CAPÍTULO II - Substituição de pele de frango por biomassa de banana verde e seu impacto sobre as propriedades tecnológicas, nutricionais e dinâmica sensorial de mortadela de frango

RESUMO

A redução de gordura de produtos cárneos processados tornou-se necessário devido à demanda impulsionada pelos consumidores por alimentos mais saudáveis. Neste sentido, o objetivo deste estudo foi caracterizar mortadela de frango com substituição total e parcial de pele de frango por biomassa de banana verde (BBV). Foram preparadas cinco formulações: FC, controle, (100% de pele de frango), F1, F2, F3 e F4 (25, 50, 75 e 100% da substituição de pele de frango por BBV, respectivamente). As amostras foram caracterizadas de acordo com a composição físico-química (composição aproximada, valor energético, pH, atividade da água (Aa), estabilidade da emulsão (EE), capacidade de retenção de água (CRA), cor instrumental (L^* , a^* e b^*), textura instrumental, perfil de ácidos graxos e microestrutura), qualidade nutricional e propriedades sensoriais por *Temporal Check-all-that-apply* (TCATA) e aceitação. A substituição da pele de frango por BBV não afetou a EE, pH e teor de proteínas. Além disso, a adição crescente de BBV reduziu o teor de gordura, ácidos graxos saturados e valor energético. A substituição de 100% da pele de frango por BBV melhorou a CRA das mortadelas, por outro lado, diminuiu os parâmetros de cor e textura. A adição de BBV não afetou o sabor típico de mortadela das amostras nem a aceitação, conforme demonstrado pelo TCATA e teste de aceitação; além disso, os atributos predominantes foram fibrosos e sabor de gordura. Com base nos resultados, é possível substituir até 100% de pele de frango por BBV e obter um produto cárneo emulsionado mais saudável e com aceitação sensorial.

Palavras-chave: Emulsão cárnea, Redução de gordura, Ingrediente natural, Capacidade de retenção de água, TCATA.

ABSTRACT

Reducing the fat content of processed meat products has become necessary due to consumer-driven demand for healthier foods. In this sense, this study aimed to characterize chicken mortadella with total and partial replacement of chicken skin by green banana biomass (GBB). Five treatments were prepared: FC (control treatment formulated with 100% chicken skin), F1, F2, F3, and F4 (25, 50, 75, and 100% of chicken skin replacement by GBB, respectively). Samples were characterized according to physicochemical composition (approximate composition, energy value, pH, water activity (A_w), emulsion stability (EE), water-holding capacity (WHC), instrumental color (L^* , a^* and b^*), instrumental texture, fatty acid profile, and microstructure), nutritional quality and sensory properties (dynamic description by Temporal Check-all-that-apply and acceptance). The replacement of chicken skin by GBB did not affect the EE, pH, and protein content values. Furthermore, the increasing addition of GBB reduced the fat content, saturated fatty acids, and energy value. The replacement of 100% of chicken skin by GBB increased the WHC of mortadella, on the other hand, decreased the color and texture parameters. The addition of GBB did not affect the typical mortadella flavor of the samples nor the overall liking as shown by TCATA and acceptance test; moreover, the dominance of the flavor was directed towards the fibrous and fat flavor attributes. Based on the results, replacement up to 100% of chicken skin with GBB is possible and obtain a healthier emulsified meat product with good sensory acceptance.

Keywords: Meat emulsion, fat reduction, natural ingredient, water-holding capacity, dynamic sensory profiling.

1 INTRODUÇÃO

As gorduras representam importantes ingredientes utilizados nas formulações de alimentos por conferir características sensoriais desejadas, como aroma, sabor e textura (Barbut, Wood & Marangoni, 2016). No entanto, o elevado consumo de gorduras, principalmente saturadas, está relacionado com aumento de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), como cardiovasculares, diabetes tipo 2, alto teor de lipídios no sangue, inflamação, estresse oxidativo, disfunção endotelial, obesidade e síndrome metabólica, entre outros (Islam et al., 2019). Dessa forma, a Organização Mundial da Saúde (OMS) (2008) estabelece que a ingestão diária total de gordura para adultos não deve ultrapassar 35% de calorias totais, ácidos graxos saturados máximos de 10% e gordura trans menos que 1%.

Os produtos cárneos processados contém de alto teor de gorduras saturadas e, apesar de apresentarem uma alternativa barata de fontes de proteínas de alto valor biológico, vitaminas lipossolúveis, minerais e compostos bioativos, o consumo elevado desses produtos pode aumentar o aparecimento de DCNT (López-Pedrouso et al., 2020; Mehta, Ahlawat, Sharma & Dabur, 2015; Silva et al., 2019). A modificação do teor de gordura de produtos cárneos processados apresenta como estratégia para melhorar as propriedades funcionais; no entanto, pode ocorrer alterações indesejáveis nas propriedades tecnológicas e sensoriais no produto (Alves et al., 2016). Assim, alguns estudos têm proposto reduzir ou substituir a gordura de produtos cárneos processados por ingredientes naturais a fim de melhorar as propriedades tecnológicas e funcionais (Henck et al., 2019; Choe & Kim, 2019; Carvalho et al., 2019; Câmara et al., 2020; Urgu-Öztürk, Öztürk-Kerimoğlu & Serdaroğlu, 2020).

A biomassa de banana verde (BBV) é um subproduto obtido através do cozimento de bananas verdes (estágio 1 a 2 de maturação), sendo que após o cozimento a polpa da banana verde apresenta insípida e inodora, podendo ser adicionada em diversas matrizes alimentares (Ranieri & Delani, 2014). Seu consumo pode contribuir com diversos benefícios à saúde, pois é fonte de vitaminas A, C e complexo B (B1, B2 e niacina) e sais minerais como potássio, fósforo, sódio e magnésio (Pereira & Maraschin, 2015; Auriema et al., 2021). Além disso, a banana verde é considerada um alimento funcional, pois é fonte de fibras (6 a 15.5% em base seca) e de amido resistente (40.9–58.5% em base seca) (Alves et al., 2016, Ramos et al. 2009).

O uso de BBV como ingrediente substituto de gordura em produtos cárneos emulsionados pode apresentar uma boa estratégia para melhorar as características funcionais. Entre esses produtos, a mortadela é amplamente consumida em muitos países, principalmente por ser acessível e apresentar sabor e aroma agradável (Júnior et al., 2019). A gordura representa o principal ingrediente deste produto, pois é responsável pela emulsão cárnea, além de contribuir com as características sensoriais (Barbut, Wood & Marangoni, 2016).

A avaliação sensorial de produtos reformulados é fundamental para compreender a preferência dos consumidores durante o desenvolvimento de novo produto. No entanto, estudos sensoriais dinâmicos sobre as percepções dos consumidores de produtos cárneos são poucos explorados e podem fornecer informações importantes para a compreensão da preferência dos consumidores (Palagrini et al., 2020). O método Temporal-Check-All-That-Apply (TCATA), proposto por Castura, Antúnez, Giménez, & Ares (2016), permite

avaliar vários atributos sensoriais ao mesmo tempo e durante o consumo do produto, usando uma lista de atributos selecionados previamente, permitindo uma descrição sensorial detalhada. Este método apresentou excelentes resultados em estudos que avaliaram diferentes produtos, como bebida láctea, vinho espumante, presunto cozido, cerveja, hambúrguer e mortadela Bologna (Esmerino et al., 2017; McMahon, Culver, Castura & Ross, 2017; Rizo et al., 2019; Mitchell, Castura, Thibodeau & Pickering, 2019; Rios-Mera, 2020; Paglarini et al., 2020).

Neste contexto, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da substituição parcial e total de pele de frango por BBV em mortadela de frango sobre a composição nutricional, propriedades tecnológicas e as percepções dinâmicas sensoriais através do TCATA, além da aceitação global.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Matéria-Prima

A carne de peito de frango, pele e a carne mecanicamente separada de frango (CMSF) foram fornecidas pela empresa Reginaves Indústria e Comércio de Aves Ltda. (RICA), Rio de Janeiro (Brasil) e os aditivos foram fornecidos pela empresa IBRAC aditivos e condimentos, Rio Claro (Brasil). As bananas verdes (Musa, AAAB, var. Prata BRS Platina) foram obtidas pela Embrapa Agrobiologia, Seropédica (Brasil) com manejo orgânico (Auriema et al., 2021). Os reagentes utilizados no estudo foram reagentes de grau analítico obtido pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

2.2 Preparação da Biomassa de Banana Verde

O processamento da biomassa de banana verde (BBV), em estágio 1 de maturação, seguiu o procedimento de Dinon et al. (2014), com modificações. As bananas verdes com as cascas foram lavadas em água corrente, dispostas em panela de pressão (1.8 Pa, 120 °C), na proporção de 1.800 g de bananas verdes para 1.750 ml de água, e submetidas à cocção por 15 minutos. Após o cozimento, as cascas foram removidas e as polpas foram moídas em um moedor (Becker Go, MBI-10, Brasil) utilizando uma placa de aço inoxidável com diâmetro de 5 mm.

2.3 Preparação das Mortadelas de Frango

Todas as mortadelas de frango foram processadas na planta piloto de Processamento de Carnes do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (DTA/UFRRJ).

Foram processadas cinco diferentes formulações de mortadelas de frango (Tabela 1): uma formulação controle (F0), sem redução de pele de frango e sem adição de BBV, e outras formulações com redução de 25% (F1), 50% (F2), 75% (F3) e 100% (F4)

de pele de frango e substituídas por BBV. Para o preparo das mortadelas, inicialmente, os peitos de frango resfriados a 0 °C foram moídos em moedor (Becker go) e levados ao cutter, juntamente com o gelo em escamas. Ao iniciar a cominuição, foi adicionado a CMSF. Após a homogeneização da massa, foram adicionados os demais ingredientes: pele de frango e sal. Após a cominuição por 30 segundos, foram adicionados BBV, sal de cura (nitrito/nitrato), eritorbato de sódio, carragena, proteína isolada de soja, condimento para mortadela, realçador de sabor, açúcar, fécula de mandioca e polifosfato de sódio. Após a homogeneização, a massa foi embutida em tripa artificial de poliamida de calibre 90 mm, com porção de aproximadamente 400 gramas. O cozimento das mortadelas foi realizado em banho-maria (marca Servinox), de acordo com a seguinte programação: 45 °C/30 min; 55 °C/30 min; 65 °C/30 min; 75 °C/30 min e 85 °C até a temperatura interna de 72 °C. As mortadelas cozidas foram resfriadas e estocadas em câmara fria a 4 °C até as análises posteriores. Duas réplicas independentes de cada formulação foram preparadas em dias diferentes. As análises físico-químicas, microestrutural e sensorial foram realizadas com máximo de uma semana após o processamento.

Tabela 1-Formulação de mortadelas de frango com reposição de 0, 25, 50, 75 e 100% de pele de frango por BBV ('Continuação').

Ingredientes (%)	Formulação				
	FC	F1	F2	F3	F4
Peito de frango	21,57	21,57	21,57	21,57	21,57
Pele de frango	23	17,25	11,5	5,75	0
**CMSF	30	30	30	30	30
Gelo	15	15	15	15	15
*Fécula de mandioca	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
*Carragena	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
*Proteína isolada de soja	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
*Sal de cura (nitrito/nitrato)	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
*Eritorbato de sódio	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
*Polifosfato de sódio	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
*Condimento para mortadelas	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

Tabela 1- Continuação

Sal	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
*Realçador de sabor	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Açúcar	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
BBV	0	5,75	11,5	17,25	23
Total	100	100	100	100	100

* Aditivos fornecidos pela empresa aditivos e condimentos da IBRAC.

** CMSF = carne mecanicamente separada de frango.

2.4 Análises das Mortadelas de Frango

2.4.1 Composição aproximada e valor energético

A composição aproximada (teor de umidade, cinzas, proteínas e lipídios) da mortadela foi determinada pelos métodos Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2019a). O teor de umidade foi medido por secagem em estufa das amostras a 105 ° C até peso constante (método 925.45). O nitrogênio total foi quantificado pelo método micro-Kjeldahl em um destilador de nitrogênio, e o teor de proteína estimado pela multiplicação do nitrogênio total por 6,25 (método 960,52). O teor de lipídio foi determinado em um aparelho Soxhlet usando éter de petróleo P.A. (método 963.15). O teor de cinza foi determinado por incineração em mufla (método 923.03) e o teor de carboidrato foi estimado por diferença. Todos os valores foram expressos em g/100 g, com base no peso úmido. O conteúdo energético foi calculado com base em 9 kcal/g para gordura e 4 kcal/g para proteína e carboidrato. Todas as análises descritas foram realizadas em triplicata.

2.4.2 pH e atividade de água (Aa)

Os valores de pH foram determinados usando um medidor de pH (Hanna Instruments 8417) para solução, de acordo com Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2019b) e a atividade da água (Aa) foi medida usando um instrumento Hygropalm (HygropalmAW1), seguindo as recomendações do fabricante. Todas as determinações foram realizadas em 6 repetições.

2.4.3 Estabilidade da emulsão (EE)

A estabilidade da emulsão (EE) foi determinada de acordo com o método proposto por Olivo et al. (1996), com algumas modificações. Aproximadamente 25 gramas de massa bruta foram removidos diretamente do cutter e pesados em tubos de centrífuga pré-pesados de 50 mL. Os tubos foram tratados termicamente a 70 ° C em

banho-maria (SOLAB, SL-155) por 30 minutos, em seguida foram resfriados à temperatura ambiente e centrifugados a 3000 rpm por 3 minutos à temperatura ambiente. Após a centrifuga, os tubos foram invertidos por 5 minutos para drenar o exsudado. A quantidade de amostra retida foi expressa em % de estabilidade da emulsão e foi calculada da seguinte forma: $ES = 100 - [(peso\ inicial - peso\ final) / peso\ inicial \times 100]$. As análises descritas foram realizadas em triplicata.

2.4.4 Capacidade de retenção de água (CRA)

A capacidade de retenção de água (CRA) foi determinada de acordo com o método proposto por Hoffmann, Hamm e Bluchel (1982), com modificações. Um grama de amostra foi pesado no papel de filtro e inserido no tubo de centrifugação pré-pesado (50 mL). O tubo foi centrifugado por 4 minutos a 3000 rpm e pesado. A água restante após a centrifugação foi quantificada por secagem da amostra a 70 ° C durante 12 horas e a CRA foi calculada da seguinte forma: $CRA = (peso\ após\ centrifugação - peso\ após\ secagem) / Peso\ inicial$. As análises descritas foram realizadas em triplicata.

2.4.5 Cor instrumental

A análise instrumental de cor das mortadelas de frango foi realizada em colorímetro Minolta CR-410 (Konica Minolta Sensing Inc., Japão). Os resultados foram expressos no sistema CIELAB, com L * (luminosidade), a * (componente vermelho-verde) e b * (componente amarelo-azul), utilizando refletância espectral incluída como modo de calibração, iluminante D65 e ângulo de observação de 10° (Hunt et al., 1991). As medições de cores foram realizadas na mortadela fatiada, levando dez pontos diferentes de leituras por amostra.

2.4.6 Perfil de textura instrumental

O perfil de textura instrumental das mortadelas de frango foi realizado no Texturômetro Universal Stable Micro System TAXT2 Plus com o auxílio da sonda metálica P036. Os parâmetros utilizados para analisar as propriedades mecânicas das mortadelas foram definidos por Cville & Szczesniak (1973): dureza, elasticidade, coesão e mastigabilidade (mastigabilidade = dureza x coesão x elasticidade). As amostras foram cortadas em cilindros de 2,2 cm de diâmetro e 2,2 cm de altura. Para cada amostra, oito réplicas foram analisadas. Os cilindros foram comprimidos com 50% de deformação, no pré-teste, as velocidades de teste e pós-teste serão de 5 mm.s⁻¹, força de acionamento 0,05 N e força de compressão 0,98 N.

2.4.7 Perfil de ácidos graxos

A composição dos ácidos graxos das mortadelas de frango foi determinada de acordo com o método descrito por Silva et al. (2020), com modificações. O perfil de ácidos graxos das amostras foi analisado a partir do CG-EM (*Agilent Technologies*, 7890A-5975C), como amostrador do tipo CTC PAL (Amostrador CTC PAL Sampler 120, *Agilent Technologies*) tendo as seguintes condições cromatográficas: volume de injeção de 1 µL, razão da divisão de fluxo da fase móvel no injetor 1:100, temperatura do injetor 240 °C; fluxo da fase móvel: 0,5 mL min⁻¹, programação do forno cromatográfico: 70 °C por 1 minuto, com rampa de temperatura de 45 °C min⁻¹ até 115 °C, seguido de

nova rampa a 40 °C min⁻¹ até 175 °C e por fim 30 °C min⁻¹ até 240 °C mantida por 4,23 minutos. A coluna utilizada foi DB-FFAP 15 m x 0,10 mm, 0,10 µm e detecção com intervalo de massa 40-400 m/z.

2.4.8 Índices aterogênicos (IA) e trombogênicos (IT)

A qualidade nutricional da composição dos ácidos graxos foi avaliada a partir dos índices aterogênicos (IA) e trombogênicos (IT). Eles foram calculados com base nos resultados obtidos de ácidos graxos de acordo com Ulbricht & Southgate (1991), usando as seguintes equações: $AI = (C12:0) + (4 \times C14:0) + (C16:0) / (n - 6 \text{ PUFA}) + (n - 3 \text{ PUFA}) + \sum \text{MUFA}$. $TI = [(C14:0 + C16:0 + C18:0) / (0.5 \times \sum \text{MUFA}) + (0.5 \times n - 6 \text{ PUFA}) + (3 \times n - 3 \text{ PUFA}) + (n - 3 \text{ PUFA} / n - 6 \text{ PUFA})]$.

2.4.9 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Utilizou-se um microscópio eletrônico de varredura com alto vácuo (MEV) TM 3000, com magnitude de 15x a 30000x e tensão de aceleração de 15 kV (Hitachi High Technologies, Japão) para avaliar a microestrutura das amostras de mortadelas utilizando ampliação a 250x e 500x (digital zoom: 2x e 4x). As amostras foram cortadas em tamanho padrão (2 cm x 2 cm) com espessura de 2 mm, colocadas em stubs e analisadas no equipamento modular.

2.4.10 Temporal Check-All-That-Apply (TCATA)

A avaliação das características sensoriais das mortadelas de frango durante o consumo foi avaliada pelo método TCATA. Para a realização do teste, os avaliadores receberam uma lista de atributos, em que eles foram solicitados a selecionar todos os atributos que considerem aplicáveis para descrever as sensações percebidas em cada amostra durante o tempo de avaliação. Desta maneira, o método permite a seleção simultânea de vários atributos e fornece uma descrição mais completa da característica sensorial do produto (Boinbaser, Parente, Castura, & Ares, 2015).

Para a seleção dos atributos sensoriais (Esmerino et al., 2017; Silva et al., 2020) e tempo de análise da mortadela de frango, foi realizado um estudo preliminar com 27 avaliadores que declararam consumir mortadela (pelo menos uma vez por semana), que consistiam aproximadamente de 67% de mulheres e 33% de homens, com idades entre 22 a 60 anos. A partir deste estudo, foram definidos nove atributos sensoriais: sabor típico de mortadela de frango, sabor de condimento, sabor de gordura, salgado, sabor defumado, suculento, macio, fibroso e firme.

Para o teste TCATA, foram recrutados 100 consumidores, através de cartazes e mídias sociais como e-mails e Facebook, compostos por alunos, funcionários e professores (idades entre 19 a 60 anos) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Os participantes foram instruídos a operar o software de aquisição de dados, Compusense Cloud 7.8.2 (Compusense Inc., Guelph, Ontário, Canadá). Cada participante recebeu cinco amostras (~ 10 g) de mortadelas de frango em cubo, apresentadas de forma sequencial monádica, seguindo uma ordem de apresentação balanceada em blocos completos, seguindo um desenho Williams Latin Square. Os atributos avaliados foram apresentados em duas colunas e a ordem de apresentação foi balanceada pelos avaliadores. Foi solicitado aos participantes que clicassem no botão iniciar ao mesmo tempo em que colocassem a amostra na boca e foi instruído a eles que selecionassem os atributos percebidos da amostra no decorrer do tempo de 60 segundos de avaliação. Este

tempo foi determinado através de um teste preliminar por integrantes do grupo de pesquisa para garantir que os atributos fossem percebidos durante o tempo do teste. Foi informado aos participantes que eles poderiam selecionar mais de uma vez os atributos se aplicáveis a amostra durante a avaliação. Após o teste de TCATA, os participantes avaliaram as amostras quanto à aceitação usando uma escala hedônica não estruturada de 9 pontos (1 – desgostei extremamente a 9 – gostei extremamente).

O teste foi realizado no laboratório de Análise Sensorial (DTA/UFRRJ), em cabines individuais, sob luz branca e temperatura ambiente (25 °C) e os dados do estudo foram coletados em notebooks. As amostras foram servidas em pratos plásticos brancos codificados à temperatura de 15 °C juntamente com um copo de água a temperatura ambiente e biscoito de água e sal para a limpeza do palato. Este estudo teve aprovação do comitê de ética (CAAE: 16784119.0.0000.5285) da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO) e os formulários de consentimento foram distribuídos a todos os voluntários.

2.5 Análise dos Dados

2.5.1 Análises físico-químicas

Os dados das análises físico-químicas foram analisados pelo software Statística 7.0 (StatSoft), submetidos à análise de variância unidirecional (ANOVA) e o teste de médias de Tukey foi utilizado para determinar as diferenças entre os valores médios para as diferentes formulações em 5% do nível de significância. Os dados relatados são as médias e desvio padrão das médias.

2.5.2 Dados do TCATA

Os dados de todos os participantes foram agregados e descritos através de gráficos de linhas. As proporções de citação foram calculadas por atributo com o número de participantes que selecionaram, a cada 1 s, o termo aplicável para descrever uma amostra em cada momento da avaliação. Os gráficos gerados foram suavizados usando um polinômio do tipo spline. Para avaliar as diferenças nas proporções de citação de cada atributo, foi realizado um teste Fisher-Irwin (Fisher, 1935; Irwin, 1935). Quando houve diferenças significativas das proporções de citação de cada atributo entre as formulações, as curvas TCATA foram destacadas no tempo relevante. As comparações foram feitas no nível bilateral de 5%. Os gráficos do TCATA e das diferenças dos atributos foram realizados no pacote R, usando a versão R 3.1.2 (Castura et al., 2016), e utilizou-se o software estatístico XLSTAT (versão 2016, Microsoft Excel®, Adinsoft, Paris, França).

2.5.3 Teste de aceitação

Os dados da aceitação foram analisados através da ANOVA, considerando os tratamentos e a ordem de apresentação como fatores fixos e os avaliadores como fator aleatório, seguidos pelo teste de Tukey para comparar as médias em 5% do nível de significância. Os dados foram analisados usando o software Statística 7.0 (StatSoft).

2.5.4 Análise de penalidade

Para identificar os atributos de preferência dos avaliadores sobre as amostras, foi realizada a análise de penalidade nos dados TCATA e nos valores médios do teste de

aceitação (Meyners, 2016). Os atributos determinantes foram identificados através das médias de todas as avaliações dos avaliadores e amostras sobre cada atributo avaliado que foi selecionado ou não selecionado entre quatro períodos de tempos, Q1 a Q4 (15 s cada período). Um teste t não pareado foi aplicado para avaliar a significância de suas diferenças entre as duas médias de taxas de preferência (Ares et al., 2017).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Composição Próxima e Conteúdo Energético de Mortadelas de Frango

O efeito da substituição da pele de frango por BBV sobre a composição química aproximada e o valor energético das mortadelas de frango, estão apresentados na Tabela 2. A substituição de 50, 75 e 100% de pele de frango por BBV aumentou significativamente ($p < 0.05$) o teor de umidade das mortadelas de frango em comparação ao controle. Provavelmente, o aumento da umidade das amostras pode ser atribuído ao teor de umidade da BBV.

Os teores de lipídios diminuíram significativamente ($p < 0.05$) com a adição de BBV nas mortadelas de frango. Este resultado pode ser atribuído às quantidades decrescentes de pele de frango entre as formulações (Tabela 1). Em relação ao controle, foi possível reduzir o teor de lipídios em 9,4, 28,8, 40,8 e 57,8%, das amostras F1, F2, F3 e F4, respectivamente. Portanto, as amostras F2, F3 e F4 podem ser declarados como “reduzidos de gordura total” de acordo com a legislação brasileira, RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012, que estabelece redução mínima de 25% em gordura total em relação ao alimento similar (Brasil, 2012). Essa redução de lipídios torna possível a produção de um produto que com níveis calóricos reduzidos e, portanto, mais saudáveis.

Em relação aos teores de cinzas, foi observado um aumento significativo ($p < 0.05$) apenas na amostra F4. Como a banana verde é considerada fontes de minerais (Yangilar, 2015), provavelmente a substituição de 100% de pele de frango por BBV contribuiu em elevar o conteúdo de cinzas. Para os teores de proteínas, não houve diferenças significativas ($p > 0.05$) entre as formulações, isso deve-se ao baixo teor de proteína da BBV (0,94%) (Auriema et al., 2021).

O conteúdo de carboidrato apresentou um aumento significativo ($p < 0.05$) nas amostras F2, F3 e F4, no entanto, este aumento não interferiu significativamente na quantidade máxima de carboidrato (10%) permitido pela legislação brasileira, IN nº 4, de 31 de março de 2000 (Brasil, 2000). De acordo com o estudo anterior, os valores de carboidratos totais encontrado na BBV foi de 19,43% (Auriema et al., 2021). Possivelmente, a adição acima de 50% BBV nas mortadelas contribuiu com o aumento do conteúdo de carboidrato. Além disso, a BBV constitui de carboidratos não digeríveis, especialmente fibras alimentares (4,16%) e amido resistente (3,99%) (Auriema et al., 2021), que apresentam funções benéficas ao organismo humano (Batista et al., 2017). Neste sentido, as mortadelas com adição BBV podem apresentar propriedades funcionais melhoradas.

O valor energético diminuiu significativamente ($p < 0.05$) nas mortadelas reformuladas. Foi observado uma redução de 4,7% (F1), 12,8% (F2), 21,7% (F3) e 32,13% (F4) em comparação ao controle (FC). Isso ocorreu devido a redução da quantidade de gordura (pele de frango) nas formulações, que são fontes de energia mais altas, contribuindo com 9 kcal/g, sendo maior que as proteínas e carboidratos (ambos com 4 kcal/g).

Tabela 2- Resultados da composição química aproximada e valor energético das diferentes formulações de mortadelas de frango.

	Formulações				
	FC	F1	F2	F3	F4
Umidade (%)	64,13 ± 0,41 ^d	64,90 ± 0,20 ^{cd}	65,78 ± 1,68 ^c	67,81 ± 0,10 ^b	69,5 ± 0,31 ^a
Cinzas (%)	2,52 ± 0,05 ^b	2,47 ± 0,10 ^b	2,48 ± 0,04 ^b	2,49 ± 0,02 ^b	2,89 ± 0,10 ^a
Lipídios (%)	15,29 ± 0,71 ^a	13,85 ± 0,35 ^b	10,88 ± 0,29 ^c	9,05 ± 0,01 ^d	6,45 ± 1,03 ^e
Proteínas (%)	10,59 ± 0,26 ^a	10,55 ± 0,09 ^a	10,76 ± 0,36 ^a	10,64 ± 0,11 ^a	10,37 ± 0,20 ^a
Carboidratos (%)	7,34 ± 0,66 ^b	8,15 ± 0,31 ^b	10,40 ± 1,09 ^a	9,98 ± 0,13 ^a	10,6 ± 1,22 ^a
Valor energético (Kcal/100 g)	209,35 ± 3,93 ^a	199,49 ± 1,33 ^b	182,56 ± 3,81 ^c	163,90 ± 0,39 ^d	142,07 ± 5,05 ^e

Os resultados são expressos como média ± desvio padrão. As médias seguidas de letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey. FC = mortadela controle (23% de pele de frango); F1, F2, F3 e F4: 25, 50, 75 e 100% de substituição da pele de frango por BBV. A descrição das amostras é mostrada na Tabela 1.

3.2 ph e Atividade de água (Aa)

Os valores de ph e Aa das diferentes formulações de mortadelas estão apresentados na Tabela 3. Os valores de ph das mortadelas variaram entre 6.66 a 6.75 e não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$). O valor do ph de produtos cárneos é um parâmetro de qualidade importante para indicar o estado de conservação do produto, e os valores de ph deste estudo pode ser considerado normal e dentro dos parâmetros de qualidade de mortadelas (Cenci et al., 2018).

A Aa foi afetada apenas na amostra F4, com substituição de 100% de pele de frango por BBV, que apresentou maior valor ($p < 0,05$) entre as formulações. Este resultado está de acordo com o valor da umidade de F4, em que o teor de água presente na BBV contribuiu com o aumento da Aa.

Tabela 3- Resultados de ph e Atividade de água (Aa) das diferentes formulações de mortadelas de frango.

	Formulações				
	FC	F1	F2	F3	F4
ph	6,75±0,04 ^a	6,70±0,02 ^a	6,67±0,03 ^a	6,68±0,04 ^a	6,66±0,02 ^a
Aa	0,98±0,00 ^b	0,98±0,00 ^b	0,98±0,00 ^b	0,98±0,00 ^b	0,99±0,00 ^a

Os resultados são expressos como média ± desvio padrão. As médias seguidas de letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey. FC = mortadela controle (23% de pele de frango); F1, F2, F3 e F4: 25, 50, 75 e 100% de substituição da pele de frango por BBV. A descrição das amostras é mostrada na Tabela 1.

3.3 Estabilidade da Emulsão (EE) e Capacidade de Retenção de Água (CRA)

A estabilidade da emulsão (EE) e a capacidade de retenção de água (CRA) estão apresentadas na Tabela 4. Produtos cárneos emulsionados quando reduzidos de gordura, podem apresentar menor estabilidade da emulsão devido a redução da capacidade das proteínas de emulsionar as gorduras e formar uma matriz proteica gelificada capaz de impedir a separação de gorduras e outros constituintes (Kumar, Kairam, Ahmad & Yadav, 2016). No entanto, a substituição da pele de frango pela BBV não afetou significativamente ($p < 0.05$) a EE. Apesar da redução do conteúdo de gordura total das mortadelas, a emulsão não foi afetada. Este resultado pode estar relacionado com a interação, por ligações de H, entre o amido da BBV e as proteínas da carne, formando uma rede estrutural durante o processo de emulsão (Batista et al., 2017).

Os valores da CRA aumentaram proporcionalmente com o teor de BBV nas amostras. A amostra F4 apresentou maior valor (55,40%) e a amostra FC o menor valor (51,98%). Este resultado está de acordo com os resultados da umidade, que apresentou maior valor para a amostra F4 e menor valor para FC. Dessa forma, pode-se explicar que o aumento da umidade, também está relacionado com a CRA da BBV.

A CRA é um dos principais parâmetros tecnológicos utilizado pelas indústrias de carnes, pois está relacionada com a perda de peso, rendimento e qualidade sensorial do produto, uma vez que a perda de água durante o cozimento pode afetar os atributos de textura (Bastos et al., 2014). Neste estudo, a adição de BBV nas mortadelas de frango contribuiu com o aumento da CRA, isto pode ser devido ao teor total de amido da BBV, que quando aquecido em altas temperaturas, ocorre a quebra da estrutura cristalina do grânulo, ocorrendo o processo de gelificação (Kumar, Saravanan, Sheeba & Uma, 2019). Durante este processo ocorre a liberação da amilose, que gera espaços vazios dentro do grânulo e acabam sendo ocupados pela água (Rodriguez-Ambrize et al., 2008).

Tabela 4- Resultados da estabilidade da emulsão (EE) e capacidade de retenção de água (CRA) das diferentes formulações de mortadelas de frango.

	Formulações				
	FC	F1	F2	F3	F4
EE (%)	98,08±0,61 ^a	98,90±1,06 ^a	98,95±0,62 ^a	99,13±0,61 ^a	99,07±0,64 ^a
CRA (%)	51,98±1,56 ^b	52,55±0,85 ^b	53,31±0,97 ^{ab}	53,92±0,49 ^{ab}	55,40±0,82 ^a

Os resultados são expressos como média \pm desvio padrão. As médias seguidas de letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey. FC = mortadela controle (23% de pele de frango); F1, F2, F3 e F4: 25, 50, 75 e 100% de substituição da pele de frango por BBV. A descrição das amostras é mostrada na Tabela 1.

3.4 Cor Instrumental

Os parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*) das mortadelas, apresentados na Tabela 5, diminuiram ($p < 0.05$) à medida que aumentou o teor de BBV e reduziu o teor pele de frango. A adição de BBV resultou em mortadelas mais escuras, menos vermelhas e menos amareladas em relação ao controle. A baixa luminosidade (L^*) é esperada em produtos cárneos com teor reduzido em gordura, uma vez que a refletância da luz se dá através dos glóbulos de gorduras (Alejandre, Astiasarána, Ansorenaa, & Barbut, 2019). Além disso, o escurecimento das mortadelas pode ser devido à reação de escurecimento

não enzimático entre os carboidratos presente na BBV e os aminoácidos da carne durante o cozimento (Bastos et al., 2014). Estes resultados são semelhantes com os relatados por Alves et al. (2016) que observaram menores valores de L* e b* em salsichas tipo Bologna com substituição de 80 e 100% gordura por uma mistura de pele de porco com farinha de banana verde, em relação ao controle. No entanto, estes autores observaram aumento nos valores de a* nas mesmas amostras. Choe e Kim (2019) encontraram menores valores L* e maiores valores de b* em salsichas de frango com substituição de gordura por uma mistura de pele de frango e fibra de trigo, enquanto os valores de a* não foram diferentes. Enquanto outros autores, Araújo, Lima, Pereira & Madruga (2019), ao substituírem gordura de salsichas de frango com pó de colágeno hidrolisado comercial e gelatina de pés de frango, relataram maiores valores de L*, a* e b* nos tratamentos. A diferença entre os resultados, não se refere à substituição da gordura, mas possivelmente devido a diferentes matérias-primas utilizadas, como também os fatores de processamento.

Tabela 5- Resultados de cor instrumental (L*, a* e b*) das diferentes formulações de mortadelas de frango.

	Formulações				
	FC	F1	F2	F3	F4
L*	63,86 ± 0,18 ^a	62,09 ± 0,28 ^b	60,89 ± 0,18 ^c	59,87 ± 0,15 ^d	59,02 ± 0,23 ^e
a*	17,97 ± 0,20 ^a	16,08 ± 0,04 ^b	14,75 ± 0,17 ^c	14,34 ± 0,02 ^d	13,63 ± 0,06 ^e
b*	9,01 ± 0,23 ^a	7,21 ± 0,04 ^b	6,33 ± 0,02 ^c	5,94 ± 0,03 ^d	5,73 ± 0,05 ^e

Os resultados são expressos como média ± desvio padrão. As médias seguidas de letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey. FC = mortadela controle (23% de pele de frango); F1, F2, F3 e F4: 25, 50, 75 e 100% de substituição da pele de frango por BBV. A descrição das amostras é mostrada na Tabela 1.

3.5 Resultados do Perfil de Textura Instrumental

A substituição da pele de frango por BBV afetou ($p < 0,05$) todos os parâmetros (dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade) de textura das mortadelas de frango (Tabela 6). Para a dureza, os maiores valores ($p < 0,05$) foram atribuídas as amostras com adição de 50 e 75% de BBV, no entanto, a adição de 100% de BBV resultou em menor dureza ($p < 0,05$). Provavelmente este resultado está relacionado com os resultados da CRA, umidade e Aa que foram maiores para F4 (Tabela 2), pois estas propriedades contribuem com a suculência da mortadela, diminuindo a resistência mecânica (Bastos et al., 2014). Outros estudos reportaram que a redução de gordura em produtos cárneos emulsionados está associada a redução da dureza (Alves et al., 2016; Araújo et al., 2019; Auriema et al., 2019; Pires et al., 2020).

A adição de BBV nas mortadelas de frango diminuiu os valores de elasticidade e coesividade. As amostras com concentrações acima de 50% de BBV, apresentaram menores valores ($p < 0,05$) em relação ao controle. Este resultado pode ser justificado pela interferência do amido da BBV sobre as interações entre as proteínas miofibrilares (miosina), onde ocorre o processo de geleificação das proteínas durante o cozimento. Este

processo está relacionado com a maior elasticidade da matriz cárnea por causa das interações hidrofóbicas e dissulfeto-sulfidril entre as proteínas (Câmara et al., 2020).

A mastigabilidade diferiu apenas para F4 que apresentou o menor valor ($p < 0,05$). Este resultado foi esperado, pois é um parâmetro secundário relacionado a dureza, elasticidade e coesividade (Alves et al., 2016). Além disso, a redução da mastigabilidade de produtos cárneos com teor reduzido em gordura pode estar relacionada ao aumento do teor de umidade do produto (Atashkar, Hojjatoleslami & Boroujeni, 2018).

Tabela 6- Resultados do perfil de textura instrumental das diferentes formulações de mortadelas de frango.

	Formulações				
	FC	F1	F2	F3	F4
Dureza (N)	23,51 ± 1,71 ^b	24,79 ± 1,12 ^{ab}	26,56 ± 1,36 ^a	26,00 ± 1,07 ^a	20,83 ± 1,30 ^c
Elasticidade (mm)	0,91 ± 0,01 ^a	0,89 ± 0,02 ^{ab}	0,87 ± 0,02 ^{bc}	0,87 ± 0,01 ^c	0,86 ± 0,01 ^c
Coesividade	0,73 ± 0,26 ^a	0,72 ± 0,00 ^b	0,71 ± 0,01 ^c	0,68 ± 0,01 ^e	0,69 ± 0,01 ^d
Mastigabilidade e (N mm)	15,88 ± 1,15 ^a	15,93 ± 0,51 ^a	15,35 ± 1,34 ^a	15,43 ± 0,56 ^a	12,07 ± 0,73 ^b

Os resultados são expressos como média ± desvio padrão. As médias seguidas de letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey. FC = mortadela controle (23% de pele de frango); F1, F2, F3 e F4: 25, 50, 75 e 100% de substituição da pele de frango por BBV. A descrição das amostras é mostrada na Tabela 1.

3.6 Perfil de Ácidos Graxos

Os perfis de ácidos graxos das mortadelas de frango estão apresentados na Tabela 7. Para todas as amostras os ácidos graxos predominantes na ordem decrescente foram os ácidos oleico (C18:1), palmítico (C16:0), linoleico (C18:2) e esteárico (C18:0). Esses ácidos graxos foram encontrados em maiores quantidades em CMSF por alguns autores (Jantawat & Dawson, 1980; Mott et al., 1982). Além disso, os ácidos palmítico e linoleico apresentaram maiores valores para FC quando comparado com F2, F3 e F4, enquanto os ácidos oleico e esteárico foram maiores para FC em relação a F4. Um estudo realizado por Feddern et al. (2010), encontraram a predominância desses ácidos graxos na pele de frango, dessa forma justifica-se os maiores valores nas amostras com concentrações crescentes de pele de frango.

Em relação aos ácidos graxos totais, a substituição acima de 50% da pele de frango por BBV diminuiu significativamente ($p < 0,05$) o conteúdo de ácidos graxos saturados (SFA) quando comparado ao controle. Para os ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados (MUFA e PUFA), houve uma redução significativa ($p < 0,05$) nas formulações com substituição 75 e 100% de pele de frango por BBV, em comparação ao controle.

As formulações F1, F2, F3 e F4 quando comparadas a FC, apresentaram redução de SFA de 28.6, 50.8, 64.9 e 72.3%, respectivamente. Um alimento para ser declarado reduzido em gordura saturada deve apresentar redução mínima de 25% em gordura saturada em relação ao alimento similar (Brasil, 2012). Portanto, todas as formulações com adição de BBV e redução de pele de frango podem ser consideradas mortadelas com

redução de gordura saturada. O consumo mundial de gordura saturada tem excedido a recomendação diária que deve ser até 10% do valor energético total da dieta (FAO/WHO, 2008). Neste contexto, o uso de BBV como substituto de gordura em mortadela pode ser uma alternativa para reduzir o teor de SFA.

A razão Σ PUFA / Σ SFA é considerado um parâmetro importante para avaliar a qualidade nutricional dos ácidos graxos. Segundo Wood et al. (2004), o consumo de alimentos com razão Σ PUFA / Σ SFA acima de 0,45 é considerado menos prejudicial à saúde, uma vez que valores abaixo deste pode aumentar o risco de doenças cardiovasculares. Neste estudo, os valores de todas as formulações mostraram acima do recomendado, no entanto, as amostras F2, F3 e F4 diferiram significativamente ($p < 0,05$) do controle, apresentando aumento de 70.6, 84.3 e 74.5%, respectivamente. Esses resultados podem ser devido à redução da quantidade de pele de frango nas amostras e, conseqüentemente predominando os ácidos graxos presentes na CMSF (Jantawat & Dawson, 1980; Mott et al., 1982).

Outros parâmetros importantes de qualidade nutricional dos ácidos graxos são os índices de aterogenicidade (AI) e trombogenicidade (TI). A redução desses índices é importante para contribuir com a redução de ácidos graxos aterogênicos presentes nas gorduras e, conseqüentemente, reduz o aparecimento de doenças coronárias (Silva et al., 2019). As mortadelas de frango com adição acima de 50% de BBV apresentaram menores valores ($p < 0,05$) nos índices AI e TI, em relação ao controle.

Tabela 7-Perfil de ácidos graxos (mg.100 g⁻¹ amostra) das diferentes formulações de mortadela de frango.

Ácidos graxos		Formulações				
		FC	F1	F2	F3	F4
Butanoico	C4:0	22.37 ± 4.04 ^a	22.37 ± 4.04 ^a	25.58±6.78 ^a	5.58±0.67 ^b	6.99±1.12 ^b
Hexanoico	C6:0	43.02± 8.08 ^b	43.02± 8.08 ^b	59.84±8.25 ^a	12.68±1.74 ^c	22.93±3.62 ^c
Octanoico	C8:0	33.04±8.75 ^a	33.04±8.75 ^a	18.28±1.05 ^b	7.45±0.54 ^{bc}	8.86±2.48 ^{bc}
Decanoico	C10:0	21.20± 2.90 ^a	21.20± 2.90 ^a	14.04±4.17 ^{ab}	4.21±2.09 ^{bc}	8.18±4.35 ^{bc}
Dodecanoico	C12:0	28.94± 5.14 ^a	28.94± 5.14 ^a	17.43±5.39 ^{ab}	15.10±6.6 ^{ab}	8.97±3.92 ^{ab}
Mirístico	C14:0	124.54± 22.69 ^a	124.54± 22.69 ^a	59.63±12.45 ^b	62.66±9.63 ^b	46.15±6.53 ^b
Palmítico	C16:0	3946.01±1253.05 ^a	3946.01±1253.05 ^a	2808.14±131.80 ^{ab}	1909.25±21.34 ^{bc}	1167.74±58.85 ^c
Esteárico	C18:0	778.31± 240.30 ^a	833.14±2.62 ^a	659.46±6.67 ^{ab}	475.59±28.47 ^{ab}	327.54±0.84 ^b
ΣSFA		4973.44±1545.56 ^a	3552.56±472.38 ^{ab}	2448.27±425.21 ^{bc}	1745.41±74.13 ^{bc}	1379.99±38.01 ^c
Miristoleico	C14:1n-9	2.34±1.68 ^b	43.19± 17.81 ^a	11.67±2.84 ^b	12.05±7.18 ^{ab}	18.14±5.35 ^{ab}
Palmitoleico	C16:1n-9	42.82±0.27 ^a	14.26± 3.17 ^{ab}	29.61±24.10 ^{ab}	2.81±0.52 ^b	13.00±2.77 ^{ab}
Oleico	C18:1n-9	6789.65±716.06 ^b	7870.34±401.30 ^a	6161.84± 102.54 ^{bc}	5549.74±68.61 ^{bc}	3836.40±63.51 ^c
ΣMUFA		6819.75±735.67 ^b	7913.39±424.07 ^a	6193.24± 123.62 ^{bc}	5559.65±73.41 ^c	3857.16±68.82 ^d
Linoleico	C18:2n-6	2325.53±264.00 ^{ab}	2466.53±116.72 ^a	2047.88± 82.19 ^c	1622.62±12.44 ^d	1208.68±58.45 ^e
Linolênico	C18:3n-3	0.00 ^c	0.00 ^c	41.62± 5.04 ^a	24.24± 13.66 ^{ab}	20.56±6.03 ^b
ΣPUFA		2325.53±264.00 ^{ab}	2466.53±116.72 ^a	2089.51±85.69 ^b	1646.86±11.59 ^c	1229.24±53.21 ^d
PUFA/SFA		0.51± 0.2 ^b	0.70± 0.07 ^{ab}	0.87±0.19 ^a	0.94±0.04 ^a	0.89±0.04 ^a
AI		0.49± 0.16 ^a	0.30± 0.02 ^b	0.26±0.01 ^b	0.19±0.01 ^b	0.22±0.01 ^b
IT		1.06±0.35 ^a	0.66±0.08 ^{ab}	0.57± 0.09 ^b	0.46±0.02 ^b	0.51±0.02 ^b

Os resultados são expressos como média ± desvio padrão. Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes (p <0,05) pelo teste de Tukey. FC = mortadela controle (23% pele de frango); F1, F2, F3 e F4: 25, 50, 75 e 100% de substituição da pele de frango por BBV.

A descrição das amostras está apresentada na Tabela 1.

AGS: ácido graxo saturado; MUFA: ácido graxo monoinsaturado; PUFA: ácido graxo poli-insaturado. IA: índice aterogênico. IT: índice trombogênico

3.7 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A microscopia das mortadelas com substituição da pele de frango por BBV estão apresentadas na Figura 1. A imagem da amostra FC apresentou uma estrutura uniforme, que é característica de uma emulsão estável, sendo evidenciada pelas partículas de gorduras dispersas em sua microestrutura. Em relação às amostras adicionadas de BBV, observou-se em suas estruturas presenças de cavidades, principalmente nas amostras F1, F2 e F3. Segundo Pires et al. (2019), a formação dessas cavidades pode ser causada pelo inchaço ou dispersão de alguns componentes, principalmente gordura, água e ar. À medida que aumentou o teor de BBV nas amostras, a estrutura da BBV é claramente observada, principalmente na amostra F4, onde a imagem apresenta uma estrutura interna com pouca cavidade e um aspecto mais compacto. Essa aparência da estrutura da amostra F4 pode ter afetado diretamente a textura, tornando-a mais macia que as demais. Apesar da mudança da microestrutura das mortadelas adicionadas de BBV, a estabilidade da emulsão (Tabela 4) não foi afetada.

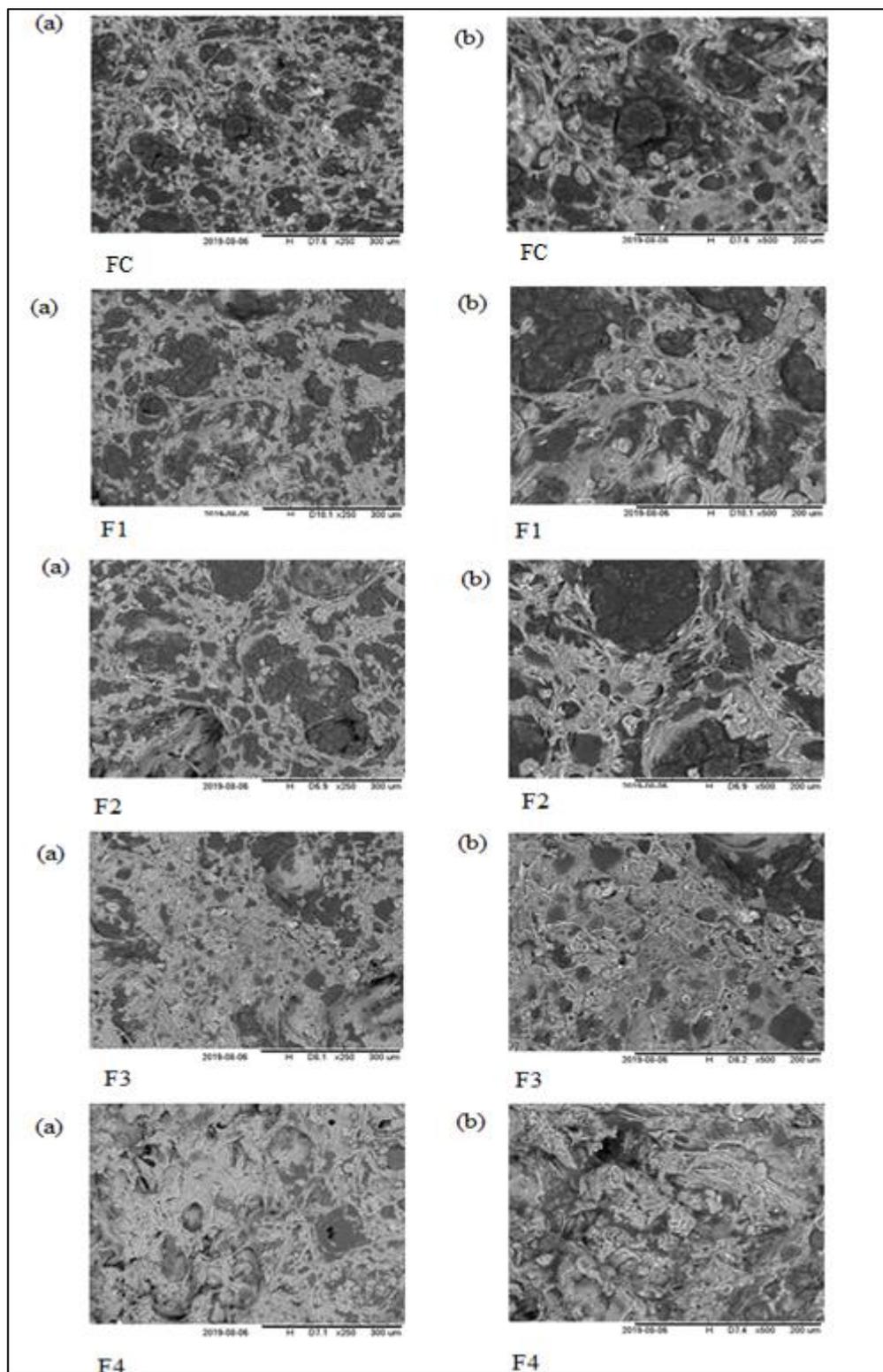


Figura 1-Microscopia eletrônica de varredura (MEV) de mortadelas de frango com (a) ampliação de $50 \times$ e (b) $500 \times$. FC= mortadela controle (23% de pele de frango); F1, F2, F3 e F4: 25, 50, 75 e 100% de substituição da pele de frango por BBV.

3.8 TCATA

As curvas de proporções de citações dos atributos de cada amostra de mortadela de frango submetidas ao TCATA são mostradas na Figura 2. No início da avaliação, a textura foi o principal parâmetro percebido pelos avaliadores em cada amostra, sendo o atributo firme mais citado nas amostras FC, F1 e F3, enquanto nas amostras F2 e F4 o atributo macio foi o mais citado. Outro atributo que se destacou em F0, em relação às outras amostras foi textura fibrosa. Em seguida, sabor típico de mortadela de frango foi o atributo mais percebido em todas as amostras, sendo citado durante todo o tempo de avaliação. Observou-se que aumento acima de 50% de BBV nas mortadelas contribuiu em maiores citações no atributo suculência, isto pode ser justificado pela BBV ter melhorado a capacidade de reter água das mortadelas, como apresentado nos resultados acima (item 3.3.) Em relação aos atributos de sabor: defumado, condimentado e salgado, as curvas de citações apresentaram intermediárias para todas as amostras. O sabor de gordura, que é uma característica típica deste produto devido ao elevado teor de gordura em sua composição, foi o atributo menos percebido pelos provadores em todas as amostras durante a avaliação.

Além disso, através do teste TCATA foi possível avaliar as diferenças entre FC e as formulações F1, F2, F3 e F4, que estão apresentadas nas curvas da Figura 3. Sabor mortadela de frango foi o único atributo que foi menor para F0 em relação a F1, apenas em 22 s. Em relação a F2, FC apresentou mais defumada e firme e menos condimentada e suculenta, no início do teste. E nos tempos entre 30 a 40 s, FC mostrou-se com maior sabor de gordura em relação a F2. Quando comparada as formulações F3 e F4, FC se destacou nos atributos firme e defumado e apresentou baixa citações nos atributos condimentado e suculento. Além disso, FC mostrou-se com menos sabor de mortadela de frango em relação à F4.

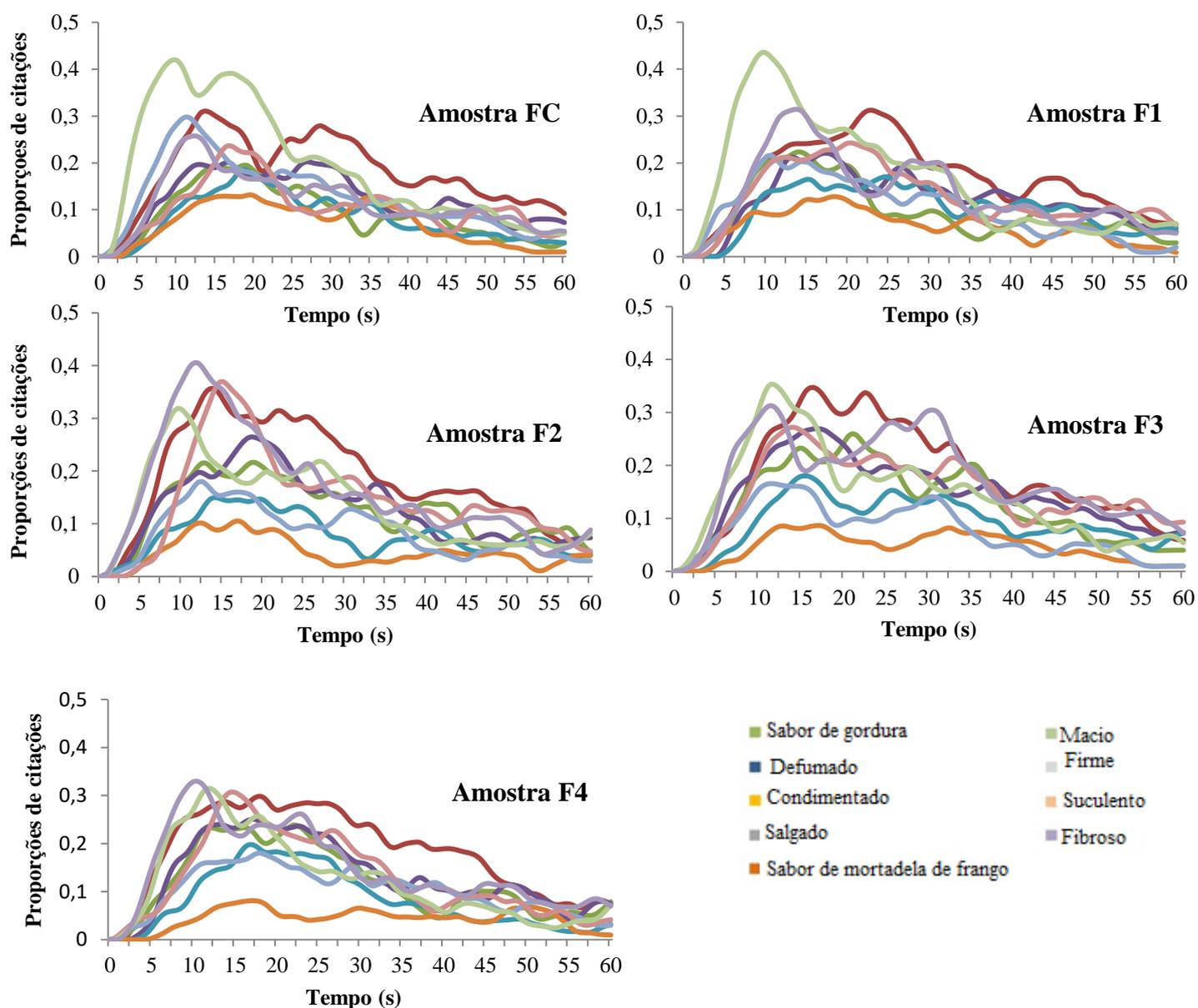


Figura 2-Frequência de citação dos atributos sensoriais avaliados das cinco mortadelas de frango, FC, F1, F2, F3 e F4, em *Temporal Check-All-That-Applies* (TCATA). FC, F1, F2, F3 e F4 foram 0, 25, 50, 75 e 100% de substituição da pele de frango por BBV, respectivamente.

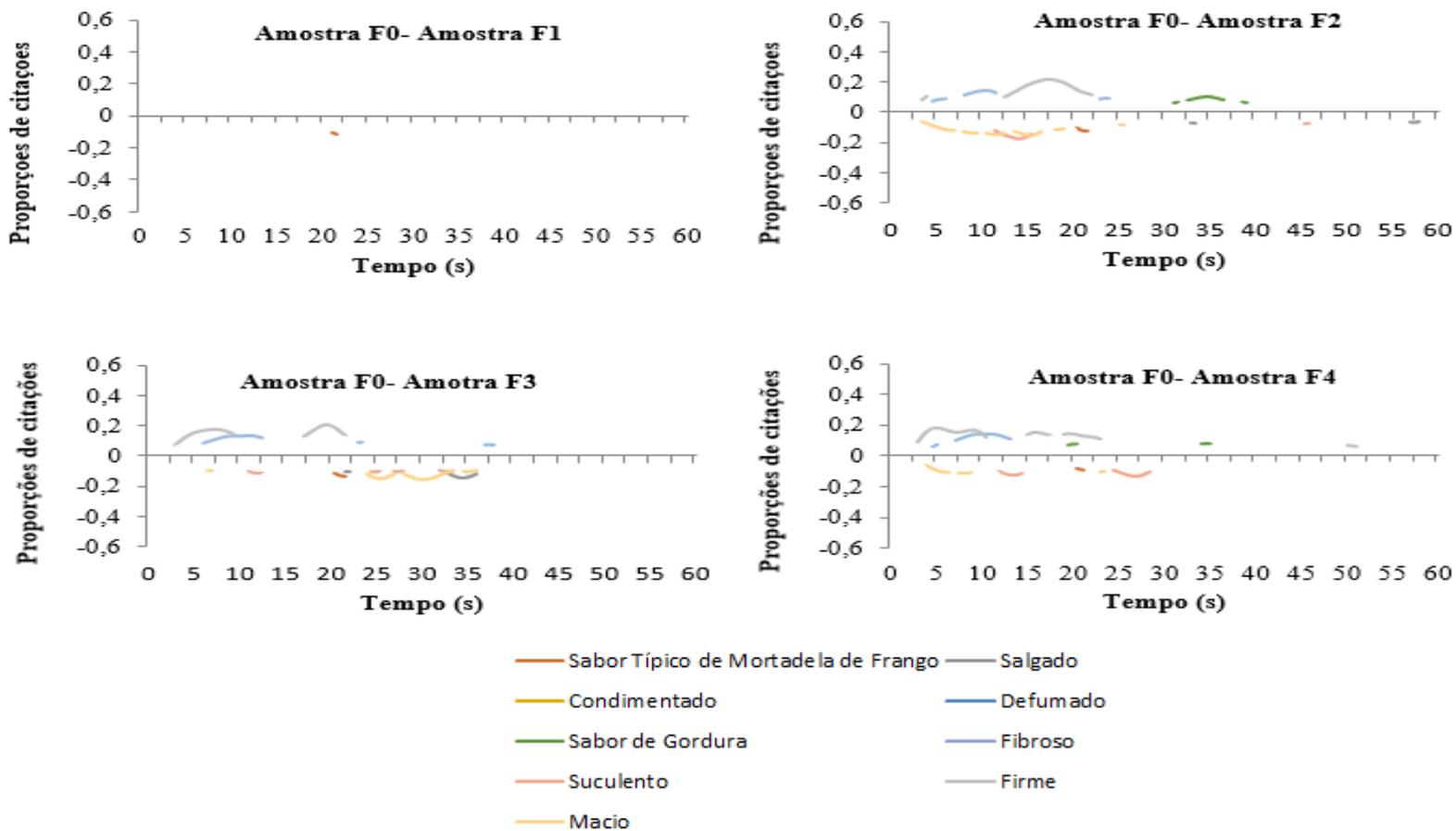


Figura 3- Curvas de diferença entre frequências de citação dos atributos sensoriais avaliados em *Temporal Check-All-That-Apply* (TCATA) de F0 com F1 (a), FC com F2 (b), FC com F3 (c) e FC com F4 (d). FC F1, F2, F3 e F4 foram 0, 25, 50, 75 e 100% de substituição da pele de frango por BBV, respectivamente.

3.9 Teste de Aceitação

As médias obtidas na aceitação, Tabela 8, não apresentaram diferenças significativas ($p>0.05$) entre as amostras de mortadelas, com médias entre 6,56 a 6,83 equivalente à ‘gostei ligeiramente’ na escala hedônica de nove pontos utilizada.

Tabela 8-Média de aceitação das mortadelas de frango com 0, 25, 50, 75 e 100% de substituição de pele de frango por BBV obtida no dia dos testes de TCATA.

Formulações	Média \pm desvio padrão
FC	6,6 \pm 1,73 ^a
F1	6,6 \pm 1,77 ^a
F2	6,8 \pm 1,63 ^a
F3	6,8 \pm 1,56 ^a
F4	6,6 \pm 1,71 ^a

Letras minúsculas iguais na mesma coluna não são estatisticamente diferentes ($p> 0,05$). FC = mortadela controle (23% de pele de galinha); F1, F2, F3 e F4: 25, 50, 75 e 100% de substituição da pele de galinha por BBV.

Escala hedônica não estruturada de 9 pontos (1 - desgostei extremamente a 9 - gostei extremamente).

3.10 Análise de Penalidade

De acordo com a análise de penalidade, apresentada na Figura 4, observa-se que os atributos sabor de gordura e textura fibrosa apresentaram maior impacto positivo para o gosto geral durante a mastigação. Desta forma, a redução de pele de frango nas mortadelas não interferiu no sabor da gordura, sendo característico deste produto, mostrando vantajoso o uso de BBV como substituto de gordura.

Os atributos de textura como macio e suculento, apresentaram impacto negativo na preferência geral. Apesar das mortadelas com substituição de 50, 75 e 100% de pele de frango por BBV apresentarem maior citação no atributo suculência, não houve diferença significativa no teste de aceitação das amostras. Os atributos de sabor como defumado (exceto Q4), condimentado (exceto Q2) e salgado, foram fatores de desgosto. Segundo Vidal et al. (2020), os consumidores associam o sabor salgado com produto não saudável, neste sentido, os provadores podem ter associado esses três atributos como produtos não saudáveis.

A firmeza das mortadelas apresentou preferência pelos provadores nos tempos Q1 e Q2 da avaliação, enquanto nos tempos Q3 e Q4 resultou na diminuição da preferência. O sabor mortadela de frango apresentou preferência dos provadores no início da avaliação (Q1), porém no decorrer da avaliação até o final, este atributo impactou negativamente na preferência dos provadores.

A partir dos resultados observados, a substituição crescente de pele de frango por BBV nas mortadelas de frango não foi afetada pela preferência dos provadores sobre o atributo sabor de gordura e mortadela de frango. No entanto, as mortadelas de frango com substituição de 50 e 100% da pele de frango por BBV, foram as menos preferidas pelos

provadores em relação a suculência e maciez. Sendo assim, é necessário estudos futuros com reformulação das mortadelas e com provadores treinados, uma vez que testes com provadores não treinados se torna limitante por causa das diferentes respostas entre os provadores.

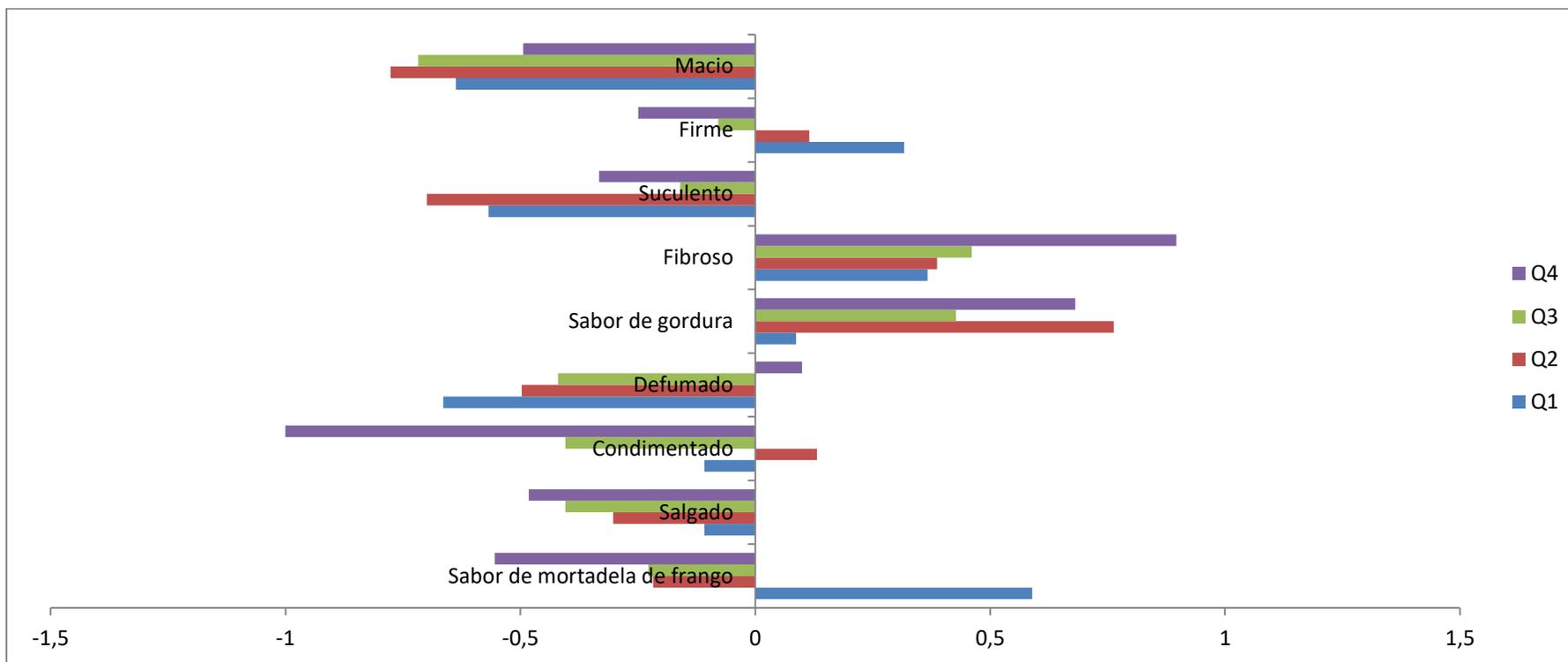


Figura 4-Análise de penalidade sobre as médias gerais e proporções de citações de atributos sensoriais para amostras de mortadela de frango por quatro períodos de tempos idênticos (Q1 a Q4)

4 CONCLUSÃO

A utilização de BBV como ingrediente substituto de pele de frango em mortadela, resultou em um produto com teores reduzidos em gorduras totais, ácidos graxos saturados e valor energético. Além disso, a adição crescente de BBV melhorou a capacidade de retenção de água das mortadelas, podendo ser conveniente para as indústrias de alimentos que desejam melhorar as propriedades emulsificantes e capacidade de reter água de produtos cárneos.

A partir do teste TCATA observou-se que os principais atributos das mortadelas percebidos pelos provadores foram firmeza e sabor típico de mortadela de frango. Isto indica que a adição de BBV na mortadela é uma boa estratégia para reduzir gordura sem afetar seu sabor característico. E os atributos que mais se destacaram positivamente pelos provadores foram o sabor de gordura e textura fibrosa, enquanto a suculência e maciez foram os atributos de desgosto. Apesar de a suculência e maciez ter sido atribuída a mortadela com substituição de 100% de pele de frango por BBV, a aceitação sensorial não foi afetada.

Dessa forma, sugere-se estudos futuros para a reformulação das mortadelas com adição de BBV, a fim de aprimorar a textura. E, além disso, avaliar outros produtos cárneos com adição de biomassa de banana verde e a percepção sensorial destes.

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pela bolsa de estudos ao primeiro autor.

5 REFERÊNCIAS

- Alejandre, M., Astiasarán, I., Ansorena, D., & Barbut, S. (2019). Using canola oil hydrogels and organogels to reduce saturated animal fat in meat batters. *Food Research International*, 122, 129-136. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.03.056>
- Alves, L. A. A., Lorenzo, J. M., Gonçalves, C. A. A., dos Santos, B. A., Heck, R. T., Cichoski, A. J., & Campagnol, P. C. B. (2016). Production of healthier bologna type sausages using pork skin and green banana flour as a fat replacers. *Meat Science*, 121, 73-78. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.06.001>
- Atashkar, M., Hojjatoleslami, M., & SedaghatBoroujeni, L. (2018). The influence of fat substitution with κ -carrageenan, konjac, and tragacanth on the textural properties of low-fat sausage. *Food Science & Nutrition*, 6(4), 1015-1022. <https://doi.org/10.1002/fsn3.620>
- AOAC (2019a). Determination of moisture content (Method 925.45), ash (Method 923.03), protein (Method 960.52), fat (Method 963.15) content. *Official Methods of Analysis*. (21st ed.). Rockville, MD, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC (2019b). Determination of pH (Method 981.12). *Official Methods of Analysis*. (21st ed.). Rockville, MD, USA: Association of Official Analytical Chemists.

- Araújo, Í. B., Lima, D. A., Pereira, S. F., & Madruga, M. S. (2019). Quality of low-fat chicken sausages with added chicken feet collagen. *Poultry Science*, 98(2), 1064-1074. <https://doi.org/10.3382/ps/pey397>
- Ares, G., Alcaire, F., Antúnez, L., Vidal, L., Giménez, A., & Castura, J. C. (2017). Identification of drivers of (dis) liking based on dynamic sensory profiles: Comparison of Temporal Dominance of Sensations and Temporal Check-all-that-apply. *Food Research International*, 92, 79-87. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.12.016>
- Auriema, B. E., Dinalli, V. P., Kato, T., Yamaguchi, M. M., Marchi, D. F., & Soares, A. L. (2019). Physical and chemical properties of chicken mortadella formulated with *Moringa oleifera* Lam. seed flour. *Food Science and Technology*, 1-6. <http://dx.doi.org/10.1590/fst.25018>.
- Auriema, B. E., Corrêa, F. J. B., de Toledo Guimarães, J., dos Santos Soares, P. T., Rosenthal, A., Zonta, E., ... & Mathias, S. P. Green banana biomass: Physicochemical and functional properties and its potential as a fat replacer in a chicken mortadella. *LWT- Food Science and Technology*, 140, 110686. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110686>
- Barbut, S., Wood, J., & Marangoni, A. (2016). Potential use of organogels to replace animal fat in comminuted meat products. *Meat Science*, 122, 155-162. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.08.003>
- Bastos, S. C., Pimenta, M. E. S., Pimenta, C. J., Reis, T. A., Nunes, C. A., Pinheiro, A. C. M., ... & Leal, R. S. (2014). Alternative fat substitutes for beef burger: technological and sensory characteristics. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9), 2046-2053. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1233-2>
- Batista, A. L. D., Silva, R., Cappato, L. P., Ferreira, M. V. S., Nascimento, K. O., Schmiele, M., ... & Pimentel, T. C. (2017). Developing a synbiotic fermented milk using probiotic bacteria and organic green banana flour. *Journal of Functional Foods*, 38, 242-250. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.09.037>
- Boinbaser, L., Parente, M. E., Castura, J. C., & Ares, G. (2015). Dynamic sensory characterization of cosmetic creams during application using Temporal Check-All-That-Apply (TCATA) questions. *Food Quality and Preference*, 45, 33-40. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.05.003>
- Brasil (2000). *Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*. IN n° ,4 de 31/03/2000. *Approves the Technical Regulation on Identity and Quality of Mechanically Separated Meat, Mortadella, Sausage and Sausage*. http://www.lex.com.br/doc_20302_INSTRUCAO_NORMATIVA_N_4_DE_31_DE_MARCO_DE_2000.aspx/ Accessed: January 2020.
- Brasil (2012). *Agência Nacional da Vigilância Sanitária*. RDC N° 54, de 12/11/2012. *Approves the Technical Regulation on Complementary Nutrition Information*. http://portal.anvisa.gov.br/documents/%2033880/2568070/rdc0054_12_11_2012.pdf/c5ac23fd-974e-4f2c-9fbc-48f7e0a31864/ Accessed: January 2020.
- Câmara, A. K. F. I., Okuro, P. K., da Cunha, R. L., Herrero, A. M., Ruiz-Capillas, C., & Pollonio, M. A. R. (2020). Chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage as a new fat substitute in emulsified meat products: Technological, physicochemical, and rheological characterization. *LWT-Food Science and Technology*, 125, 109193. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109193>
- Carvalho, L. T., Pires, M. A., Baldin, J. C., Munekata, P. E. S., de Carvalho, F. A. L., Rodrigues, I., ... & Trindade, M. A. (2019). Partial replacement of meat and fat with hydrated wheat fiber in beef burgers decreases caloric value without

- reducing the feeling of satiety after consumption. *Meat Science*, *147*, 53-59. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.08.010>
- Castura, J. C., Antúnez, L., Giménez, A., & Ares, G. (2016). Temporal Check-All-That-Apply (TCATA): A novel dynamic method for characterizing products. *Food Quality and Preference*, *47*, 79-90. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.06.017>
- Cenci, D. F., Kilian, J., Janeczko, M. U., Manzoli, A., Rigo, E., & Soares, M. B. A. (2018). Effect of meat and water temperature and emulsion speed on the industrial process for chicken mortadella. *Journal of Food Process Engineering*, *41*(8), e12918. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12918>
- Civille, G. V., & Szczesniak, A. S. (1973). Guidelines to training a texture profile panel. *Journal of Texture Studies*, *4*(2), 204-223. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1973.tb00665.x>
- Choe, J., & Kim, H. Y. (2019). Quality characteristics of reduced fat emulsion-type chicken sausages using chicken skin and wheat fiber mixture as fat replacer. *Poultry Science*, *98*(6), 2662-2669. <https://doi.org/10.3382/ps/pez016>
- Dinon, S., Devitte, S., Canan, C., Kalschne, D. L., & Colla, E. (2014). Mortadela tipo Bologna com reduzido teor de lipídios pela adição de biomassa de banana verde, pectina, carragena e farinha de linhaça. *RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais*, *16*(2), 229-246.
- Esmerino, E. A., Castura, J. C., Ferraz, J. P., Tavares Filho, E. R., Silva, R., Cruz, A. G., ... & Bolini, H. M. (2017). Dynamic profiling of different ready-to-drink fermented dairy products: A comparative study using Temporal Check-All-That-Apply (TCATA), Temporal Dominance of Sensations (TDS) and Progressive Profile (PP). *Food Research International*, *101*, 249-258. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.012>
- Feddern, V., Kupski, L., Cipolatti, E. P., Giacobbo, G., Mendes, G. L., Badiale-Furlong, E., & de Souza-Soares, L. A. (2010). Physico-chemical composition, fractionated glycerides and fatty acid profile of chicken skin fat. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *112*(11), 1277-1284. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201000072>
- Fisher, R.A. (1935). The logic of inductive inference. *Journal of the Royal Statistical Society*, *98*, 39-54. <https://doi.org/10.2307/2342435>
- Henck, J. M., Bis-Souza, C. V., Pollonio, M. A., Lorenzo, J. M., & Barretto, A. C. (2019). Alpha-cyclodextrin as a new functional ingredient in low-fat chicken frankfurter. *British Poultry Science*, *60*(6), 716-723. <https://doi.org/10.1080/00071668.2019.1664726>
- Hoffmann, H., Hamm, R., Bluchel, E. (1982). Neuber die bestimmung der wasserbindung des nut hielf filter paper premethods. *Fleishwirtschaft*, *62*(1), 87-94.
- Hunt, M. C., Acton, J. C., Benedict, R. C., Calkins, C. R., Cornforth, D. P., Jeremiah, L. E., & Shivas, S. D. (1991). Guidelines for meat color evaluation. AMSA committee on Guidelines for meat color evaluation. National Livestock and Meat Board. Chicago, Illinois. beef chuck and round. *Journal of Animal Science*, *80*, 2872-2878.
- Islam, M. A., Amin, M. N., Siddiqui, S. A., Hossain, M. P., Sultana, F., & Kabir, M. R. (2019). Trans fatty acids and lipid profile: A serious risk factor to cardiovascular disease, cancer and diabetes. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, *13*(2), 1643-1647. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2019.03.033>
- Irwin, J.O. (1935). Tests of significance for differences between percentages based on small numbers. *Metron*, *12*, 83-94.

- Jantawat, P.; Dawson, L.E. (1980). Composition of lipids from mechanically deboned poultry meats and their composite tissues. *Poultry Science*, 59, 1043-1052. <https://doi.org/10.3382/ps.0591043>
- Júnior, M. M., de Oliveira, T. P., Gonçalves, O. H., Leimann, F. V., Marques, L. L. M., Fuchs, R. H. B., ... & Droval, A. A. (2019). Substitution of synthetic antioxidant by curcumin microcrystals in mortadella formulations. *Food Chemistry*, 300, 125231. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125231>
- Kumar, P. S., Saravanan, A., Sheeba, N., & Uma, S. (2019). Structural, functional characterization and physicochemical properties of green banana flour from dessert and plantain bananas (*Musa spp.*). *LWT-Food Science and Technology*, 116, 108524. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108524>
- Kumar, Y., Kairam, N., Ahmad, T., & Yadav, D. N. (2016). Physico chemical, microstructural and sensory characteristics of low-fat meat emulsion containing aloe gel as potential fat replacer. *International Journal of Food Science & Technology*, 51(2), 309-316. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12957>
- López-Pedrouso, M., Lorenzo, J. M., Gullón, B., Campagnol, P. C. B., & Franco, D. (2020). Novel strategy for developing healthy meat products replacing saturated fat with oleogels. *Current Opinion in Food Science*, 40, 40-45. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.06.003>
- McMahon, K. M., Culver, C., Castura, J. C., & Ross, C. F. (2017). Perception of carbonation in sparkling wines using descriptive analysis (DA) and temporal check-all-that-apply (TCATA). *Food Quality and Preference*, 59, 14-26. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.01.017>
- Mitchell, J., Castura, J. C., Thibodeau, M., & Pickering, G. (2019). Application of TCATA to examine variation in beer perception due to thermal taste status. *Food Quality and Preference*, 73, 135-142. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.11.016>
- Mehta, N., Ahlawat, S. S., Sharma, D. P., & Dabur, R. S. (2015). Novel trends in development of dietary fiber rich meat products—a critical review. *Journal of Food Science and Technology*, 52(2), 633-647. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1010-2>
- Meyners, M. (2016). Testing for differences between impact of attributes in penalty-lift analysis. *Food Quality and Preference*, 47, 29-33. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.11.001>
- Mott, E.L.; Macneil, J. H., Mast, M.G., Leach, R. M. (1982). Protein efficiency ratio and amounts of selected nutrients in mechanically deboned apent layer meat. *Journal of Food Science*, 47, 655-656, 663. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1982.tb10143.x>
- Olivo, R.; Betanho, C.; Dagli, M. L. Z., Shimokomaki, M. (1996). Como as fibras de colágeno estabilizam uma emulsão cárnea. *Revista Nacional de Carnes*, 230, 20-24.
- Paglarini, C. S., Vidal, V. A. S., dos Santos, M., Coimbra, L. O., Esmerino, E. A., Cruz, A. G., & Pollonio, M. A. R. (2020). Using dynamic sensory techniques to determine drivers of liking in sodium and fat-reduced Bologna sausage containing functional emulsion gels. *Food Research International*, 132, 109066. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109066>
- Pereira, A., & Maraschin, M. (2015). Banana (*Musa spp*) from peel to pulp: ethnopharmacology, source of bioactive compounds and its relevance for human health. *Journal of Ethnopharmacology*, 160, 149-163. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.11.008>

- Pires, M. A., Barros, J. C., Rodrigues, I., Munekata, P. E. S., & Trindade, M. A. (2020). Improving the lipid profile of bologna type sausages with Echium (*Echiumplantagineum* L.) oil and chia (*Salvia hispanica* L) flour. *LWT-Food Science and Technology*, *119*, 108907. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108907>
- Pires, M. A., dos Santos, I. R., Barros, J. C., & Trindade, M. A. (2019). Effect of replacing pork backfat with Echium oil on technological and sensory characteristics of bologna sausages with reduced sodium content. *LWT-Food Science and Technology*, *109*, 47-54. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.04.009>
- Ramos, D. P., Leonel, M., & Leonel, S. (2009). Amido resistente em farinhas de banana verde. *Alimentos e Nutrição*, *20*(3), 479-83.
- Ranieri, L. M., & Delani, T. C. D. O. (2018). Banana verde (*Musa* spp): obtenção da biomassa e ações fisiológicas do amido resistente. *Revista UNINGÁ Review*, *20*(3).
- Rios-Mera, J. D., Saldaña, E., Cruzado-Bravo, M. L., Martins, M. M., Patinho, I., Selani, M. M., ... & Contreras-Castillo, C. J. (2020). Impact of the content and size of NaCl on dynamic sensory profile and instrumental texture of beef burgers. *Meat Science*, *161*, 107992. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107992>
- Rizo, A., Peña, E., Alarcon-Rojo, A. D., Fiszman, S., & Tárrega, A. (2019). Relating texture perception of cooked ham to the bolus evolution in the mouth. *Food Research International*, *118*, 4-12. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.073>
- Rodríguez-Ambriz, S. L., Islas-Hernández, J. J., Agama-Acevedo, E., Tovar, J., & Bello-Pérez, L. A. (2008). Characterization of a fibre-rich powder prepared by liquefaction of unripe banana flour. *Food Chemistry*, *107*(4), 1515-1521. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.10.007>
- Silva, O. L. L., Macedo, A. R. G., Nunes, E. D. S. C. D. L., Campos, K. D., Araújo, L. C. C., Tiburço, X., ... & Raices, R. S. L. (2020). Effect of environmental factors on the fatty acid profiles and physicochemical composition of oysters (*Crassostrea gasar*) in Amazon estuarine farming. *Aquaculture Research*, *51*(6), 2336-2348. <https://doi.org/10.1111/are.14577>
- Silva, S. L., Amaral, J. T., Ribeiro, M., Sebastião, E. E., Vargas, C., de Lima Franzen, F., ... & Campagnol, P. C. B. (2019). Fat replacement by oleogel rich in oleic acid and its impact on the technological, nutritional, oxidative, and sensory properties of Bologna-type sausages. *Meat Science*, *149*, 141-148. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.11.020>
- Silva, R., Rocha, R. S., Guimarães, J. T., Balthazar, C. F., Scudino, H., Ramos, G. L. P., ... & Esmerino, E. A. (2020). Dulce de leche submitted to ohmic heating treatment: Consumer sensory profile using preferred attribute elicitation (PAE) and temporal check-all-that-apply (TCATA). *Food Research International*, *134*, 109217. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109217>
- Ulbricht, T. L. V., & Southgate, D. A. T. (1991). Coronary heart disease: seven dietary factors. *The Lancet*, *338*(8773), 985-992. [https://doi.org/10.1016/0140-6736\(91\)91846-M](https://doi.org/10.1016/0140-6736(91)91846-M)
- Urgu-Öztürk, M., Öztürk-Kerimoğlu, B., & Serdaroğlu, M. (2020). Design of healthier beef sausage formulations by hazelnut-based pre-emulsion systems as fat substitutes. *Meat Science*, 108162. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108162>
- Vidal, V.A.S., Paglarini, C.S., Freitas, M.Q., Coimbra, L.O., Esmerino, E.A., Pollonio, M. A. R., & Cruz, A. G. (2020). Q Methodology: An interesting strategy for concept

- profile and sensory description of low sodium salted meat. *Meat Science*, 160, 108000. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.108000>
- WHO (2008). World Health Organization. Interim Summary of Conclusions and Dietary Recommendations on Total Fat & Fatty Acids. From the Joint FAO/WHO Expert Consultation on Fats and Fatty Acids in Human Nutrition, 10-14, November, 2008. WHO, Geneva. https://www.who.int/nutrition/topics/FFA_summary_rec_conclusion.pdf
- Wood, J. D., Richardson, R. I., Nute, G. R., Fisher, A. V., Campo, M. M., Kasapidou, E., et al. (2004). Effects of fatty acids on meat quality: A review. *Meat Science*, 66(1), 21e32. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00022-6](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00022-6)

CAPÍTULO III - Correlação entre o método ressonância magnética nuclear e o método tradicional para avaliar a oxidação lipídica de produtos cárneos emulsionados de frango com substituição de gordura por biomassa de banana verde ²

² Artigo publicado no periódico **Journal of Food Processing and Preservation**, e15277, 2021 (Apêndice II)

RESUMO

Este estudo teve como objetivo comparar os métodos de ressonância magnética nuclear (^1H RMN) e substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) na oxidação lipídica de mortadela de frango com substituição (0%, 25%, 50%, 75% e 100%) de pele de frango por biomassa de banana verde (BBV) por 90 dias de armazenamento. O método RMN foi correlacionado com a espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FT-IR), espectroscopia de infravermelho médio, cromatografia gasosa de ionização de chama (GC-FID) e parâmetros físico-químicos. Durante 90 dias de armazenamento, os valores de TBARS variaram de 2,16 a 2,56 mg/ kg. A RMN mostrou aparecimento de prótons alílicos e houve aumento do teor de ácidos graxos *trans* ao longo de 90 dias em relação ao primeiro dia de armazenamento com a diminuição da concentração de BBV. O conteúdo lipídico foi altamente correlacionado com o conteúdo de prótons alílicos e ácidos graxos *trans* (valores de R^2 variaram de 0,952 a 0,965), revelando que a RMN é uma metodologia eficiente com alta precisão para determinação da oxidação lipídica.

CONCLUSÃO GERAL

Este estudo mostrou que a biomassa de banana verde apresenta propriedades funcionais e pode ser utilizada como ingrediente natural em produtos cárneos emulsionados. Além disso, a substituição da pele de frango por biomassa de banana verde nas mortadelas de frango, contribuiu em melhorar a propriedade nutricional do produto, reduzindo o teor de gordura total, ácidos graxos saturados e valor energético, e também melhorou a capacidade de reter água, sendo um parâmetro importante para as indústrias de carnes processadas. Os parâmetros de textura e cor das mortadelas de frango foram afetados pela adição da biomassa de banana verde, no entanto, não houve diferenças significativas na aceitação das mortadelas, dessa forma, é possível substituir até 100% a pele de frango por biomassa de banana verde. Através dos métodos sensoriais (Elicitação preferencial de atributos e *Temporal-Check-All-That-Apply*) foi possível descrever os atributos predominantes nas mortadelas e, além disso, determinar os atributos de preferências pelos consumidores. A estabilidade oxidativa avaliada através da ressonância magnética nuclear, mostrou ser o método eficiente e preciso em relação ao método de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico, sendo este um método que pode superestimar valores da oxidação lipídica.

RECOMENDAÇÕES FUTURAS

Com base nos resultados apresentados, recomendam-se futuros trabalhos na atual linha de pesquisa, abordando os seguintes aspectos:

1. Avaliar a atividade antimicrobiana da biomassa de banana verde em diferentes concentrações de extratos e maiores variedades de microrganismos;
2. Avaliar a adição de biomassa de banana verde em outras matrizes cárneas como salame, salsicha, nuggets e outros.
3. Reformulação dos ingredientes das mortadelas de frango para que atenda os teores mínimo de proteína (12%) e máximo de umidade (65%) de acordo com o Padrão de Identidade e Qualidade para Mortadelas (PIQ) (BRASIL, 2000).
4. Realizar análise de fibras alimentares totais, fibras solúveis e fibras insolúveis nas amostras de mortadelas;
5. Estudar o efeito da adição de corante nas mortadelas e correlacionar com análise sensorial sobre o atributo de aparência;
6. Estudar a estabilidade microbiológica com maiores tempos de armazenamento e com maiores variedades de microrganismos;
7. Avaliar a percepção dos consumidores sobre a oxidação lipídica das mortadelas de frango com substituição total e parcial de pele de frango por biomassa de banana verde durante o armazenamento.
8. Avaliar a biodisponibilidade e bioacessibilidade da biomassa de banana verde.

APÊNDICE I

Green Banana Biomass: Physicochemical and functional properties and its potential as a fat replacer in a chicken mortadella

Bruna Emygdio Auriema^a, Fernando Jensen Braz Corrêa^a, Jonas de Toledo Guimarães^b,
Paula Thaís dos Santos Soares^c, Amauri Rosenthal^a, Everaldo Zonta^a, Raul Castro
Carriello Rosa^b, Rosa Helena Luchese^a, Erick Almeida Esmerino^{a,b,c*}, Simone Pereira
Mathias^a

^a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 23890-000, Rio de Janeiro, Brasil.

^b Universidade Federal Fluminense, Niterói, 24320-340, Rio de Janeiro, Brasil

^c Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Maracanã, 20270-021, Rio de Janeiro, Brasil

^d Embrapa Agrobiologia, Seropédica 23897-970, Rio de Janeiro, Brasil.

***Corresponding author**

Erick Almeida Esmerino

E-mail: erick.almeida@hotmail.com

Reference

Auriema, B. E., Corrêa, F. J. B., de Toledo Guimarães, J., dos Santos Soares, P. T., Rosenthal, A., Zonta, E., ... & Mathias, S. P. Green banana biomass: Physicochemical and functional properties and its potential as a fat replacer in a chicken mortadella. *LWT-Food Science and Technology*, 140, 110686. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110686>

Abstract

The potential of green banana biomass (GBB) as a natural ingredient and its impact as a fat replacer in chicken mortadella on sensory perception were investigated. The GBB was assessed for physicochemical characterization, antioxidant capacity and antimicrobial activity. Five chicken mortadella formulations were developed with fat replacement of 25, 50, 75 and 100% by GBB. Microbiological stability of the formulations was assessed, and the sensory profiling was evaluated by Preferred Attribute Elicitation (PAE). The dietary fiber, resistant starch, total phenolic compounds and antioxidant capacity in GBB were 3.99%, 4.16%, 518.39 mg gallic acid equivalent (GAE)/100 g of dry sample, 5307.62 μmol of trolox equivalent (TE)/100 g of dry sample and 3583.12 μmol of trolox equivalent (TE)/100 g of dry sample, respectively. GBB contained potassium (1121 mg/100 g), phosphorus (183.6 mg/100 g), magnesium (77.4 mg/100 g), copper (0.53 mg/100 g) and iron (7.21 mg/100 g). The microbial counts in the formulations after 90 days of chill storage were within the safe limit. The results concluded that GBB showed desirable functional and technological proprieties to be used in chicken mortadella without affecting the characteristic flavor of these products. Besides, PAE proved to be a potential method to characterize chicken mortadella.

Keywords: Natural ingredient; mortadella; fat replacer, descriptive analysis; sensory profiling.

1. Introduction

Poultry meat is among the animal source foods most widely eaten at global level and the consumption and processing of poultry meat have increased rapidly in past decades (FAO, 2019), primarily due to their convenience, variety, lower price, low levels of fat and faces few religious and cultural barriers, as compared to that of beef and pork (Chmiel, Roszko, Adamczak, Florowski & Pietrzak, 2019). Among the poultry products, the mortadella is appreciated by all social classes, with high popularity in the lunch meat market, it is attractive due to its low cost, pleasant flavor, and characteristic aroma (Júnior et al., 2019). However, due to the high lipids content, the high consumption of this product is associated with obesity, and an increased risk of cardiovascular diseases and cancer (Fernández-López et al., 2020).

Consumers' preference for healthier meat products with a nutritional or functional claim, such as lower content of fats, sodium and nitrite, fatty acids improvement and addition of functional ingredients are continually increasing all over the world (Zhang, et al., 2010). However, reducing the fat content in the preparation of this type of product can affect the flavor and texture characteristics, leading to a decrease in consumer acceptance (Saldaña et al., 2018).

In this context, the reformulation of meat products with replacement of compounds considered harmful to health by natural and functional ingredients simultaneously is a potential alternative for the improvement of their nutritional characteristics (Hung, Kok, Verbeke, 2016). Thus, previous studies used ingredients derived from fruits and vegetables as fat replacers in mortadella products (Alves et al., 2016; Auriema et al., 2019; Pires, dos Santos, Barros & Trindade, 2019; Santos et al., 2020).

The green banana biomass (GBB) is a product from banana processing, being obtained by cooking the green bananas (maturation stages 1 and 2), according to the maturation scale of Von Loesecke (1950). The green banana pulp does not present flavor or aroma when cooked. It is employed as a technological ingredient in different food preparations (Ranieri & Delani, 2014), besides its nutritional contribution (Izidoro, Scheer, Sierakowski & Haminiuk, 2008). Despite this, there are scarce studies related to GBB application as a fat replacer of meat products (Bastos et al., 2014; Dinon, Devitte, Canan, Kalschne & Colla, 2014; Alves et al., 2016) Additionally, there are no reports of the partial/total fat replacement by GBB in chicken mortadella.

Therefore, this study aimed to evaluate the physicochemical, technological, and functional characteristics of the GBB, as well as its effectiveness as a fat replacer in chicken mortadella through its impacts on microbiological and sensory properties.

2. Material and methods

2.1. Raw material characterization

The green bananas (*Musa spp.*, AAAB, var. Prata BRS Platina) were obtained at Embrapa Agrobiology, Seropédica, RJ, Brazil (geographic coordinates: 22° 48'00" south latitude and 43° 41'00" west longitude), through the integrated system of agroecological production (SIPA) with organic management and harvested in maturation stage 1 (peel full green), according to the maturation scale of Von Loesecke (1950).

The bananas' ripeness degree was determined by total soluble solids (TSS) content, titratable acidity (TA), and pH. For TSS, a refractometer (Instrutherm, RT-280) was used according to the method described by Yap, Fernando, Brennan, Jayasena and Coorey (2017), and the results were presented in Brix degree (°Brix). The TA was quantified by titration with NaOH 0.1 N and the results were expressed in g of malic

acid/g of the sample, as described by method 13.6.2 by IAL (1985). The pH was determined using a digital pH meter (MS - Tecnopon, RS 232), according to the Association of Official Analytical Chemists, AOAC (AOAC, 2019a).

2.2. Green banana biomass (GBB) processing

GBB was processed according to Dinon et al. (2014) and Riquete et al. (2019) methodologies, with modifications. The unpeeled green bananas were washed with running water, placed in a pressure cooker at a proportion of 1.800 g of green bananas for 1.750 ml of water, and subjected to cooking (1.8 Pa, 120 °C) for 15 min. Then the peels were removed, and the pulps milled in a grinder (BECKER go®, SC, Brazil), using a stainless-steel plate of 5 mm holes.

2.3. Macronutrients characterization (proximate chemical composition)

The chemical composition of the GBB was determined according to the AOAC methods (AOAC, 2019b, AOAC, 2019c, AOAC, 2019d, AOAC, 2019e): moisture by the oven method (Solab - SL 100) at 105 °C; ashes by using the muffle (Solab - SL 102) at 550 °C; total proteins by the micro-Kjeldahl method using a nitrogen conversion factor of 6.25, and total lipids by the Soxhlet method. Although the nitrogen conversion factor in vegetable origin products ranged from 5.30 to 6.31, the value used was based on previous studies using green banana and fruit derivatives (Costa, Alencar, Rullo & Taralo, 2017; Salih et al., 2017; Peris-Felipo, Benavent-Gil & Hernández-Apaolaza, 2020; Damasceno et al., 2016).

The total carbohydrate content was obtained by subtracting the moisture, protein, lipid, and ash values from 100. The total dietary fiber was quantified according to the enzymatic-gravimetric method (AOAC, 1995), and the resistant starch according to the method of Ovando-Martinez, Sáyago-Ayerdi, Agama-Acevedo, Goñi & Bello-Pérez (2009), with modifications.

2.4. Mineral profile

The mineral content was determined according to the USEPA 3052 method, using concentrated HNO₃⁻ in digestion procedure. Phosphorus (P) was determined by colorimetry, potassium (K) by flame emission photometry, and the other elements (Ca, Mg, Fe, Mn, Al, Cu, Ni, Co, Cr, Zn, Ba, Pb, and Cd) by flame atomic emission spectrometry (Varian 606, model OPTIMA 3000).

The contents of carbon and total nitrogen were determined by the dry combustion in the elemental analyzer (LECO Corporation, model TruSpec CHN).

2.5. Ascorbic acid content

The ascorbic acid was determined following the method described by Strohecker & Henning (1967). One gram of GBB was added in 50 ml of oxalic acid (0.5%) and shaken in a shaker table (Orbital SL 180) at 2500 rpm for 30 min. After, 10 ml of the solution was added to an Erlenmeyer flask with 40 ml of distilled water. Then, the samples were titrated with 2,6-dichloro-phenol indophenol solution (DCPIP). The concentration of ascorbic acid was expressed in mg. 100 g⁻¹ of sample.

2.6. Preparation of the GBB extract for determination of total phenolic compounds (TPC), antioxidant capacity (based on the evaluation of DPPH scavenging activity and ferric reducing antioxidant potential) and antimicrobial activity.

The GBB extract was obtained according to Ovando-Martinez et al. (2009), with modifications. One gram of sample was added to a tube with 50 ml of acetone solution (70%) and shaken in a shaker table (Orbital SL 180) at 2500 rpm for 60 min. The solution was centrifuged at 3000 rpm for 15 min. The supernatant was collected, and the extraction repeated one more time. The supernatants of the two extractions were combined in a volumetric flask of 100 ml and filled with distilled water.

2.7. Total phenolic compounds (TPC)

The TPC was determined following the method described by Swain & Hillis (1959). One ml of the extract and 1 ml of Folin-Ciocalteu reagent 0.25 N were added to 10 ml of distilled water. After 3 minutes, 1.5 ml of Na₂CO₃ at 10% was added and the solution was kept at room temperature (25 ± 1 °C) for 2 hours in the dark. Then, the measurement was carried out in a spectrophotometer (Spectrophotometer Model NOVA 2000 UV, São Paulo, Brazil) at 725 nm and the result was expressed in mg gallic acid equivalent/100 g of dry sample (mg GAE/100 g).

2.8. Antioxidant capacity by the methods of ferric reducing power (FRAP) and free radical scavenging (DPPH)

The antioxidant capacity was evaluated by FRAP (method based on the reduction of iron ions) according to the method proposed by Thaipong, Boonprakob, Crosby, Cisneros-Zevallos & Byrne (2006). The extract (90 µL) was diluted in distilled water (270 µL) and reacted with 2.7 ml of FRAP reagent. The solution was shaken and kept in water bath (37 °C) for 30 min. The absorbance was measured by a spectrophotometer (Model NOVA 2000 UV, São Paulo, Brazil) at 595 nm, and the result expressed in µmol of trolox equivalent per 100 g of dry sample (µmol TE/100 g).

The antioxidant capacity by DPPH (method based on the sequestration of the stable free radical 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) was determined according to the method of Rufino et al. (2010), with modifications. The GBB extract (150 µL) was mixed with 2.85 ml of DPPH* (60 µmol/L) and shaken in a vortex for 30 s. Then, the solution rested for 1 h in the dark and the measurement was carried out by spectrophotometry at 515 nm (spectrophotometer Model NOVA 2000 UV, São Paulo, Brazil), with the result expressed as µmol of trolox equivalent per 100 g of dry sample (µmol TE/100 g).

2.9. Antimicrobial activity

The antimicrobial activity was determined according to the method of diffusion in agar described by Bauer, Kirby, Sherris & Turck (1966). The tests were carried out using *Salmonella typhimurium* and *Staphylococcus aureus* strains. The inoculum of each microorganism was obtained after activation for three successive transferences in BHI (brain heart infusion) broth, incubation at 35 °C for 20 h, and subsequent superficial inoculation on BHI agar. The colonies were suspended until reaching 1x10⁸ UFC/ml, corresponding to the turbidity 5 in the MacFarland scale. It was carried out to obtain a work suspension containing approximately 1x10⁶ UFC/ml according to the *Clinical and Laboratory Standards Institute* (CLSI, 2003). Aliquots of 0.1 ml of this suspension were spread using Drigalsky handle, on Petri dishes containing 20 ml of MH (Mueller Hinton) agar. Two wells were made using a sterile 6 mm hole punch, which were filled with 50 µL of GBB extract and control (containing acetone 70%). Ampicillin discs for Gram-positive and Gentamicin discs for Gram-negative bacteria were added as well. The plates rested until complete absorption of the extract by the agar. Then, they were incubated for

24 h at 36 °C. The inhibition zones' diameter was measured in mm (including the 6 well diameter).

2.10. Water retention capacity (WRC) and oil retention capacity (ORC)

The WRC and ORC of the GBB were carried out according to the method of Salih et al. (2017). In a tube containing 25 ml of distilled water or soy oil, 1 g of the sample was added and kept in water bath at 80 °C for 1h. The tubes were centrifuged at 3000 x rpm for 20 min. The supernatant was discarded, and the residue was weighed. The WRC and ORC were calculated as g of water or oil/g of sample, as described in equation 1.

$$WRC \text{ or } ORC = \left(\frac{\text{final weight} - \text{initial weight}}{\text{initial weight}} \right) \quad (1)$$

2.11. Chicken mortadella preparation

The chicken breast meat, skin and mechanically separated chicken meat (MSCM) were provided by Reginaves Indústria e Comércio de Aves Ltda (RICA) (Rio de Janeiro, RJ, Brazil) and the additives [cure salt (nitrite/nitrate), sodium erythorbate, carrageenan, soy isolated protein, condiment for mortadella, flavor enhancement, sugar, cassava starch, and sodium polyphosphate] were provided by IBRAC additives and condiments (Rio Claro, SP, Brazil).

Mortadella samples were prepared in the meat processing plant at the Department of Food Technology at the Federal Rural University of Rio de Janeiro (DTA/UFRRJ). Five different formulations of chicken mortadella were processed, and two replicates were made for each formulation, totaling ten experimental units. The formulations were: Control (FC) without fat reduction, and those with fat replacement by GBB at 25% (F1), 50% (F2), 75% (F3) and 100% (F4). For the preparation of the product mass, the cold (0°C) chicken breasts (21.57%) were initially minced in the grinder. Then, the mass was taken to the cutter along with ice cubes (15%) and MSCM (30%), where everything was finely comminuted.

After homogenization of the mass, the chicken skin (FC-23%, F1-17.25%, F2-11.5%, F3-5.75% and F4-0%) and salt were added, and subsequently, comminuted for 30 s. Then, the GBB (FC-0%, F1-5.5%, F2-11.5%, F3-17.25% and F4-23%), cure salt (nitrite/nitrate) (0.13%), sodium erythorbate (0.30%), carrageenan (1.0%), isolated soy protein (4.0%), mortadella condiment (0.30%), flavor enhancer (0.40%), sugar (0.20%), cassava starch (3.5%), and sodium polyphosphate (0.30%) were mixed with the mass. Afterward, the mass was stuffed in a 90 mm caliber artificial casing made of polyamide, with portions of 400 g.

The mortadella cooking was carried out in a water bath, according to the following program: 45 °C/30 min, 55 °C/30 min, 65 °C/30 min, 75 °C/30 min and 85 °C until the internal temperature of the center of the mass reached 72 °C. After cooking, they were submerged in cold water and stored at 4 °C until analysis.

2.12. Microbiological analysis of the chicken mortadella samples

To evaluate the effect of the green banana biomass addition on the microbiological quality of the chicken mortadella samples, analyses were carried out after 1, 15, 30, 45, 75 and 90 days of cold storage (4 °C) for *Salmonella* spp., Coagulase-Positive Staphylococci, sulphite-reducing clostridia, and total coliforms, as established by Brazilian legislation (BRASIL, 2001).

2.13. Sensory evaluation

Sensory characterization of mortadella samples was performed using Preferred Attribute Elicitation (PAE) as described by McSweeney et al. (2017) and Soares et al. (2019). The participants comprised students, employees, and visitors, aged between 22 and 60 years old and were recruited through email, posters and social media and selected according to interest, availability, and consumption profile (at least once a week).

The total number of panelists who agreed to participate in the PAE was 27 people (65% female), randomly divided into two homogeneous groups in two distinct sessions. The sample size used was based on previous studies (Muggah & McSweeney, 2017; Popoola, Bruce, McMullen, & Wisme, 2019) and in line with the recommendations of McSweeney et al. (2017). The first session (PAE1) comprised 14 panelists, while the second (PAE2) was composed of 13 panelists. There were no significant differences between the age and sex distribution between the groups.

Initially, panelists received 30 g of each sample at once, identified with 3-digit random numbers, and served at 15 °C in white plastic dishes. Water and cream crackers were served to clean the palate between testing samples. Firstly, they were asked to describe the attributes that they liked and disliked the most, and then participants were asked to think and nominate all the sensory descriptors that differed between the samples. In a round table discussion moderated by the responsible researcher, the elicited descriptors were listed on a board so that the participants could see them. The participants were asked to group the descriptors according to their similarity (for example: spice flavor, spicy, and seasoning were grouped in spicy).

Next, 9-point intensity scales were created for each mentioned descriptor, being the anchors defined by the panelists (for example: not salty and extremely salty), considering the attribute intensity. In addition, participants were informed that if the scale did not include all the attributes considered important by them, they could add a new scale (Grygorczyk et al., 2013). Participants were also asked to order the attributes according to their preference in the form, and a tie was allowed between attributes that they had perceived as equally important. After a short break, panelists received the forms that were previously designed by themselves, and chicken mortadella samples were presented monadically to run the sensory test.

Tests were carried out at the sensory analysis laboratory and each session lasted approximately 90 min. For this study, the approval was obtained from the ethics committee (CAAE: 16784119.0.0000.5285) of the Federal University of the State of Rio de Janeiro (UNIRIO), Brazil.

2.14. Data analysis

All the analyses on green banana biomass were performed in triplicate and the results were expressed as average \pm standard deviation. Data of the PAE method were submitted to Generalized Procrustes Analysis (GPA) through a matrix of 5 rows (mortadellas samples) and 150 columns for PAE1 and 180 columns for PAE2 (attributes x consumers). The comparison of similarity in sample characterization between the PAE sessions (PAE1 x PAE2) was performed using Multiple Factor Analysis (MFA) through a matrix of 5 rows (mortadella samples) and two groups of columns (GPA coordinates of the samples corresponding to data from the PAE1 and PAE2), and the RV coefficient (Santos et al., 2013). All the analyses were done using the statistical software XLSTAT (version 2018.2).

3. Results and discussion

3.1. Green banana analysis

TA, TSS content and the pH of the green banana were 0.18 (± 0.00) g of malic acid/g of sample, 4 (± 0.00) °Brix and 5.48 (± 0.04), respectively. Similar values were found by Youryon & Supapvanich (2017) (TSS=3.6 °Brix, TA=0.10 g of malic acid/g of sample) and Izidoro et al. (2008) (TSS=5.2 °Brix, TA=0.15 g of malic acid/g of sample and pH=5.2), in studies using green banana at maturation stage 1.

3.2. GBB characterization

3.2.1. GBB chemical composition

The proximate chemical composition of the GBB is presented in Table 1. Fat, ash, protein, and carbohydrate content of GBB were 0.40, 0.65, 0.84, and 19.59, respectively. Similar results were found for GBB characterization (Dinon et al., 2014; Costa, et al. 2017).

The GBB presented resistant starch and the dietary fiber content of 3.99% and 4.16%, respectively, which according to FAO (2013), may be considered a “source of fiber” food once it has a content of fibers above the minimum of 3 g of fibers/ 100 g of food. Resistant starch and dietary fiber present similar functional characteristics since both are non-digestible by the small intestine and are fermented in the large intestine. These characteristics confer physiological benefits such as reduction of glycemic response, short-chain fatty acid production, which contributes to colon health, among other nutritional benefits (Ranieri & Delani, 2014). Thus, the addition of GBB in frequently consumed foods, such as meat products, may help improve the daily fiber intake.

Table 1- Proximate chemical composition of the green banana biomass (GBB)

Parameters	Experimental Value*
Moisture (%)	78.58 \pm 0.20
Lipid (%)	0.40 \pm 0.03
Proteins (%)	0.94 \pm 0.04
Ash (%)	0.65 \pm 0.04
Total Carbohydrates (%) **	19.43 \pm 0.47
Resistant Starch (%)	3.99 \pm 0.04
Dietary Fiber (%)	4.16 \pm 0.20

*Mean \pm standard derivation (n=3).

**Obtained by difference.

3.2.2. GBB mineral composition

Macro and micro mineral content of GBB are shown in Table 2. Among the macro minerals, the carbon content was the highest (37,900 mg/100 g), followed by

potassium (1,121 mg/100 g), nitrogen, phosphorus, magnesium, calcium, and sodium (752, 183.6, 77.40, 78 and 76.70 mg/100 g, respectively).

The potassium concentration represents 23.85% of the Recommended Daily Intake (RDI) for adults (31 - 50 years old) (Table 2), according to the Institute of Medicine (IOM) (IOM, 2005). The phosphorus represents 18.4% of the RDI, the magnesium 24.2% of the RDI for women, and 18.4% for men, and the calcium and sodium represent 10% of the RDI (Table 2) (IOM, 1997).

Regarding the micro minerals, the iron content was the highest (7.21 mg/100g), representing 40% of the RDI for women and 93.8% for men, followed by manganese (2.32 mg/100 g), copper (0.53 mg/100 g), zinc (0.49 mg/100 g), nickel (0.09 mg/100 g), cobalt (0.06 mg/100 g) and cadmium (0.03 mg/100 g). The manganese concentrations were higher than the RDI for women (28%) and 100% of the RDI for men; Whereas the copper content represents 58.9% of the RDI for both gender; while zinc contents represent less than 10% of the RDI (Table 2) (IOM, 2001, IOM, 2005).

According to the Food and Drug Administration (FDA) (FDA, 2016), to be considered a “good source”, a nutrient must have a content between 10-19% of the RDI, whereas to be an “excellent source”, it must contain at least 20% of the RDI. As such, the GBB may be considered as an excellent source of potassium, phosphorus, magnesium, copper, and iron. Based on these results, the application of GBB in foods can contribute to the enrichment of minerals.

Table 2-Composition of macro and micro mineral and Recommended Daily Intake (RDI) of essential minerals (IOM, 1997, 2001 and 2005).

	GBB Contents (mg.100 g⁻¹)	RDI (mg.dia⁻¹) W*– M*
Macrominerals		
Na	76.70±23.50	1500
K	1121±37.00	4700
Ca	78±4.90	1000
Mg	77.4±6.40	320 – 420
P	183.6±1.10	700
N	752±29.50	Nd**
C	37900±843.00	Nd**
Microminerals		
Fe	7.21±0.29	18 – 8
Cu	0.53±0.03	0.9
Mn	2.32±0.30	1.8 – 2.3
Zn	0.49±0.02	8 – 11
Ni	0.09±0.03	Nd**
Co	0.06±0.01	Nd**
Cd	0.03±0.00	Nd**

*W: women from 35 to 50 years old.

*M: men from 35 to 50 years old.

**Nd: not declared.

3.2.3. Ascorbic acid, total phenolic compounds content and antioxidant capacity (FRAP and DPPH)

The GBB presented an ascorbic acid content of 42.98 mg/100 g of sample whereas the GBB extract presented a total phenolic content of 518.39 mg GAE/100 g of dry sample and the FRAP and DPPH values were of 5307.62 μ mol TE/100 g and 3583.12 μ mol TE/100 g of dry sample, respectively (Table 3). The phenolic compounds and the ascorbic acid are related to several health benefits such as antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial and anticarcinogenic activities (Varvara et al., 2016; Rodrigues et al., 2020). The antioxidant capacity present in the GBB extract may be attributed to both the phenolic compounds and the ascorbic acid content, but the phenolic compounds seem to contribute more to the total antioxidant capacity of the food (Guimarães et al., 2019). The phenolic compounds can remove free radicals by donation of hydrogen atoms, and the ascorbic acid can chelate metals, removing reactive oxygen species, as well as regenerate phenolic antioxidants (Brewer, 2011).

In meat processing industries, the use of synthetic antioxidants to reduce or inhibit the lipid oxidation of food is common, being an important factor to be considered in determining the shelf life of the products (Oswell, Thippareddi & Pegg, 2018). However, the consumers' demand for natural ingredients led industries to seek alternative natural antioxidants (Nikmaram et al., 2018). Thus, GBB can emerge as an opportunity for the food industry due to the presence of antioxidant compounds, requiring studies related to the oxidative stability of meat products added with GBB. Additionally, it should be taken into account that despite the presence of high content of antioxidant compounds, the concomitant presence of dietary fibers, which interact with the polyphenols, may reduce their bioaccessibility and antioxidant activity (Guimarães et al., 2020; Tomas et al., 2020).

Previous studies have evaluated the functional potential of the green banana pulp flour and found lower phenolic compounds content (16.54; 32.9; 373.88 and 91.24 mg EAG/100 g of dry sample) than the GBB (Campuzano, Rosell & Cornejo, 2018; Castelo-Branco et al., 2017; Fatemeh, Saifullah, Abbas & Azhar, 2012). During the green banana drying process, the phenolic compounds may be gradually oxidized by polyphenol oxidase enzymes, which reduce their concentration (Pico et al., 2019). Therefore, the green banana processing to produce GBB may be beneficial to preserve the phenolic compounds in compared to the flour.

Table 3- Ascorbic acid (AA), total phenolic compounds (TPC) and antioxidant capacity by the methods of ferric reducing power (FRAP) and free radical scavenging (DPPH) of GBB.

AA*	TPC*	FRAP*	DPPH*
(mg/100 g)	(mg GAE/100 g) ^a	(μ mol TE/100 g) ^b	(μ mol TE/100 g) ^b
42.98 \pm 0.10	518.39 \pm 9.92	5307.62 \pm 39.40	3583.12 \pm 166.68

*Data are mean \pm standard deviation (n=3).

^a Results were expressed as mg of gallic acid equivalent (GAE)/100 g

^b Results were expressed as μ mol trolox equivalent (TE)/100 g

3.2.4. Antimicrobial activity

The antimicrobial properties of GBB are shown in Figure 1. At the concentration of 0.01 g/ml, the GBB extract exhibited an inhibition halo of 10.5 mm for *S. Typhimurium* and of 11.5 mm for *S. aureus*, which may be considered effective at this

concentration, but less effective than the standard antimicrobials evaluated. It is suggested that in the studied concentration, the antimicrobial compounds present in the extract are at very low levels and that an increase in the concentration may bring more positive and promising results.

The antimicrobial effect of GBB is probably related to the phenolic compounds, which cause protein precipitation and affect bacterial peptidoglycan (Chabuck, Al-Charrakh, Hindi & Hindi, 2013). It was also observed that the GBB extract showed a greater inhibition zone for Gram-positive bacteria (*S. aureus*) compared to Gram-negative bacteria (*S. typhimurium*). Some studies reported that this difference may be due to the morphological constitution of the bacteria, once Gram-negative bacteria have an outer membrane constituted of lipoprotein and lipopolysaccharide, which is selectively permeable, making them less susceptible to the extracts than Gram-positive bacteria (Chan, Lim & Omar, 2007).

Some studies found antimicrobial activity in banana peel (Mordi et al., 2016; Audu et al., 2015; Ibrahim, 2015; Chabuck et al., 2013), green banana (Fagbemi, Ugoji, Adenipekun & Adelowotan, 2009) and ripe banana (Kusuma, Soraya, Indah & Resmi, 2017). Therefore, further studies evaluating different concentrations of GBB extract and their use to inhibit different microorganisms are suggested.

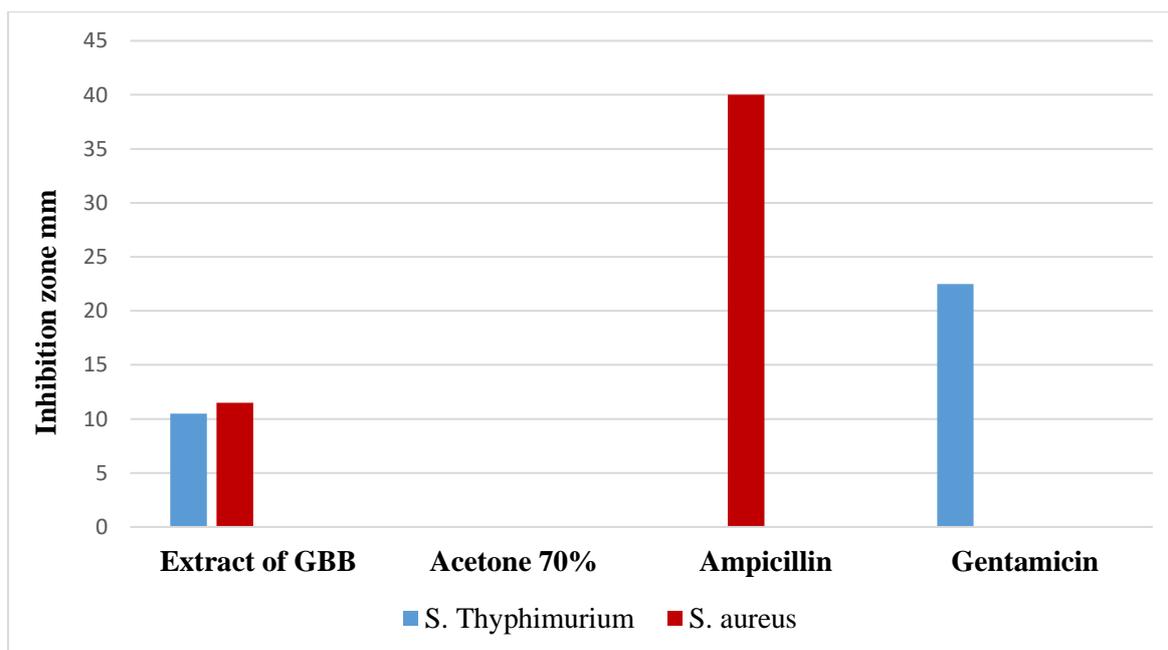


Figure 1- Inhibition zone (mm) of green banana biomass (GBB) extracts, acetone 70% and antibiotics against pathogenic microorganisms.

3.2.5. Water retention capacity (WRC) and oil retention capacity (ORC)

WRC and ORC presented values of 2.04 g/g and 1.41 g/g, respectively, and represent the ability to immobilize water and oil during food processing and storage, and are parameters of great importance in improving the stability, texture, flavor and performance of food products, especially in emulsified meat products (Pérez-Andrés, Álvarez, Cullen & Tiwar, 2019; Kamruzzaman, Makino & Oshita, 2016). Thus, GBB can significantly contribute to the technological properties of emulsified meat products.

Similarly, according to Bastos et al. (2014), the fat replacement of hamburgers by green banana-based substitutes showed higher WRC compared to other substitutes such as oatmeal and apple peel flour.

3.3. Microbiological analysis of the chicken mortadella samples

After 90 days of cold storage (4 °C), all the formulations presented microbiological counts (*Salmonella* spp., coagulase-positive staphylococci, sulphite reducing clostridia, and total coliforms) allowed by Brazilian standard for mortadella (BRASIL, 2001). Meat products are highly perishable, and the reformulation of these products implies guaranteeing the microbiological quality during processing and shelf life. In this regard, the replacement of chicken skin by GBB in mortadella did not affect the microbiological quality during 90 days of storage, being in accordance with the commercial expiration date of the mortadella found in the Brazilian market, which varies from 60 to 90 days.

3.4. Sensory evaluation

The sensory terms of chicken mortadellas described by PAE1 session were pink color and fibrous aspect, chicken mortadella and spicy aroma, chicken mortadella, salty, pungent and spicy residual flavor, fibrous and firm. Meanwhile, PAE2 session described the greatest amount of sensory descriptors, being pink color, homogeneous and bright, smoked, chicken mortadella and spicy aroma, spicy, salty, smoked, pungent, chicken mortadella and fat flavor, chewability, juicy and firm. The similar attributes among the sessions were pink color, chicken mortadella aroma, spicy aroma, salty taste, pungent flavor, and firmness.

According to Figure 2a, it was observed that the first dimension D1 (40.44%) was more related to the texture, color, salty taste, and mortadella flavor attributes, while the second dimension D2 (27.48%) was associated mainly to the mortadella aroma and pungent flavor. For PAE2 session (Figure 2b), the D1 (40.02%) was associated mainly to the texture, fat flavor and mortadella flavor attributes, while the D2 (33.39%) was represented mainly by the appearance (bright and color), mortadella aroma and flavor (smoked, spicy and pungent) attributes.

In PAE1 session, sample FC was characterized mainly by the attributes of pink color and spicy aroma. Meanwhile, sample F1 presented fibrous appearance and fibrous and firm texture. Sample F2 presented higher association to chicken mortadella aroma, residual spicy flavor, salty taste, and chicken mortadella flavor, while in the same quadrant samples F3 and F4 were related to pungent flavor, chicken mortadella flavor, and salty taste.

In PAE2 session, sample F4 was characterized by presenting in higher intensity the attributes homogeneity, smoked aroma, spicy aroma, salty taste, pungent flavor, and spicy flavor. F1 was described mainly by firmness, juiciness, and chewability, and also by chicken mortadella aroma and pink color. Samples F2 and F3 were in the same quadrant and were related to chicken mortadella flavor, smoked flavor, pungent flavor, and spicy. Meanwhile, the control sample (FC) was related mainly to the attributes bright and fat flavor. In both sessions, sample F2 (50% fat replacement by GBB) was attributed to the highest chicken mortadella flavor and F1 (25% fat replacement by GBB) was characterized as the firmest.

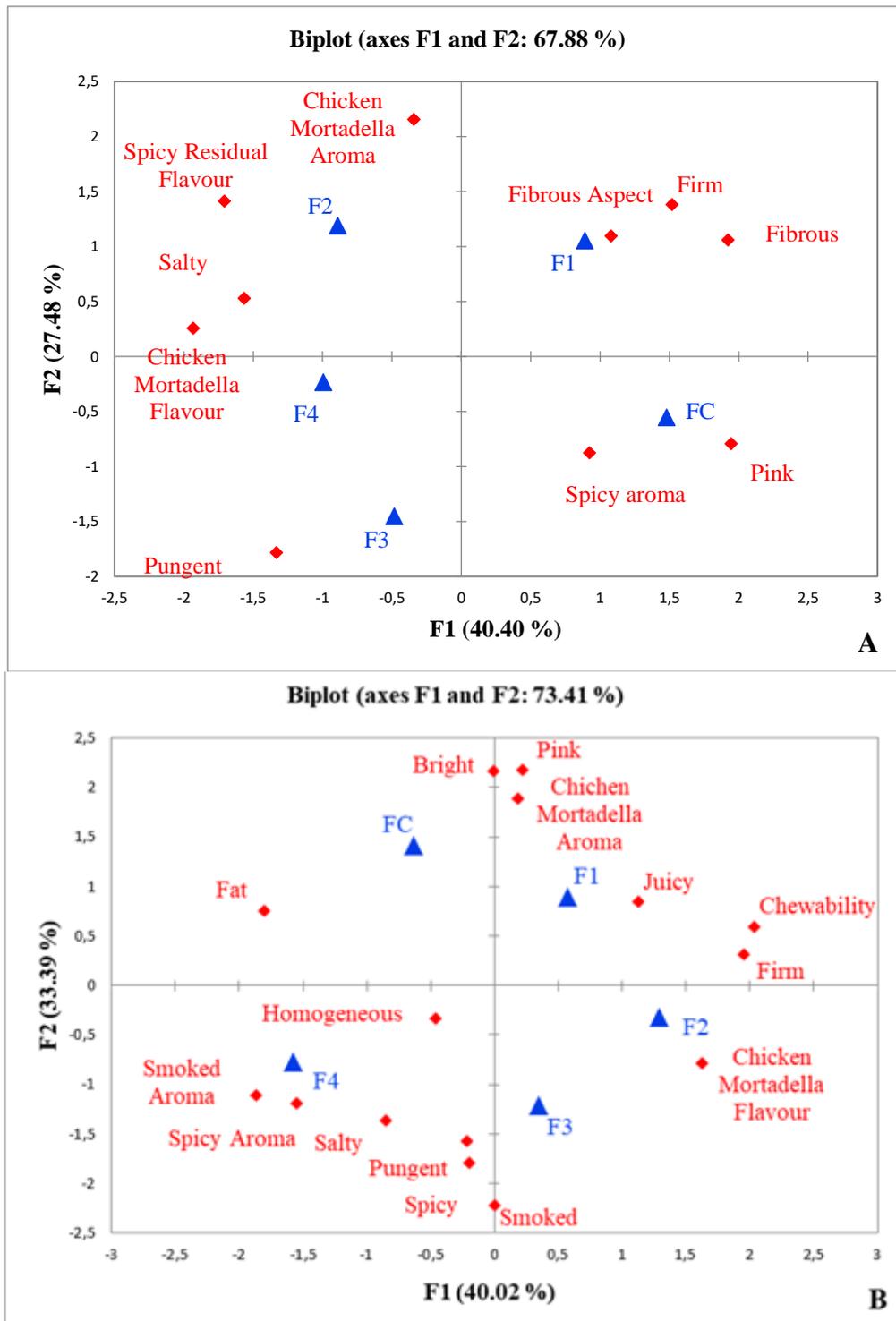


Figure 2- Sensory attributes generated in the PAE 1 session (a) and PAE 2 session (b). The descriptive data from the PAE sessions was then combined and normalized using Generalized Procrustes Analysis.

The comparison of the results from PAE sessions can be seen in the MFA (Figure 3). It was observed that PAE1 and PAE2 sessions presented high similarity in the positioning of the formulations FC, F1, and F2, observed by the distance from the analysis points to their centroid. Whereas the F3 and F4 formulations showed a little

more distinct positioning between sessions in the sensory space, despite its constancy in samples evaluation in both sessions. This difference in results between sessions may be due to a wrong interpretation by the participants or the disagreement of some participants with the attribute definition, being an inherent limitation of the method, which does not invalidate the importance and relevance of the results found (McSweeney et al., 2017).

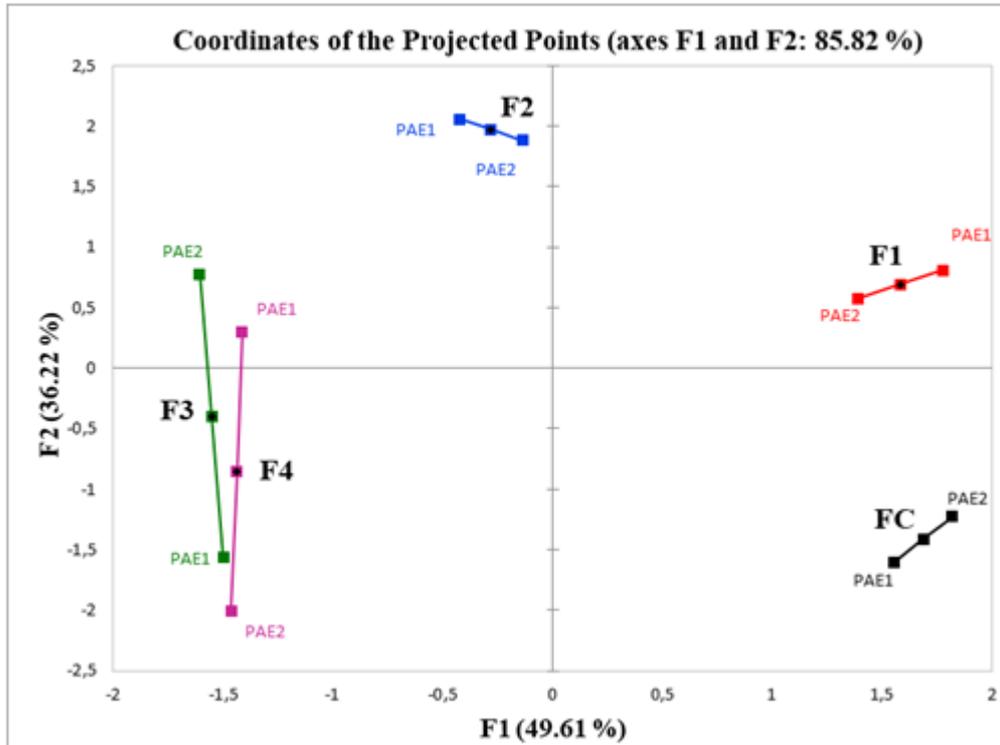


Figure 3- Preference map generated by multiple factor analysis (MFA) from the results of PAE 1 (n=15) e PAE 2 (n=12).

The RV is a correlation coefficient between two spaces, ranging from 0 (total disagreement) to 1 (perfect agreement), and in the present study, this value was of 0.6 ($p < 0.001$), showing a significant agreement between sessions. Therefore, the use of PAE method may be a potential tool for sensory characterization of reformulated products by meat products industry, without the need of using classical methods of sensory characterization, especially the ones with training steps.

4. Conclusions

The results showed that GBB has the potential to be used as a functional ingredient, source of dietary fiber, resistant starch, minerals, and ascorbic acid. Besides that, GBB extract showed antimicrobial, antioxidant activities and may contribute to the water retention capacity and stability of the emulsion, which are required properties in emulsified meat products. In addition, PAE showed to be efficient and suitable for the sensory profiling of the chicken mortadella samples, highlighting the differences between the formulations.

For future studies, it is recommended that evaluations on the effect of GBB on physical-chemical and functional characteristics of the emulsified product be carried out,

as well as its sensory acceptance and the microbiological stability with other microorganisms and for longer storage periods.

CRedit authorship contribution statement

Bruna Emygdio Auriema: Conceptualization, Methodology, Validation, Formal analysis, Investigation, Writing - original draft, Writing - review & editing. **Fernando Jensen Braz Correa:** Methodology, Validation, Formal analysis. **Jonas de Toledo Guimaraes:** Writing - original draft, Writing - review & editing. **Paula Thaís dos Santos Soares:** Writing - original draft, Writing - review & editing. **Amauri Rosenthal:** Formal analysis. **Everaldo Zonta:** Formal analysis, Writing - original draft. **Raul Castro Carriello Rosa:** Validation, Formal analysis. **Rosa Helena Luchese:** Formal analysis. **Erick Almeida Esmerino:** Conceptualization, Methodology, Validation, Formal analysis, Investigation, Writing - original draft, Writing - review & editing, Supervision, Project administration. **Simone Pereira Mathias:** Conceptualization, Supervision, Project administration.

Declaration of competing interest

The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) Finance Code 001.

References

- Alves, L. A. A., Lorenzo, J. M., Gonçalves, C. A. A., dos Santos, B. A., Heck, R. T., Cichoski, A. J., & Campagnol, P. C. B. (2016). Production of healthier bologna type sausages using pork skin and green banana flour as a fat replacer. *Meat Science*, *121*, 73-78. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.06.001>
- AOAC (1995). Determination of fibers content. Method 991.43. *Official Methods of Analysis* (pp. 474). (16th ed.). Arlington: Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC (2019a). Determination of pH. Method 981.12. *Official Methods of Analysis*. (21st ed.). Rockville, MD, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC (2019b). Determination of moisture content. Method 925.45. *Official Methods of Analysis*. (21st ed.). Rockville, MD, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC (2019c). Determination of ash content. Method 923.03. *Official Methods of Analysis*. (21st ed.). Rockville, MD, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC (2019d). Determination of protein content. Method 960.52. *Official Methods of Analysis*. (21st ed.). Rockville, MD, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC (2019e). Determination of fat content. Method 963.15. *Official Methods of Analysis*. (21st ed.). Rockville, MD, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- Audu O. Y., Durodola, B. M., Mordi, R. C., Owolabi, E. F., Uzoamaka, G. C., Ayo-Ajayi, J. I., & Fadairo, A. E. (2015). Study on the Potassium content of Nigerian

- Bananas and the Methanolic Extraction, Phytochemical and Antimicrobial Studies of Oils from Banana Peels. *Covenant Journal of Physical and Life Sciences*, 3(1).
- Auriema, B. E., Dinalli, V. P., Kato, T., Yamaguchi, M. M., Marchi, D. F., & Soares, A. L. (2019). Physical and chemical properties of chicken mortadella formulated with *Moringa oleifera* Lam. seed flour. *Food Science and Technology*, 39, 504-509. <https://doi.org/10.1590/fst.25018>
- Bastos, S. C., Pimenta, M. E. S., Pimenta, C. J., Reis, T. A., Nunes, C. A., Pinheiro, A. C. M., ... & Leal, R. S. (2014). Alternative fat substitutes for beef burger: technological and sensory characteristics. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9), 2046-2053. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1233-2>
- Bauer, A. W., Kirby, W. M. M., Sherris, J. C., & Turck, M. (1966). Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disc method. *American Journal Clinical Pathology*, 45(4), 493-496.
- Brasil (2001). Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12 de 02/01/2001. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Brasília, DF: Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Available online: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2001/res0012_02_01_2001.html/ Accessed: 15 December 2019.
- Brewer, M. S. (2011). Natural antioxidants: sources, compounds, mechanisms of action, and potential applications. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 10 (4), 221-247. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2011.00156.x>
- Campuzano, A., Rosell, C. M., & Cornejo, F. (2018). Physicochemical and nutritional characteristics of banana flour during ripening. *Food Chemistry*, 256, 11-17. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.113>
- Castelo-Branco, V. N., Guimarães, J. N., Souza, L., Guedes, M. R., Silva, P. M., Ferrão, L. L., ... & Zago, L. (2017). The use of green banana (*Musa balbisiana*) pulp and peel flour as an ingredient for tagliatelle pasta. *Brazilian Journal of Food Technology*, 20. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.11916>
- Chabuck Z. A. G., Al-Charrakh, A. H., Hindi, N. K. K., & Hindi, S. K. K. (2013). Antimicrobial effect of aqueous banana peel extract, Iraq. *Research Gate: Pharmaceutical Sciences*, 1, 73-75.
- Chan, E. W. C., Lim, Y. Y., & Omar, M. (2007). Antioxidant and antibacterial activity of leaves of *Etlingera* species (Zingiberaceae) in Peninsular Malaysia. *Food Chemistry*, 104(4), 1586-1593. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.023>
- Chmiel, M., Roszko, M., Adamczak, L., Florowski, T., & Pietrzak, D. (2019). Influence of storage and packaging method on chicken breast meat chemical composition and fat oxidation. *Poultry science*, 98(6), 2679-2690. <https://doi.org/10.3382/ps/pez029>
- CLSI (2003). Clinical and Laboratory Standards Institute. Normas de Desempenho para Testes de Sensibilidade Antimicrobiana: 15º Suplemento Informativo, 25(1) 2003. Available online: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/metodo_ref_testes_diluicao_moldulo4.pdf / Accessed: 22 November 2017.
- Costa, L. E., Alencar, N. M. M., Rullo, B. G. S., & Taralo, L. R. (2017). Effect of green banana pulp on physicochemical and sensory properties of probiotic yoghurt. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 37(3). <https://doi.org/10.1590/1678-457x.01016>
- Damasceno, K., A., Alvarenga Gonçalves, C. A., Dos Santos Pereira, G., Lacerda Costa, L., Bastianello Campagnol, P. C., Leal De Almeida, P., & Arantes-Pereira, L.

- (2016). Development of cereal bars containing pineapple peel flour (Ananas comosus L. Merrill). *Journal of Food Quality*, 39(5), 417-424. <https://doi.org/10.1111/jfq.12222>
- Dinon, S., Devitte, S., Canan, C., Kalschne, D. L., & Colla, E. (2014). Mortadela tipo Bologna com reduzido teor de lipídios pela adição de biomassa de banana verde, pectina, carragena e farinha de linhaça. *RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais*, 16(2), 229-246. <https://revistas.unicentro.br/index.php/RECEN/article/view/2949>
- Fagbemi, J. F., Ugoji, E., Adenipekun, T., & Adelowotan, O. (2009). Evaluation of the antimicrobial properties of unripe banana (*Musa sapientum* L.), lemon grass (*Cymbopogon citratus* S.) and turmeric (*Curcuma longa* L.) on pathogens. *African Journal of Biotechnology*, 8 (7). <https://doi.org/10.5897/AJB09.224>
- FAO (2013). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Codex guidelines on nutrition and health claims. Available online: <http://www.fao.org/ag/humannutrition/32444-09f5545b8abe9a0c3baf01a4502ac36e4.pdf> / Accessed: 15 December 2019.
- FAO (2019). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Meat Market Review. Available online: <http://www.fao.org/3/ca3880en/ca3880en.pdf> Accessed: 06 November 2020.
- Fateme, S. R., Saifullah, R., Abbas, F. M. A., & Azhar, M. E. (2012). Total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of banana pulp and peel flours: influence of variety and stage of ripeness. *International Food Research Journal*, 19 (3), 1041.
- FDA (2016). Food and drug administration. *Food Labeling: Nutrient Content Claims; Alpha-Linolenic Acid, Eicosapentaenoic Acid, and Docosahexaenoic Acid Omega-3 Fatty Acids*. Guidance for Industry Small Entity Compliance Guide. U.S. Department of Health and Human Services.
- Fernández-López, J., Lucas-González, R., Viuda-Martos, M., Sayas-Barberá, E., Ballester-Sánchez, J., Haros, C. M., ... & Pérez-Álvarez, J. A. (2020). Chemical and technological properties of bologna-type sausages with added black quinoa wet-milling coproducts as binder replacer. *Food Chemistry*, 310, 125936. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125936>
- Grygorczyk, A., Lesschaeve, I., Corredig, M., & Duizer, L. (2013). Extraction of consumer texture preferences for yogurt: Comparison of the preferred attribute elicitation method to conventional profiling. *Food Quality and Preference*, 27(2), 215-222. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.02.017>
- Guimarães, J. T., Silva, E. K., Arruda, H. S., Freitas, M. Q., Pastore, G. M., Meireles, M. A. A., & Cruz, A. G. (2020). How does the degree of inulin polymerization affect the bioaccessibility of bioactive compounds from soursop whey beverage during in vitro gastrointestinal digestion? *Food Hydrocolloids*, 101, 105511. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105511>
- Guimarães, J. T., Silva, E. K., Ranadheera, C. S., Moraes, J., Raices, R. S. L., Silva, M. C., . . . Cruz, A. G. (2019). Effect of high-intensity ultrasound on the nutritional profile and volatile compounds of a prebiotic soursop whey beverage. *Ultrasonics Sonochemistry*, 55, 157-164. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.02.025>
- Guedes-Oliveira, J. M., Salgado, R. L., Costa-Lima, B. R., Guedes-Oliveira, J., & Conte-Junior, C. A. (2016). Washed cashew apple fiber (*Anacardium occidentale* L.) as fat replacer in chicken patties. *LWT-Food Science and Technology*, 71, 268-273. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.04.005>
- Hung, Y., de Kok, T. M., & Verbeke, W. (2016). Consumer attitude and purchase intention towards processed meat products with natural compounds and a reduced

- level of nitrite. *Meat Science*, 121, 119-126. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.06.002>
- IAL (1985). Instituto Adolfo Lutz. *Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz* (v.1, pp.533). São Paulo: IAL.
- Ibrahim, H. M. (2015). Green synthesis and characterization of silver nanoparticles using banana peel extract and their antimicrobial activity against representative microorganisms. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 8(3), 265-275. <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2015.01.007>
- IOM (1997). *Institute of Medicine*. Dietary reference intakes for calcium, phosphorus, magnesium, vitamin D, and fluoride. Food and Nutrition Board. National Academy of Sciences. Washington, DC: The National Academy Press.
- IOM (2001). *Institute of Medicine*. Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. Food and Nutrition Board. National Academy of Sciences. Washington, DC: The National Academies Press.
- IOM (2005). *Institute of Medicine*. Dietary reference intakes for water, potassium, sodium, chloride, and sulfate. Food and Nutrition Board. National Academy of Sciences. Washington, DC: The National Academy Press.
- Izidoro, D. R., Scheer, A. P., Sierakowski, M. R., & Haminiuk, C. W. (2008). Influence of green banana pulp on the rheological behaviour and chemical characteristics of emulsions (mayonnaises). *LWT-Food Science and Technology*, 41(6), 1018-1028. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.07.009>
- Júnior, M. M., de Oliveira, T. P., Gonçalves, O. H., Leimann, F. V., Marques, L. L. M., Fuchs, R. H. B., ... & Droval, A. A. (2019). Substitution of synthetic antioxidant by curcumin microcrystals in mortadella formulations. *Food Chemistry*, 300, 125231. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125231>
- Kamruzzaman, M., Makino, Y., & Oshita, S. (2016). Hyperspectral imaging for real-time monitoring of water holding capacity in red meat. *LWT-Food Science and Technology*, 66, 685-691. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.11.021>
- Kusuma, S. A. F., Soraya, R. M., Indah, F., & Resmi, M. (2017). Study on the antibacterial activity of fruit extracts of Klutuk Banana (*Musa balbisianacolla*) against Shigelladysenteriae ATCC 13313. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 10(7), 220-3. <https://doi.org/10.22159/ajpcr.2017.v10i7.18561>
- Mordi, R. C., Fadiaro, A. E., Owoeye, T. F., Olanrewaju, I. O., Uzoamaka, G. C., & Olorunshola, S. J. (2016). Identification by GC-MS of the components of oils of banana peels extract, phytochemical and antimicrobial analyses. *Research Journal of Phytochemistry*, 10(1), 39-44. <http://eprints.covenantuniversity.edu.ng/id/eprint/5643>
- Muggah, E. M., & McSweeney, M. B. (2017). Using preferred attribute elicitation to determine how males and females evaluate beer. *Journal of Food Science*, 82(8), 1916-1923. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13799>
- Nikmaram, N., Budaraju, S., Barba, F. J., Lorenzo, J. M., Cox, R. B., Mallikarjunan, K., & Roohinejad, S. (2018). Application of plant extracts to improve the shelf-life, nutritional and health-related properties of ready-to-eat meat products. *Meat Science*, 145, 245-255. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.06.031>
- Oswell, N. J., Thippareddi, H., & Pegg, R. B. (2018). Practical use of natural antioxidants in meat products in the US: A review. *Meat Science*, 145, 469-479. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.07.020>
- Ovando-Martinez, M., Sáyago-Ayerdi, S., Agama-Acevedo, E., Goñi, I., & Bello-Pérez, L. A. (2009). Unripe banana flour as an ingredient to increase

- the undigestible carbohydrates of pasta. *Food Chemistry*, 113(1), 121-126. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.07.035>
- Pérez-Andrés, J. M., Álvarez, C., Cullen, P. J., & Tiwari, B. K. (2019). Effect of cold plasma on the techno-functional properties of animal protein food ingredients. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 58, 102205. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102205>
- Peris-Felipo, F. J., Benavent-Gil, Y., & Hernández-Apaolaza, L. (2020). Silicon beneficial effects on yield, fruit quality and shelf-life of strawberries grown in different culture substrates under different iron status. *Plant Physiology and Biochemistry*, 152, 23-31. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.04.026>
- Pico, J., Xu, K., Guo, M., Mohamedshah, Z., Ferruzzi, M. G., & Martinez, M. M. (2019). Manufacturing the ultimate green banana flour: impact of drying and extrusion on phenolic profile and starch bioaccessibility. *Food Chemistry*, 297, 124990. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.124990>
- Pires, M. A., dos Santos, I. R., Barros, J. C., & Trindade, M. A. (2019). Effect of replacing pork backfat with Echium oil on technological and sensory characteristics of bologna sausages with reduced sodium content. *LWT-Food Science and Technology*, 109, 47-54. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.04.009>
- Popoola, I. O., Bruce, H. L., McMullen, L. M. & Wismer, W. V. (2019). Consumer Sensory Comparisons Among Beef, Horse, Elk, and Bison Using Preferred Attributes Elicitation and Check-All-That-Apply Methods. *Journal of food science*, 84 (10), 3009-3017. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14780>
- Ranieri, L. M., & Delani, T. C. D. O. (2014). Banana verde (*Musa* spp): obtenção da biomassa e ações fisiológicas do amido resistente. *Revista UNINGÁ Review*, 20(3). <http://34.233.57.254/index.php/uningareviews/article/view/1602>
- Riquette, R. F. R., Ginani, V. C., dos Santos Leandro, E., de Alencar, E. R., Maldonade, I. R., de Aguiar, L. A., ... & Zandonadi, R. P. (2019). Do production and storage affect the quality of green banana biomass? *LWT-Food Science and Technology*, 111, 190-203. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.04.094>
- Rodrigues, A. S., Kubota, E. H., da Silva, C. G., dos Santos Alves, J., Hautrive, T. P., Rodrigues, G. S., & Campagnol, P. C. B. (2020). Banana inflorescences: A cheap raw material with great potential to be used as a natural antioxidant in meat products. *Meat Science*, 161, 107991. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107991>
- Rufino, M. S. M., Alves, R. E., de Brito, E. S., Pérez-Jiménez, J., Saura-Calixto, F., & Mancini-Filho, J. (2010). Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, 121(4), 996-1002. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.037>
- Saldaña, E., de Oliveira Garcia, A., Selani, M. M., Hagiwara, M. M., de Almeida, M. A., Siche, R., & Contreras-Castillo, C. J. (2018). A sensometric approach to the development of mortadella with healthier fats. *Meat Science*, 137, 176-190. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.11.027>
- Salih, Z. A., Siddeeg, A., Taha, R. T., Bushra, M., Ammar, A. F., & Ali, A. O. (2017). Physicochemical and Functional Properties of Pulp and Peel Flour of Dried Green and Ripe Banana (Cavendish). *International Journal of Research in Agricultural Sciences*, 4(6), 2348-3997. <http://repo.uofg.edu.sd/handle/123456789/2000>
- Santos, B. A., Pollonio, M. A. R., Cruz, A. G., Messias, V. C., Monteiro, R. A., Oliveira, T. L. C., ... & Bolini, H. M. A. (2013). Ultra-flash profile and projective mapping

- for describing sensory attributes of prebiotic mortadellas. *Food Research International*, 54(2), 1705-1711. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.09.022>
- Santos, M., Ozaki, M. M., Ribeiro, W. O., de Souza Paglarini, C., Vidal, V. A. S., Campagnol, P. C. B., & Pollonio, M. A. R. (2020). Emulsion gels based on pork skin and dietary fibers as animal fat replacers in meat emulsions: An adding value strategy to byproducts. *LWT-Food Science and Technology*, 120, 108895. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108895>
- Soares, E. K., Silva, R., da Silva, W. P., Kuriya, S. P., Maçaira, P. M., Cyrino Oliveira, F. L., ... & Esmerino, E. A. (2019). An intra-cultural investigation in Brazil using Coalho cheese and preferred attribute elicitation. *Journal of Sensory Studies*, 35(1), e12543. <https://doi.org/10.1111/joss.12543>
- Strohecker, R., & Henning, H. M. (1967). *Análisis de vitaminas, métodos comprobados*. Madrid: Paz Montalvo (pp.428).
- Swain, T., & Hillis, W. E. (1959). The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I. The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 10(1), 63-68. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740100110>
- Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., & Byrne, D. H. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of food composition and analysis*, 19(6-7), 669-675. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.01.003>
- Tomas, M., Beekwilder, J., Hall, R. D., Diez Simon, C., Sagdic, O., & Capanoglu, E. (2018). Effect of dietary fiber (inulin) addition on phenolics and in vitro bioaccessibility of tomato sauce. *Food research international*, 106, 129-135. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.050>
- Varvara, M., Bozzo, G., Celano, G., Disanto, C., Pagliarone, C. N., & Celano, G. V. (2016). The use of ascorbic acid as a food additive: Technical-legal issues. *Italian Journal of Food Safety*, 5(1). <https://doi.org/10.4081/ijfs.2016.4313>
- Von Loesecke, H. (1950). *Bananas* (2nd ed). New York: Inter Science.
- Yap, M., Fernando, W. M., Brennan, C. S., Jayasena, V., & Coorey, R. (2017). The effects of banana ripeness on quality indices for puree production. *LWT Food Science and Technology*, 80, 10-18. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.01.073>
- Youryon, P., & Supapvanich, S. (2017). Physicochemical quality and antioxidant changes in 'LebMueNang' banana fruit during ripening. *Agriculture and Natural Resources*, 51(1), 47-52. <https://doi.org/10.1016/j.anres.2015.12.004>
- Zhang, W., Xiao, S., Samaraweera, H., Lee, E. J., & Ahn, D. U. (2010). Improving functional value of meat products. *Meat Science*, 86(1), 15-31. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.018>

APÊNDICE II

Correlation between nuclear magnetic resonance and traditional method to evaluate the lipid oxidation of emulsified chicken meat products with fat replacement by green banana biomass

Running title: Assessing lipid oxidation in light mortadella

Bruna Emygdio Auriema^a, Juarez Vicente^{a*}; Mario Geraldo de Carvalho^b; Rosane Nora Castro^b; Rosa Helena Luchese^a; Simone Pereira Mathias^a.

^aPrograma de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA), Universidade Federal Rural de Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica/RJ, 23897-000, Brasil.

^bPrograma de Pós-Graduação em Química (PPGQ), Instituto de Química-IQ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica/RJ, 23897-000, Brasil.

***Corresponding author**

Bruna Emygdio Auriema

E-mail: bruna_bea@yahoo.com.br

Reference

Auriema, B. E., Vicente, J., de Carvalho, M. G., Castro, R. N., Luchese, R. H., & Mathias, S. P. Correlation between nuclear magnetic resonance and traditional method to evaluate the lipid oxidation of emulsified chicken meat products with fat replacement by green banana biomass. *Journal of Food Processing and Preservation*, e15277. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15277>

Abstract

This study aimed to compare the methods of nuclear magnetic resonance (NMR) and thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) on the lipid oxidation of chicken mortadella with substitution (0, 25, 50, 75 and 100%) of chicken skin by green banana biomass (GBB) for 90 days of storage. The NMR method was correlated with the Fourier transform (FT-IR), medium-infrared spectroscopy, flame ionization gas chromatography (GC-FID) and physical-chemical parameters. During 90 days of storage, TBARS values ranged from 2.16 to 2.56 mg.kg⁻¹. NMR showed appearance of allylic protons and there was an increase of the *trans* fatty acids content over 90 days in relation to the first day of storage with the decrease of GBB concentration. The lipid content was highly correlated with allylic protons and *trans* fatty acids content (R^2 values ranged from 0.952 to 0.965), revealing that NMR is an efficient methodology with high precision for determination of lipid oxidation.

Practical applications

Lipid oxidation is one of the main problems found in the processing and storage of emulsified meats, once these products present a high fat content. In this context, the present study suggested the use of green banana biomass as fat replacement in chicken mortadella, and the results showed a reduction in the total fat content as well as a lower concentration of *trans* fatty acids. In addition, this work presented understanding regarding the NMR method as the most indicated method in relation to the usual method, TBARS, to evaluate lipid oxidation during 90 days of storage.

1. Introduction

The lipid oxidation of meat and meat products is considered a limiting factor to establish the commercial expiration date and acceptance of the products (Grotta et al., 2016). Processed meat products contain a high fat content, which increases susceptibility to lipid oxidation due to the presence of unsaturated fatty acids, metal catalysts and a variety of oxidizing agents in muscle tissue that contribute to lipid oxidation (Falowo, Fayemi & Muchenje, 2014). The main causes that influence the lipid oxidation of these products occur from the processing to the preservation stages. Examples of such occurrences are grinding, crushing, heat treatment, freezing, additives (salt, nitrate and spices), irradiation, high pressure, packaging, as well as exposure to light and oxygen (Falowo, Fayemi & Muchenje, 2014; Mariutti & Bragagnolo, 2009). Changes in some parameters such as taste, color, texture, and aroma are indicative of lipid oxidation, in addition to the formation of toxic compounds and loss of nutrients (Mariutti & Bragagnolo, 2009).

Lipid oxidation begins with the reaction of molecular oxygen with unsaturated fatty acids, where the hydrogen of the carbons adjacent to the double bonds is abstracted, leading to the formation of alkyl radicals species, which are triggered by energetic activation, such as heat, light, and ionizing radiation, which induce the production of *trans* fatty acids (Brito, Villavicencio, Mancini-Filho, 2002) and carbonyl compounds (aldehydes, ketones, oxygenated acids), alcohols, epoxides, dimers, polymers and others (Vandemoortele & Meulenaer, 2019). These compounds are responsible for the oxidative rancidity of deteriorating foods, impairing their quality (Sainsbury, Grypa, Ellingworth, Duodu & Kock, 2016).

There are several methods to assess the degree of lipid oxidation in meat and meat products, the most common being the quantification of the thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), considered a simple and fast method (Zhang et al., 2019). The principle of this method is to quantify the malonaldehyde compound (MDA), which is a secondary product of lipid oxidation (Jung, Nam & Jo, 2016). The test consists of the reaction of two TBA molecules with one MDA molecule in an acidic medium, forming a pink chromogenic compound detected in the absorbance of 532 nm (Vyncke, 1970). However, this method has been reported to be of low reliability because, in addition to MDA reacting with TBA, other components such as phenolic and carbonyl compounds, proteins, sugar, and additives can also react with TBA, forming a pink complex, therefore leading to overestimated results (Vandemoortele & Meulenaer, 2019; Ganhão, Estévez, & Morcuende, 2011; Bertolín & Blanco, 2019; Jung, Nam & Jo, 2016).

There are more reliable methods to measure lipid oxidation, such as proton nuclear magnetic resonance (¹H NMR), which consists in the identification and quantification of compounds formed from lipid oxidation (Vicente et al., 2017). NMR has advantages such as high analytical reproducibility, easy identification of molecular portions and direct quantitative information, since it requires only an extraction of the oil fraction (Li, Vosegaard & Guo, 2017). Another method is Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), which aims to identify functional groups such as peroxides, hydroxyl, fatty acid carbonyl, and others (Cunha et al., 2018). Gas chromatography (GC) has also been used to quantify fatty acids formed in lipid oxidative processes, generally being used as a complementary analysis (Martínez-Yusta, Goicoechea & Guillén, 2014).

In this context, the objective of this work was to investigate the potential ¹H and ¹³C NMR method to monitor the lipid oxidation of chicken mortadella with total and partial replacement of the fat by green banana biomass (GBB) during storage, and correlate it with TBARS, FT-IT, and CG-FID evaluations, as well as investigating changes in color stability and pH of mortadella during storage. It is expected to propose

the use of the NMR method to assess the degree of lipid oxidation in foods, as well as to identify oxidation compounds formed that are not detected by conventional methods.

2. Material and methods

2.1. Formulation and processing of chicken mortadellas

The mortadellas were prepared at the Meat processing plant at the Department of Food Sciences and Technology of the Federal Rural University of Rio de Janeiro (DTA/UFRRJ), Brazil.

Five different formulations of chicken mortadella were manufactured, with two replicates made for each formulation: FC (without fat reduction and without addition of GBB); F1 (25% fat reduction and addition of 5.75% GBB); F2 (50% fat reduction and addition of 11.5% GBB); F3 (75% fat reduction and addition of 17.25% GBB) and F4 (100% fat reduction and addition of 23.0% GBB).

Chicken mortadellas were prepared by grinding the chilled chicken breasts (21.57%) at 0 °C in a meat mincer (Becker Go, MBI-10, Brazil). It was then taken to the cutter, along with ice (15%). At the beginning of the chopping, mechanically deboned chicken meat (MDCM) (30%) was added. After homogenizing the dough, the remaining ingredients were added: chicken skin, 23% (FC), 17.25 % (F1), 11.5% (F2), 5.75% (F3) and 0% (F4) and salt (0.30%), keeping comminution for thirty seconds. Then, GBB was added (only for formulations F1, F2, F3 and F4), as well as curing salt (sodium nitrite/nitrate) (0.13%), sodium erythorbate (0.30%), carrageen (1.0%), isolated soy protein (4%), mortadella seasoning (0.30%), flavor enhancer (0.40%), sugar (0.20%), cassava starch (3.5%) and sodium polyphosphate (0.30%). After the comminution, the raw emulsions were encased (400 g portions) in 90mm caliber artificial polyamide casing. After stuffing, the mortadellas were cooked in water bath (Servinox, AISI 304, Brazil) according to the following schedule: 45 °C/30 min, 55 °C/30 min, 65 °C/30 min, 75 °C/30 min and 85 °C until the internal temperature of the mortadellas reached 72°C. The mortadellas were stored at 4 °C and evaluated every 30 days up to 90 days.

2.2. Centesimal composition and pH

The moisture (925.45), ash (923.03), protein (960.52), fat content (963.15), carbohydrate (923.09), fibers (991.43) and pH (981.12) of chicken mortadellas and green banana biomass (GBB) were measured according to the Association of Official Analytical Chemists method (AOAC, 2019). All the analyses described were performed in triplicate.

2.3. Instrumental color analysis

The instrumental color analysis was performed with a HunterLab colorimeter (Miniscan EZ, USA). The results were expressed in the CIELAB system, with L* (luminosity), a* (red-green component), b* (yellow-blue component), C* (saturation indexes) and h* (hue angle). The color measurements were performed on the sliced mortadella taking ten different points of readings per sample. The total colorimetric difference (ΔE) was evaluated using the Eq. (1).

$$\Delta E = [(L^*t_0 - L^*t)^2 + (a^*t_0 - a^*t)^2 + (b^*t_0 - b^*t)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

Where t_o indicates the stored mortadella (1 day) after the processing and t indicates the time of 30, 60 and 90 days of storage at 4 °C.

2.4. Experimental design for lipid oxidation evaluation

Lipid oxidation of chicken mortadellas was assessed at the first, 30th, 60th, and 90th days of storage at 4 °C after the preparation of chicken mortadella.

2.4.1. Analysis of TBARS

The thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) were evaluated following the method proposed by Vyncke (1970) in which 5 g of sample, previously crushed, were homogenized with 50 mL of 7.5% trichloroacetic acid (TCA). The solution was then filtered on qualitative filter paper. A 5 mL aliquot of the filtrate was added to 5 mL of 0.02 M TBA in glass tubes with lids and taken to water bath (100 °C) for 15 minutes. After heating, the tubes were cooled in an ice bath, and the samples read at $\lambda = 532$ nm. The result was expressed in mg of malonaldehyde (MDA) present in 1 kg of the sample (mg MDA.kg⁻¹) and quantified by a standard curve of 1,1,3,3-tetraethoxypropane (TEP). The analyses were performed in triplicate.

2.4.2. Lipid extraction for NMR analysis

The lipid extraction was performed according to the Bligh and Dyer (1959) method. Approximately 10 g of chicken mortadella was dissolved in 10 mL of CHCl₃, 20 mL MeOH and 3 mL of H₂O. The sample was filtrated in qualitative filter paper and transferred to a separatory funnel. The residue was washed with 10 mL CHCl₃, and 10 mL of H₂O were added directly into the separatory funnel to facilitate the phase separation. The lower phase (lipid and chloroform) was collected and filtered over anhydrous Na₂SO₄. Then, the solvent was evaporated under N₂. The extracted lipid was utilized for NMR analysis.

¹H and ¹³C NMR spectra analysis

The ¹H and ¹³C NMR analyses were performed on a Bruker apparatus (DRX-500, Germany) operating at 500 MHz for ¹H and 125 MHz for ¹³C. The lipids were solubilized in deuterated chloroform (CDCl₃) with tetramethylsilane (TMS) as the reference. The mixture was introduced into a tube with 5 mm of diameter and the experiments were conducted at 25°C. The NMR spectra were processed using the TopSpin 4.0.7/NMR Bruker BioSpin, 2019.

2.4.3. *Trans* fatty acids analysis by GC–FID

The analysis of *trans* fatty acids of FC, F1, F2, F3, and F4 (time 1 and 90 days) consisted of three steps: (i) lipid extraction, (ii) fatty acids methyl esters formation, and (iii) GC analysis.

First, the lipid phase was extracted with approximately 5 g of freeze-dried sample that was macerated (with grail and pistil) and solubilized with 5 mL of CHCl₃. Then the chloroform extracts were filtered, and the solvent was evaporated in a rotary evaporator under vacuum.

The fatty acids methyl esters (ME) were prepared according to the method proposed by Bannon et al. (1982). Approximately 50 mg of lipid extracted were weighed and added to 500 μL of NaOCH_3 in a methanolic solution (30%, w/v) and 500 μL of hexane. Then, the mixture was subjected to sonication with a nominal frequency of approximately 40 kHz, for 10 min. After filtration, the obtained ME was dried under N_2 .

The *trans* fatty acids analyses were performed using a Hewlett Packard HP 5890 – Series II, (Palo Alto, CA, USA) gas chromatograph, equipped with a flame ionization detector (GC–FID) and a BPX70-ms (Thermo Scientific, Waltham, MA, USA) capillary column (30 m x0.25mm x0.25 μm) composed of 70% cyanopropyl poly phenylene-siloxane. The initial temperature was 150 $^\circ\text{C}/\text{min}$, which increased by 5 $^\circ\text{C}/\text{min}$ up to 240 $^\circ\text{C}$ and was held constant for 30 min. The injector temperature was 240 $^\circ\text{C}$ and the detector temperature was 280 $^\circ\text{C}$, with a split ratio of 1:30. The carrier gas used was He at 1 mL/min, at a pressure of 11 psi, as done by Vicente et al. (2015).

2.4.4 Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR)

The samples of mortadella were collected at the first and 90th day of storage and freeze dried. The FT-IR spectra of the chicken mortadellas were obtained on a Bruker FT-IR spectrometer (Vertex 70, Germany) using KBr pellets and a range of 4000 to 500 cm^{-1} .

2.5. Statistical analysis

The data from the analysis of pH, TBARS, instrumental color and colorimetric difference were analyzed by the software Statistica 7.0 (StatSoft), submitted to unidirectional analysis of variance (ANOVA), and the Tukey means test was used to determine the differences between the mean values for the different formulations in each storage time, at the level of 5% significance. The results are expressed as average and standard deviation of the means. Correlation coefficients were calculated from the results obtained by ^1H NMR, TBARS, instrumental color, lipid content, moisture and pH through the Pearson correlation coefficient Eq. (2) (Moore, 2007).

$$r = \frac{1}{n-1} \sum \left(\frac{x_i - \bar{X}}{s_x} \right) \left(\frac{y_i - \bar{Y}}{s_y} \right) \quad (2)$$

where r is the Pearson correlation coefficient, n is the number of repetitions, $s_{x,y}$ is the standard deviation of variables x, y ; x_i is the observation value I of variable x ; y_i is the observation value I of variable y ; \bar{X} is the average value of variable x and \bar{Y} is the average value of variable y .

3. Results and discussion

3.1. Centesimal composition and pH

Centesimal composition of GBB was 78.6% (± 0.20) of moisture, 0.94% (± 0.04) of protein, 0.40% (± 0.03) of fat content 15.90% (± 0.20) of carbohydrate and 4.16% (± 0.20) of fibers. Regarding the chicken mortadellas, there was a significant ($p < 0.05$) increase in moisture (64.13, 64.90, 65.78, 67.81 and 69.52%), and a lipid content decrease (15.29, 13.85, 10.88, 9.05, 6.45%) with the increase of GBB concentration. It was observed that a 50% chicken skin replacement by GBB led to a significant increase in the moisture, reaching the biggest content in the F4 (fat replacement of 100% by

GBB); this can be explained by the high moisture content of GBB (78.6%). When compared to FC, the lipid content of F1, F2, F3, and F4 was reduced by 9.4, 28.8, 40.8, and 57.8% respectively. The protein content ranged from 10.4 to 10.8% and did not differ significantly ($p>0.05$) among all the formulations. The ash content did not differ significantly ($p>0.05$) between FC, F1, F2, and F3, however it was higher for F4, which contained the biggest GBB concentration. The carbohydrate content was higher for F2 (10.40%), F3 (9.98%), and F4 (10.65%) and did not differ significantly ($p>0.05$) between them. As expected, the lowest contents were for FC (7.34%) and F1 (8.15%) which did not differ significantly ($p>0.05$).

The pH values of chicken mortadella ranged from 6.67 to 6.85 and did not show significant differences over 90 days of storage (Figure 1a). These results show that the pH of all chicken mortadellas formulations remained constant during the storage times evaluated, which may be due to the buffering capacity of sodium polyphosphate present in the formulations (Petracci, Bianchi, Mudalal & Cavani, 2013). Moreover, the pH of meat products is considered an important indicator of quality, and the pH values observed in this study can be considered within the quality standard of mortadella (Cenci et al., 2018).

3.2. TBARS assays

The effect of chicken skin replacement by GBB on lipid oxidation of chicken mortadellas during the storage is shown in Fig. 1b. Lower TBARS values (1.21 and 1.19 mg.kg^{-1}) were detected at the first day of storage, for FC and F1 respectively, and did not differ ($p>0.05$) from F2, while a higher value of TBARS was found in F3 (1.51 mg.kg^{-1}), however it did not differ ($p>0.05$) from F4. After 30 days of storage, the same behavior was observed, where FC and F1 maintained lower TBARS values ($p<0.05$) in relation to F3 and F4, which did not differ ($p>0.05$). At 60 days of storage, F1 had the lowest TBARS value (1.79 mg.kg^{-1}) followed by FC and F2 (2.16 and 2.14 mg.kg^{-1} , respectively), with no significant differences ($p>0.05$) among them. The F3 and F4 presented higher values (2.64 and 2.75 mg.kg^{-1}) but did not differ ($p>0.05$) from each other. At the end of storage time (90 days), no differences ($p>0.05$) were found among all formulations. During the 90 days of storage, it was observed that F3 showed a 62% increase in lipid oxidation compared to the first day of storage. From the first to the 90th day of storage the formulations FC, F1, F2, and F4, showed an increase of 85, 81, 89 and 80% in lipid oxidation, respectively. The chicken skin replacement by GBB at concentrations of 75 and 100% in chicken mortadella contributed to lipid oxidation during the first, 30th and 60th days of storage. However, at the end of 90 days, all formulations with GBB additions showed no statistically significant difference ($p<0.05$) of TBARS values when compared to FC. The chicken mortadella with 75% skin substitution by GBB presented lower oxidation index at the end of storage (90 days).

The limit to the TBARS values for consumer sensory acceptance has been reported by some researchers to be 2.0 mg.kg^{-1} in beef (Hughes, McPhail, Kearney, Clarke & Warner, 2015), but Zhang et al. (2019) reported that there was no sensory perception of rancidity in beef with TBARS values between 2.5 to 10.0 mg.kg^{-1} . Therefore, these values cannot be considered thresholds for TBARS values in this study, as processed meat products may have interference of the ingredients which are added to the formulations to mask the rancid taste.

The TBARS values, although widely used to measure the level of secondary lipid oxidation compounds in meat products, may interact with other components such as phenolic compounds present in banana biomass, water-soluble proteins, sugars and

additives leading to overestimation (Bertolín et al. 2019; Ganhão et al. 2011; Jung et al., 2016; Vandemoortele & Meulenaer, 2019).

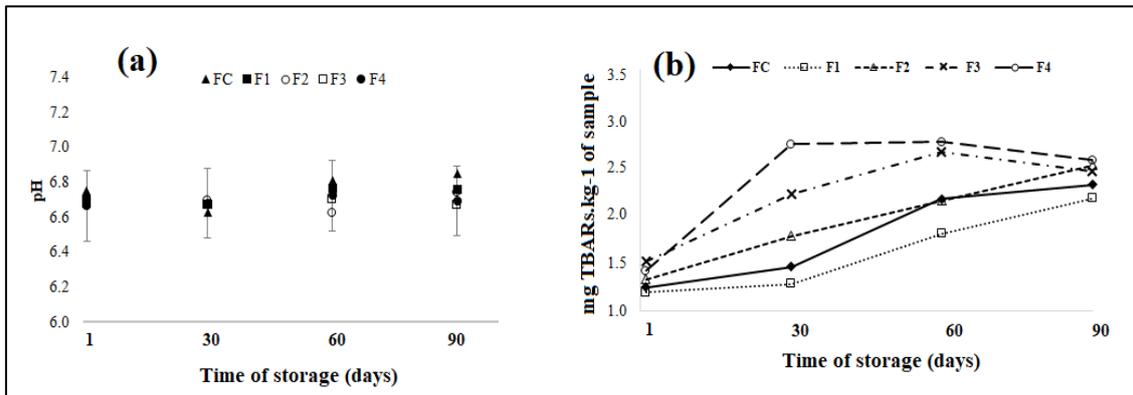


Figure 1-(a) pH and (b) TBARS values of FC, F1, F2, F3 and F4 during refrigerate storage for 90 days.

3.3. Instrumental color analysis

Changes in color L^* , a^* , b^* , C^* , h^* and ΔE values of the samples along storage are shown in Figure 2 (a-f). The L^* , a^* , b^* and C^* values decreased as fat was reduced by GBB substitution, with the highest values ($p < 0.05$) for FC and lowest values ($p < 0.05$) for F4. Regarding the chromatic hue (h^*), FC presented the highest value ($p < 0.05$), F3 the lowest ($p < 0.05$), and F3 did not differ ($p > 0.05$) from F4 at the first day of storage and from F2 after the 90th day. It was observed that fat replacement (partial and total) by GBB resulted in darker mortadella, which is possibly due to the GBB intrinsic color. These results corroborate with some studies that observed decrease of L^* and a^* when replacing fat with green banana biomass gel in Bologna sausages (Alves et al., 2016) and decrease of L^* and b^* by adding GBB in beef burger (Bastos et al., 2014).

During the storage time, between the first and 90th day, the L^* value increased for F1, F2, F3, and F4, while FC showed no significant difference ($p > 0.05$). The decrease in L^* value during meat products storage may be related to lipid oxidation, indicating malonaldehyde formation (Zakaria & Sarbon, 2018). However, in formulations with GBB it was the opposite, and for some authors the increase of L^* is correlated to the ability to retain water in meat emulsions (Arilezaru et al., 2019).

From the first to the 90th day of storage, the a^* value decreased for FC and F1 while it increased for F3, and no significant difference ($p > 0.05$) was observed for F2 and F4. The parameter a^* is related to the pink coloration of emulsified meat products, formed by the reaction of nitrite with myoglobin, which during cooking causes formation of the nitrosohemochrome compound, responsible for the pink coloration and color stability during storage. The reduction in a^* value of FC and F1 samples during storage may be due to lipid oxidation reactions, in which there is the formation of the metmyoglobin compound, which tends to an opaque brown color (Alirezalu et al. 2019).

The b^* , C^* and h^* parameters of FC remained constant along storage, while in the other formulations (F1, F2, F3, and F4) an increase ($p < 0.05$) was observed at 90 days of storage, except for the value of C^* , that decreased in F1. The b^* parameter indicates yellow staining, and during storage of meat products the reduction in yellow staining may be caused by meat pigment oxidation as well as by lipid oxidation (Lee et al., 2018). However, the formulations showed no decrease in b^* values during storage, and although

the formulations containing GBB had higher b^* values than FC, there was no indication of color-related lipid oxidation.

The colorimetric difference (ΔE) of the mortadella formulations (Fig. 2f) after 30 days of storage ranged from 0.44 to 0.60 and showed no significant difference ($p > 0.05$) between them. At 60 days of storage, the color difference in relation to FC was greater ($p < 0.05$) for F3 (0.90) and smaller ($p < 0.05$) for F4 (0.62). At the end of storage time, at 90 days, FC presented the lowest ($p < 0.05$) value (0.67), yet not differing ($p > 0.05$) from F2 (0.84). F3 presented the highest ($p < 0.05$) value (1.24) of colorimetric difference. According to Mokrzycki and Tatol (2012), the colorimetric difference is considered noticeable to the observer's eye as follows: $0 < \Delta E < 1$: no difference is observed; $1 < \Delta E < 2$: only a trained observer can observe the difference; $2 < \Delta E < 3.5$: untrained observer can observe the difference; $3.5 < \Delta E < 5$: the difference is clearly observed; $5 < \Delta E$: observer perceives two different colors. Based on this, only at 90 days of storage that F3 color difference could be noticed by a trained observer, while in the other formulations there was no perception of color changes in mortadella during storage. The substitution of 50% fat by GBB did not cause colorimetric difference ($p > 0.05$) from FC.

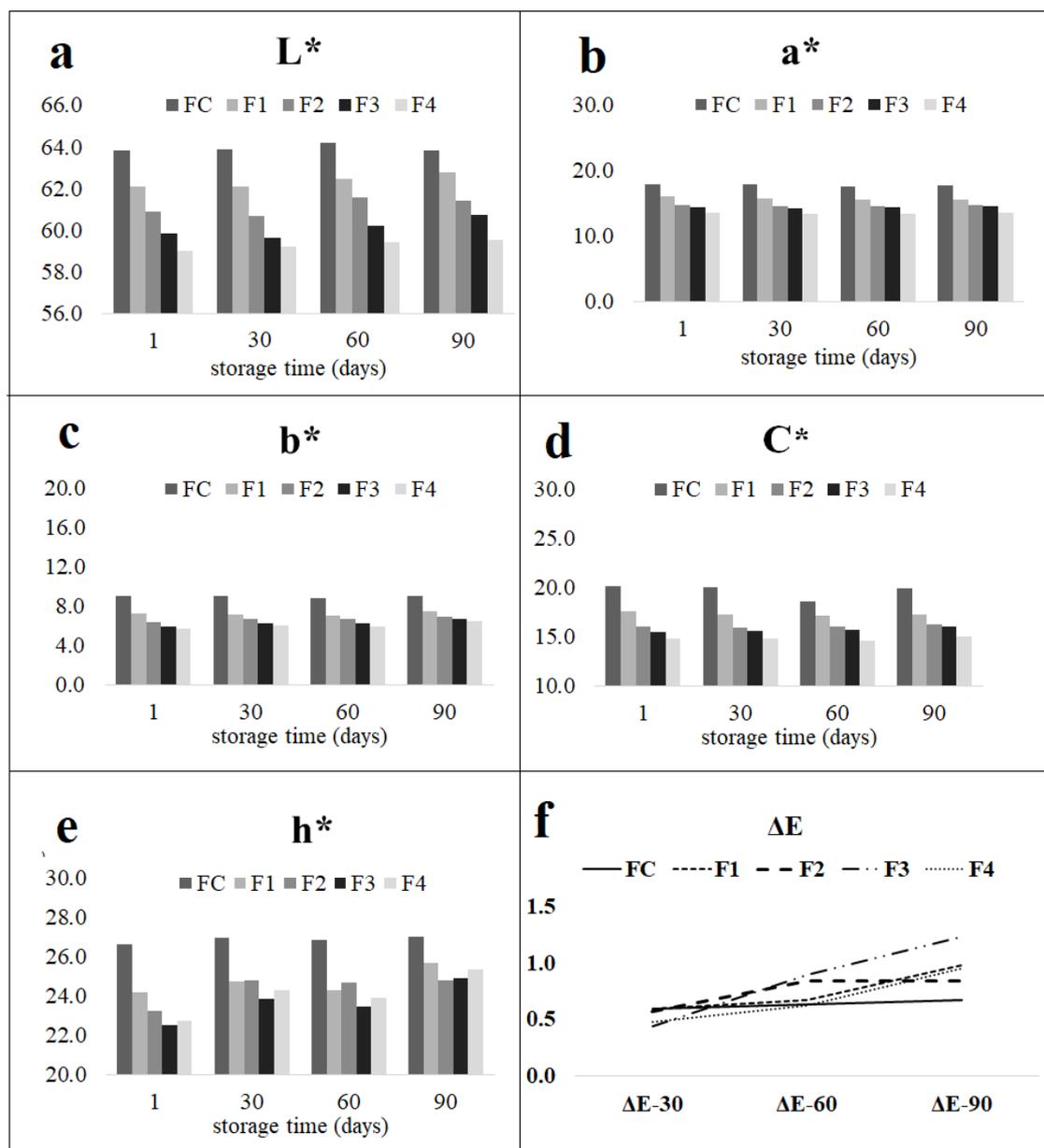


Figure 2- Changes in color (a) L*, (b) a*, (c) b*, (d) C* and (e) h* value and (f) colorimetric difference (ΔE) of FC, F1, F2, F3 and F4 during refrigerate storage for 90 days.

3.4. ^1H and ^{13}C NMR spectra analysis

The ^1H and ^{13}C NMR spectra did not reveal formation of oxidation compounds, except for the appearance of doubly allylic protons (only at 90 days). According to Martínez-Yusta et al. (2014), conjugated dienic systems can evolve to the formation of new products as primary oxidation compounds such as hydroxyl or hydroperoxides groups. On the other hand, no signals that could be correlated with oxygenated carbons were observed at all times in ^1H and ^{13}C NMR analysis.

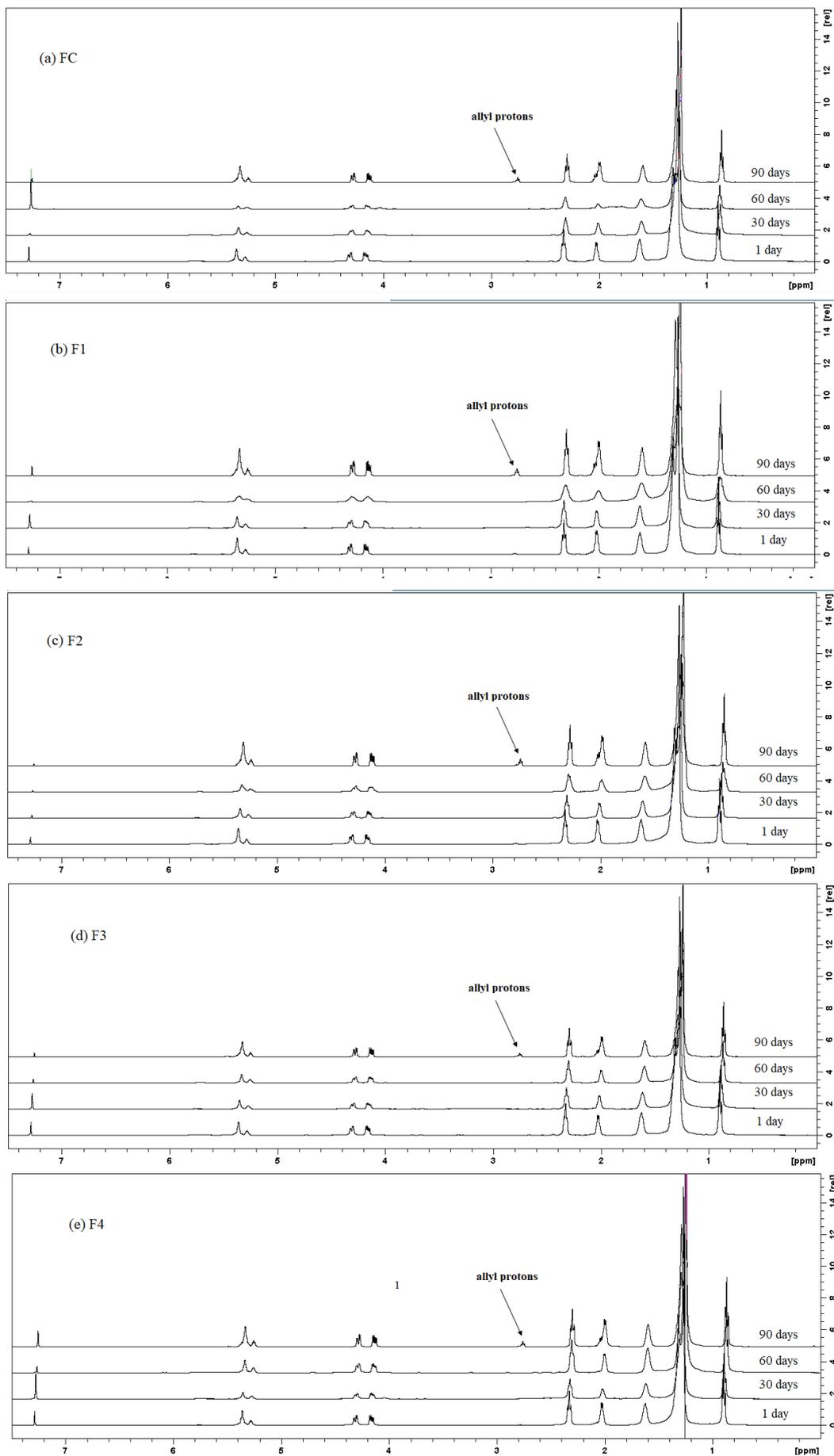
It is possible to observe (Fig. 3a-e) that, independent of the formulation used in the chicken mortadella compositions, there was a chemical shift signal in the range of δ_{H} 2.67-2.80 ppm (^1H NMR) and δ_{CH} 25.7 ppm (^{13}C NMR, DEPTQ) for doubly allylic

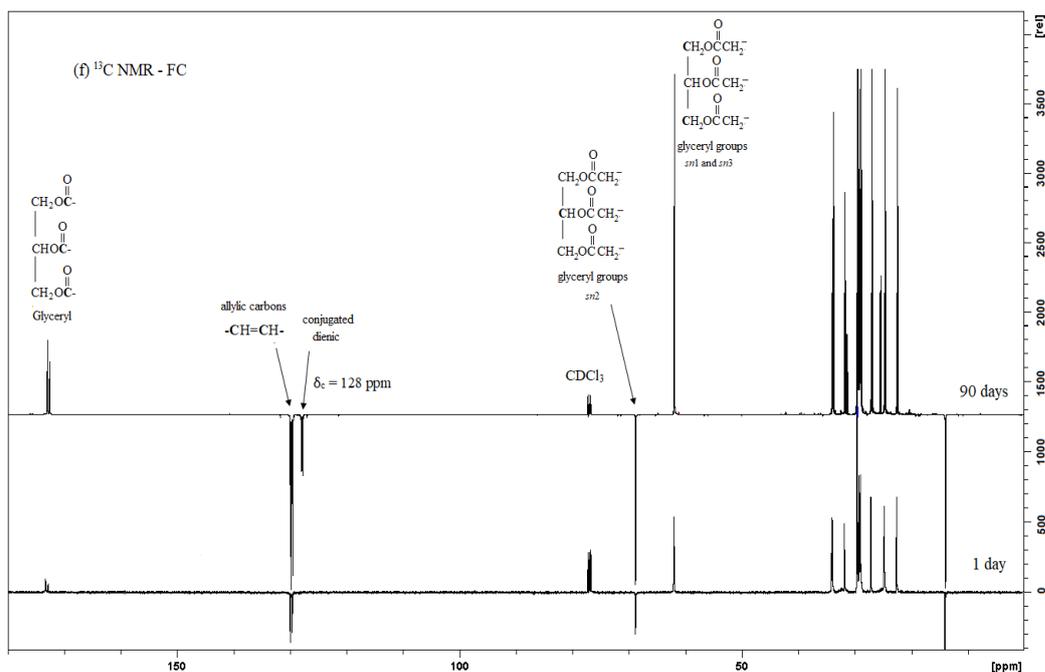
methylene group, only at the 90th day. Guillén and Uriarte (2012) mentioned that at this range, the signals are attributed to 4-oxo-alkanals, which is a compound derived from the degradation of unsaturated fatty acids such as oleic acid (C18:1n9) and linoleic acid (C18:2n6), which occurs in fried oils. But in our results, this cannot be considered because the ^{13}C NMR spectrum shows no signs of oxygenated carbons. Additional signal was observed at δ_{CH} 128.3 ppm. According to Segal et al. (2010), this chemical shift (δ_{CH} 128 ppm) can be attributed to olefinic carbons (-CH=CH-) containing the protons (multiplet) with δ_{H} 5.29 ppm, such as was observed (expanded spectra) in Figure 3f. On the other hand, we can add that this value is more suitable to conjugated double bonding system. This behavior reveals an increase in double allyl protons at the 90th day, which was observed by ^1H NMR (at 2.67-2.80 ppm) and ^{13}C NMR (at 25.7 ppm) indicating an initial lipid desaturation behavior. However, the δ_{CH} at 128.3 ppm along with the signal widening at δ_{H} 5.4 (m) allows us to suggest the formation of *trans* double in the desaturation process.

In accordance with this, it was observed the increase of the intensity of the signals of glyceryl groups, sn_1 and sn_3 (4.10 and 4.26 ppm to ^1H and at 62.1 ppm to ^{13}C) and in position sn_2 (5.22 ppm to ^1H and 68.9 ppm to ^{13}C) in NMR spectra, (Fig. 3a-e). It happens due to the evolution of primary oxidation compounds, which are arising from degradation of the acyl groups of food lipids, provoking the formation of new compounds. The species formed depend on their nature, and among them, some acyl chains supporting hydroperoxy (ROOH) or hydroxyl (ROH) groups have been found, as well as conjugated dienic systems or also isomerism (*Z*, *E* or *E*, *E*). It has been demonstrated that ROOH and ROH are formed at the propagation stage, and that they, in turn, generate free radicals; the formation of ROOH or ROH can occur simultaneously with the formation of conjugated double bonds (Martínez-Yusta et al. 2014).

It was possible to conclude that the decrease in height of allyl protons (δ_{H} 2.67-2.80 ppm) observed was related to the decrease in the skin chicken content (and consequently the total lipid content) in the mortadellas formulations (FC>F1>F2>F3>F4) at 90 days. Fig. 3g describes the decline equation of this height that can be attributed to dienic-conjugated (allyl protons) systems. This can then be attributed to the onset of the oxidation step, but prior to the formation of hydroxyls and peroxides.

The use of both ^1H or ^{13}C NMR to the evaluation of lipid oxidation has been done in several studies, especially in edible vegetal oils, such as oxidized sunflower oil (Nieva-Echevarría et al. 2017), extra virgin olive oil (Guillén & Uriarte, 2012) ozonized sesame oil (Segal et al, 2010), sacha inchi oil (Vicente et al, 2017) and animal fats such as pork meat products (Siciliano et al., 2013). Therefore, it is a sensitive, fast and efficient technique for the qualitative and quantitative determination of the oxidation stages, as it allows observing the behavior change of the chemical structures, the formed compounds, and the evolution of the oxidative steps.





(g) Allyl protons ($\delta_H = 2.67-2.80$ ppm)

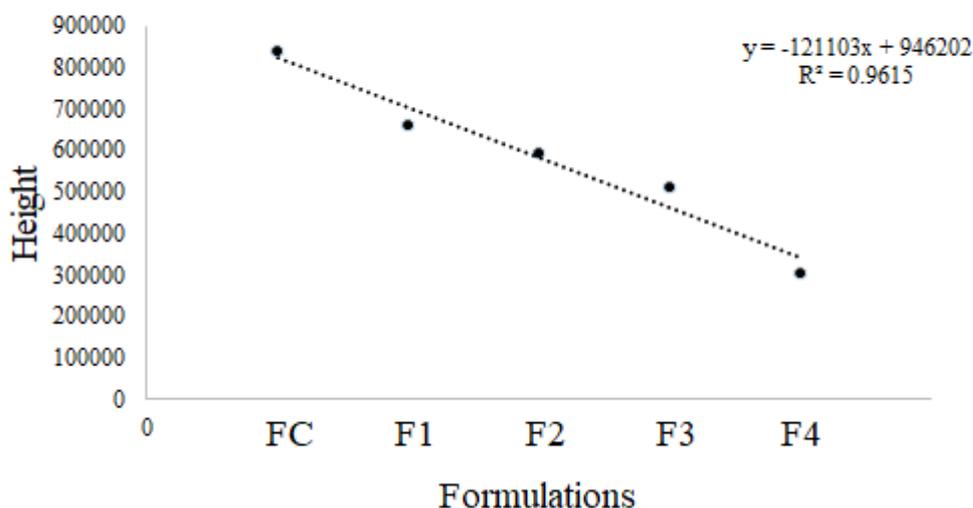


Figure 3-1H NMR spectra of (a) FC, (b) F1, (c) F2, (d) F3, (e) F4 from 0 to 90 days of storage and 13C NMR spectra (f) of FC at 1 and 90 days of storage, (g) decline of allyl protons ($\delta_H = 2.67-2.80$ ppm) to all formulations at 90 days of storage.

Continued

3.5. *Trans* fatty acids analysis by GC-FID

Figure 4 shows the results of *trans* fatty acids contents increase over 90 days in relation to the first day of storage. It is possible to observe that the more chicken skin in the formulation's composition, the higher is the increase of *trans* content, and consequently, the total lipid content over the time. This *trans* content is inversely proportional to the GBB content in chicken mortadella formulations.

The increase in *trans* fatty acid concentration observed at 90 days, compared to the first day, reinforces the increase in signals observed at ^1H and ^{13}C NMR for allyl groups. Consequently, the increase in *trans* indicates the desaturation phase of mortadella stored under refrigeration. These results are according to what was found by Brito, Villavicencio and Mancini-Filho (2002), that observed an increase of *trans* fatty acids in ground beef after 90 days of storage. Fatty acids are highly susceptible to oxidation processes, thus, the decomposition of primary compounds from lipid oxidation can induce the formation of *trans* fatty acids (Martínez-Yusta et al. 2014).

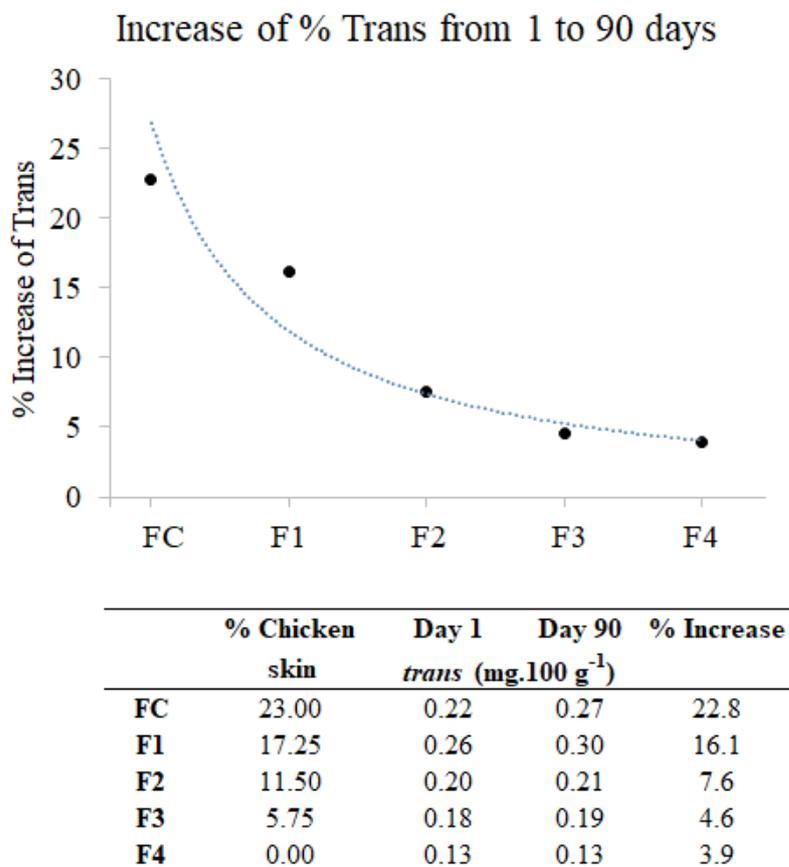


Figure 4- % Increase of trans content from 1 to 90 days.

3.6. Fourier Transform-Infrared (FT-IR) spectroscopy

The FT-IR spectra are shown in the Figure 5. The analysis was performed in the freeze-dried samples at the first and 90th day of storage at 4 °C. The results did not show differences between the spectra of the samples between first and 90th days of storage at 4 °C, irrespective of the formulation of chicken mortadella, confirming the non-formation of oxygenated compounds such as peroxides, hydroxides and/or aldehydes. The non-alteration of the FT-IR spectra does not mean that there is no oxidation, since it has indeed occurred; the formation of *trans* fatty acids does not alter functional groups, so they are not perceivable by infrared.

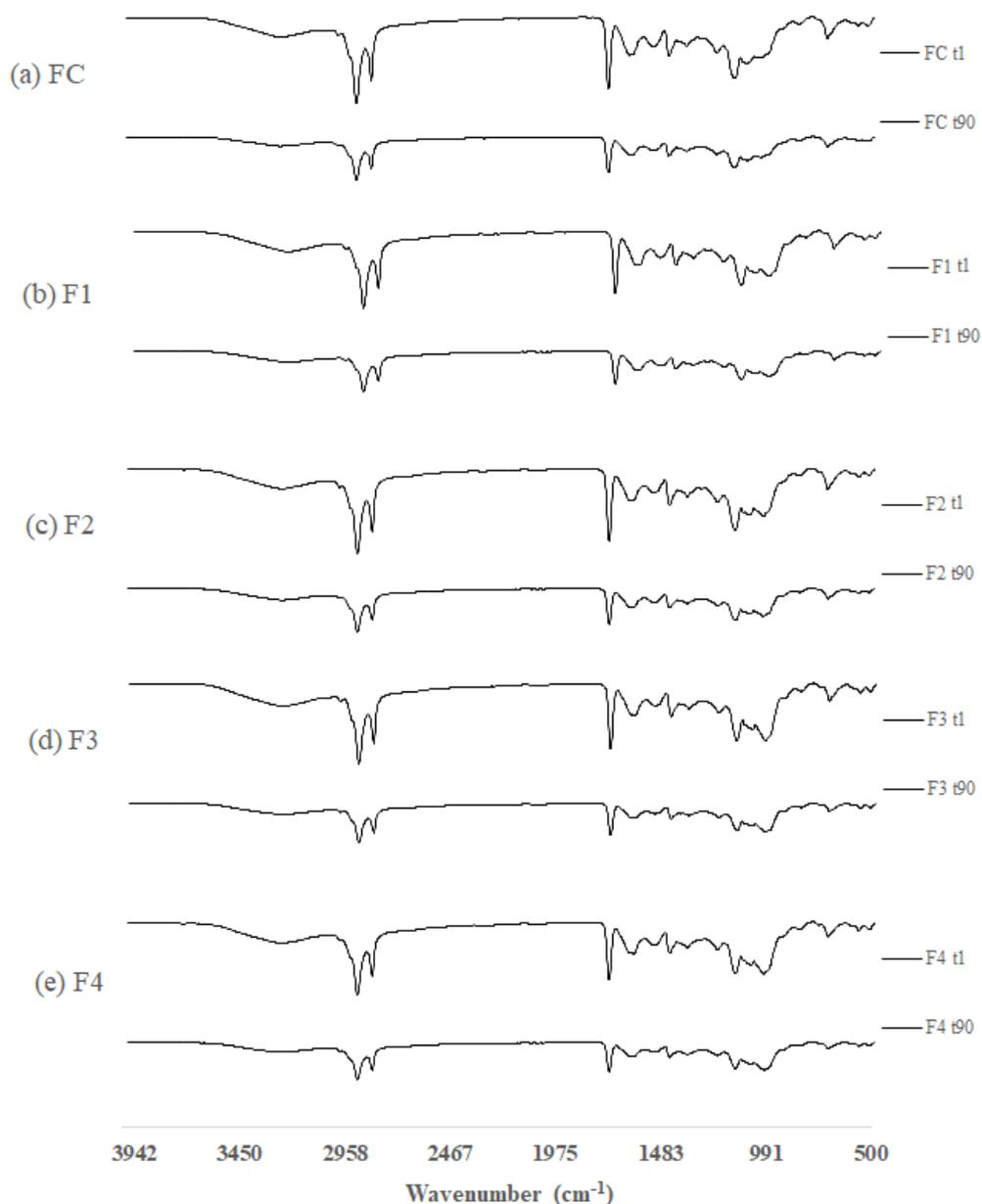


Figure 5-FT-IR spectra of (a) FC, (b) F1, (c) F2, (d) F3 and (e) F4 at 1 and 90 days of storage.

3.7. Analysis of the Pearson correlation coefficient

The correlations between the physicochemical analysis and the lipid oxidation stability at 90 days of storage are shown in the Table 1. Moisture content showed a highly negative correlation with lipid content (-0.976), skin concentration (-0.980), increase of *trans* fatty acids (-0.878), pH (-0.745), allyl group concentration (-0.919) and the L* (-0.965), a* (-0.872), b* (-0.826) and C* (-0.858) parameters. However, moisture content showed highly positive correlation with TBARS content (0.754) but no correlation with the protein. There was a highly positive correlation between skin concentration, lipid content, increase of *trans* fatty acids, pH, allyl group concentration and L*, a*, b*, C* and h* color parameters, while TBARS values showed a highly negative correlation with

skin concentration, lipid content, *trans* increase, pH, allyl group concentration and L* values. Lipid oxidation stability was well correlated with fat content in chicken mortadella. However, formulations containing lower skin concentrations and fat content presented lower concentration of lipid oxidation components. Although TBARS values were negatively correlated with lipid content, it has been reported that this method has no reliability on the oxidative stability of meat products due to TBA interference with other compounds (Bertolín et al. 2019; Ganhão et al. 2011; Jung et al. 2016; Vandemoortele & Meulenaer, 2019).

Table 1-Pearson correlation coefficient to several analysis of FC, F1, F2, F3 and F4 at 90 days.

Pearson correlation coefficient		90 th day													
		Moisture	Proteins	Fats	% chicken skin	% increase <i>trans</i> ^a	pH	TBARs	$\delta_H = 2.68$ pp ^b	L*	a*	b*	C*	h*	ΔE
90th day	Moisture	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Proteins	-0.525	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fats	-0.976	0.359	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	% chicken skin	-0.980	0.389	0.996	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	% increase <i>trans</i> ^a	-0.878	0.099	0.952	0.952	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	pH	-0.745	-0.110	0.855	0.857	0.973	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-
	TBARs	0.754	-0.068	-0.830	-0.776	-0.765	-0.698	1.000	-	-	-	-	-	-	-
	$\delta_H = 2.68$ ppm ^b	-0.919	0.358	0.965	0.968	0.938	0.862	-0.765	1.000	-	-	-	-	-	-
	L*	-0.965	0.351	0.997	0.996	0.960	0.872	-0.811	0.982	1.000	-	-	-	-	-
	a*	-0.872	0.266	0.927	0.945	0.956	0.918	-0.646	0.972	0.951	1.000	-	-	-	-
	b*	-0.826	0.168	0.894	0.915	0.959	0.946	-0.605	0.940	0.921	0.993	1.000	-	-	-
	C*	-0.858	0.233	0.918	0.937	0.959	0.929	-0.640	0.966	0.944	0.999	0.996	1.000	-	-
h*	-0.577	-0.246	0.709	0.723	0.888	0.966	-0.520	0.760	0.741	0.861	0.912	0.879	1.000	-	
ΔE	0.588	-0.079	-0.645	-0.698	-0.779	-0.822	0.225	-0.731	-0.688	-0.867	-0.908	-0.878	-0.883	1.000	

^aIncrease from 1st to 90th day of storage.

^bAllyl groups area at $\delta_H = 2.68$ ppm

4. Conclusions

The results obtained here, show that during the storage of chicken mortadella, there was an increase in the concentration of trans fatty acids by the GC-FID, which was reinforced by the identification of appearance signs of only double allylic groups, both in ¹H and ¹³C NMR, however, no oxygenated carbons were observed. Thus, only desaturation was observed at 90 days of storage. These results were positively correlated with the chicken skin content in the formulations. In this sense, the replacement of chicken skin with GBB may have contributed to the oxidative stability of chicken mortadella stored at 4 °C for up to 90 days. On the other hand, it was observed that the TBARS method, as already verified in other works, is not reliable to measure the lipid oxidation of food samples, as it is affected by various compounds such as proteins, pigments, phenolic compounds and moisture, in addition to nitrate and nitrite. Therefore, NMR evaluation proved to be a quick method to assess the oxidative state of lipids and to identify compounds formed by primary and secondary oxidation, not detected by conventional methods.

Acknowledgments

The authors thank to Coordination for the Development of Higher Education Personnel (CAPES-Brazil) – Finance Code 001, for B.E. Auriema fellowship.

Conflicts of interest

The authors have declared no conflict of interest for this article.

References

- Alirezalu, K., Hesari, J., Nemati, Z., Muneke, P. E., Barba, F. J., & Lorenzo, J. M. (2019). Combined effect of natural antioxidants and antimicrobial compounds during refrigerated storage of nitrite-free frankfurter-type sausage. *Food research international*, *120*, 839-850. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.11.048>
- Alves, L. A. A., Lorenzo, J. M., Gonçalves, C. A. A., dos Santos, B. A., Heck, R. T., Cichoski, A. J., & Campagnol, P. C. B. (2016). Production of healthier bologna type sausages using pork skin and green banana flour as a fat replacers. *Meat science*, *121*, 73-78. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.06.001>
- AOAC (2019). Method 925.45 (Moisture), Method 960.52 (Protein), Method 963.15 (Fat content), Method 981.12 (pH). *Official Methods of Analysis* (21st ed.). Rockville: MD, USA: Association of Official Analytical Chemists
- Bannon, C. D., Breen, G. J., Craske, J. D., Hai, N. T., Harper, N. L., & O'Rourke, K. L. (1982). Analysis of fatty acid methyl esters with high accuracy and reliability. III. Literature review of and investigations into the development of rapid procedures for the methoxide-catalysed methanol of fats and oils. *Journal of Chromatography*, *247*, 71–89. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(00\)84857-8](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(00)84857-8)
- Bastos, S. C., Pimenta, M. E. S., Pimenta, C. J., Reis, T. A., Nunes, C. A., Pinheiro, A. C. M., ... & Leal, R. S. (2014). Alternative fat substitutes for beef burger: technological and sensory characteristics. *Journal of Food Science and Technology*, *51*(9), 2046-2053. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1233-2>
- Bertolín, J. R., Joy, M., & Blanco, M. (2019). Malondialdehyde determination in raw and processed meat products by UPLC-DAD and UPLC-FLD. *Food chemistry*, *298*, 125009. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125009>

- Bligh, E. G., & Dyer, W. I. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, *37*(8), 911-917. <https://doi.org/10.1139/y59-099>
- Brito, M. S., Villavicencio, A. L. C., & Mancini-filho, J. (2002). Effects of irradiation on *trans* fatty acids formation in ground beef. *Radiation Physics and Chemistry*, *63*(3-6), 337-340. [https://doi.org/10.1016/S0969-806X\(01\)00647-8](https://doi.org/10.1016/S0969-806X(01)00647-8)
- Cenci, D. F., Kilian, J., Janeczko, M. U., Manzoli, A., Rigo, E., & Soares, M. B. A. (2018). Effect of meat and water temperature and emulsion speed on the industrial process for chicken mortadella. *Journal of Food Process Engineering*, *41*(8), e12918. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12918>
- Cunha, L. C., Monteiro, M. L. G., Lorenzo, J. M., Munekata, P. E., Muchenje, V., de Carvalho, F. A. L., & Conte-Junior, C. A. (2018). Natural antioxidants in processing and storage stability of sheep and goat meat products. *Food Research International*, *111*, 379-390. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.05.041>
- Falowo, A. B., Fayemi, P. O., & Muchenje, V. (2014). Natural antioxidants against lipid–protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. *Food Research International*, *64*, 171-181. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.06.022>
- Ganhão, R., Estévez, M., & Morcuende, D. (2011). Suitability of the TBA method for assessing lipid oxidation in a meat system with added phenolic-rich materials. *Food Chemistry*, *126*(2), 772-778. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.064>
- Guillén, M. D. & Uriarte, P. S. (2012). Study by ¹H NMR spectroscopy of the evolution of extra virgin olive oil composition submitted to frying temperature in an industrial fryer for a prolonged period of time. *Food Chemistry*, *134*, 162–172. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.083>
- Hughes, J. M., McPhail, N. G., Kearney, G., Clarke, F., & Warner, R. D. (2015). Beef longissimus eating quality increases up to 20 weeks of storage and is unrelated to meat colour at carcass grading. *Animal Production Science*, *55*(2), 174-179. <https://doi.org/10.1071/AN14304>
- Jung, S., Nam, K. C., & Jo, C. (2016). Detection of malondialdehyde in processed meat products without interference from the ingredients. *Food Chemistry*, *209*, 90-94. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.035>
- Lee, M. A., Kim, T. K., Hwang, K. E., Choi, Y. J., Park, S. H., Kim, C. J., & Choi, Y. S. (2019). Kimchi extracts as inhibitors of colour deterioration and lipid oxidation in raw ground pork meat during refrigerated storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *99*(6), 2735-2742. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9441>
- Li, J., Vosegaard, T., & Guo, Z. (2017). Applications of nuclear magnetic resonance in lipid analyses: An emerging powerful tool for lipidomics studies. *Progress in lipid research*, *68*, 37-56. <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2017.09.003>
- Mariutti, L. R. B., & Bragagnolo, N. (2009). A oxidação lipídica em carne de frango e o impacto da adição de sálvia (*Salvia officinalis*, L.) e de alho (*Allium sativum*, L.) como antioxidantes naturais. *Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso)*, *68*(1), 1-11. <http://periodicos.ses.sp.bvs.br/pdf/rial/v68n1/v68n1a01.pdf>
- Martínez-Yusta, A., Goicoechea, E., & Guillén, M. D. (2014). A Review of Thermo-Oxidative Degradation of Food Lipids Studied by ¹H NMR Spectroscopy: Influence of Degradative Conditions and Food Lipid Nature. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *13*, 838-859. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12090>

- Mokrzycki, W. S., & Tatol, M. (2011). Colour difference Delta E - A survey. *Machine Graphics and Vision*, 20(4), 383-411. <https://wisotop.de/assets/2017/DeltaE-%20Survey-2.pdf>
- Moore, D. S. (2007). *The Basic Practice of Statistics*. (4th ed.). New York: W. H. Freeman and Company.
- Nieva-Echevarría, B., Goicoechea, E., Manzanos, M. J. & Guillén, M. D (2017). ¹H NMR and SPME-GC/MS study of hydrolysis, oxidation and other reactions occurring during *in vitro* digestion of non-oxidized and oxidized sunflower oil. Formation of hydroxy-octadecadienoates. *Food Research International*, 91, 171–182. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.11.027>
- Petracci, M., Bianchi, M., Mudalal, S., & Cavani, C. (2013). Functional ingredients for poultry meat products. *Trends in Food Science & Technology*, 33(1), 27-39. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.06.004>
- Sainsbury, J., Grypa, R., Ellingworth, J., Duodu, K. G., & De Kock, H. L. (2016). The effects of antioxidants and shelf life conditions on oxidation markers in a sunflower oil salad dressing emulsion (SOSDE). *Food Chemistry*, 213, 230-237. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.081>
- Sega, A., Zanardi, I., Chiasserini, L., Gabbrielli, A., Bocci, V., & Travagli, V. (2010). Properties of sesame oil by detailed ¹H and ¹³C NMR assignments before and after ozonation and their correlation with iodine value, peroxide value, and viscosity measurements. *Chemistry and Physics of Lipids*, 163, 148–156. <https://doi.org/10.1016/j.chemphyslip.2009.10.010>
- Siciliano, C., Belsito, E., De Marco, R., Gioia, M. L., Leggio, A. & Liguori, A. (2013). Quantitative determination of fatty acid chain composition in pork meat products by high resolution ¹H NMR spectroscopy. *Food Chemistry*, 136, 546–554. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.08.058>
- Vandemoortele, A., Meulenaer, B. (2019) Reactivity of Lipid Oxidation Products in Foods – Is Malondialdehyde a Reliable Marker? *Encyclopedia of Food Chemistry*, 2. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21508-4>
- Vicente, J., Cappato, L. P., Calado, V. M. A., Carvalho, M. G. & Garcia-Rojas, E. E. (2017). Thermal and oxidative stability of Sacha Inchi oil and capsules formed with biopolymers analyzed by DSC and ¹H NMR. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 131(3), 2093–2104. <https://doi.org/10.1007/s10973-017-6759-5>
- Vicente, J., Carvalho, M. G. & Garcia-Rojas, E. E. (2015). Fatty acids profile of Sacha Inchi oil and blends by ¹H NMR and GC–FID. *Food Chemistry*, 181, 215–221. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.092>
- Vyncke, W. (1970). Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. *Fette, Seifen, Anstrichmittel*, 72(12), 1084-1087. <https://doi.org/10.1002/lipi.19700721218>
- Zakaria, N. A., & Sarbon, N. M. (2018). Physicochemical properties and oxidative stability of fish emulsion sausage as influenced by snakehead (*Channa striata*) protein hydrolysate. *LWT*, 94, 13-19. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.026>
- Zhang, Y., Holman, B. W., Ponnampalam, E. N., Kerr, M. G., Bailes, K. L., Kilgannon, et al., (2019). Understanding beef flavour and overall liking traits using two different methods for determination of thiobarbituric acid reactive substance (TBARS). *Meat science*, 149, 114-119. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.11.018>