

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

TESE

Desenvolvimento de Produto Tipo Hambúrguer de Frango Adicionado de
Linhaça Dourada

Elaine Souza Cócara

2019



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

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO TIPO HAMBÚRGUER DE
FRANGO ADICIONADO DE LINHAÇA DOURADA**

ELAINE SOUZA CÓCARO

Sob a Orientação de Rosires Deliza

e Co-orientação de Augusto Aloísio Benevenuto Júnior e

Rita de Cássia Gonçalves Alfenas

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
Outubro de 2019

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

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

C659d Cócáro, Elaine Souza, 1973-
Desenvolvimento de Produto Tipo Hambúrguer de
Frango Adicionado de Linhaça Dourada / Elaine Souza
Cócáro. - Seropédica, RJ, 2019.
123 f.: il.

Orientadora: Rosires Deliza.
Coorientadora: Rita de Cássia Gonçalves Alfenas.
Coorientador: Augusto Aloísio Benevenuto Júnior .
Tese(Doutorado). -- Universidade Federal Rural do
Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia de Alimentos, 2019.

1. Saciedade. 2. Análise Sensorial. 3. Linhaça. 4.
Produto de frango. I. Deliza, Rosires , 1958-,
orient. II. Alfenas, Rita de Cássia Gonçalves, 1963-,
coorient. III. Benevenuto Júnior , Augusto Aloísio,
1973-, coorient. IV Universidade Federal Rural do Rio
de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia de Alimentos. V. Título.

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

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

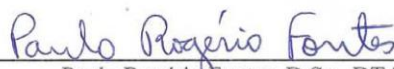
ELAINE SOUZA CÓCARO

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, área de Concentração em Tecnologia de Alimentos.

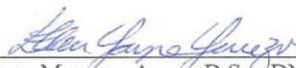
TESE APROVADA EM 29/10/2019



Rosires Deliza, Ph.D., Embrapa Agroindústria de Alimentos
(Orientador)



Paulo Rogério Fontes, D.Sc., DTA / UFV



Ellen Mayra Menezes Ayres, D.Sc., DNF / UNIRIO



Daniela De Grandi Castro Freitas de Sá, D.Sc., Embrapa Agroindústria de Alimentos



Juarez Vicente, D.Sc., DTA / UFRRJ

Dedico minha tese à minha doce mãe, pelo apoio e amor incondicionais e ao meu pai (in memoriam). Ao meu esposo Henri, pela compreensão, apoio e carinho. E aos anjos da minha vida, Iuri e Vitor, obrigada pela oportunidade de aprender com vocês todos os dias.

AGRADECIMENTOS

Ao Ser Divino, pela proteção diante das inúmeras vezes que necessitei me expor aos riscos da estrada com a força necessária para alcance dos meus objetivos.

À minha doce família, por estar sempre ao meu lado nos momentos de alegria e dificuldades.

Ao meu esposo Henri, que com carinho e compreensão pôde me proporcionar a segurança necessária para viver os desafios dessa caminhada.

À minha amorosa mãe Nadir e à Elisa que cuidaram das crianças de forma exímia para que eu pudesse desempenhar minhas atividades de maneira apropriada.

Ao meu querido irmão Alex, pelo carinho e empatia.

Aos meus filhos, Vitor e Iuri, onde tem carinho, beijos, abraços e conforto no coração.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), pela oportunidade de realização do curso de Pós-graduação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, em particular à Lucimar e ao Juarez Vicente, meus sinceros agradecimentos.

À minha orientadora Rosires Deliza, pelo profissionalismo, orientação, respeito, empatia e compreensão em momentos difíceis.

Aos meus co-orientadores, Augusto Benevenuto e Rita Alfenas, pelos ensinamentos, paciência e aprendizado.

À Flávia Galvão pelo treinamento, orientação e serenidade ao compartilhar o conhecimento.

Às colegas Inayara e Marcela do Laboratório de Análise Sensorial da Embrapa, por toda ajuda durante a realização das análises sensoriais dos hambúrgueres. A experiência de vocês foi determinante para o sucesso desta etapa.

Ao Prof. Carlos Piler, Adriana e seu Francisco, pelo uso do laboratório da planta de Cereais e pelo aprendizado.

À Juliana, Prof^a Monica, Renata e Prof^a Hércia, pela parceria na realização de algumas análises.

Ao Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos do Campus Rio Pomba, pela concessão do afastamento integral e posterior qualificação em serviço. Com o apoio de todos vocês a realização deste trabalho foi possível.

Ao Jonathan e à amiga Renata Campos, pela contribuição nas análises de textura e antioxidantes. Minha gratidão eterna.

Ao ex-diretor geral, Arnaldo Prata Neiva Júnior e ao Departamento de Pós-graduação e Pesquisa do Campus Rio Pomba, pelo empenho e dedicação na resolução das questões burocráticas.

À Laise e Luís Guilherme pelo apoio na realização das análises dos hambúrgueres.

Ao Prof. Frederico Franco pela permissão do uso do equipamento BIA e do Laboratório de Nutrição para a realização da etapa da avaliação da saciedade, e ao Prof. Ricardo Faria pela intermediação com as voluntárias.

Aos professores Roselir e Cristina Henriques pela paciência nos momentos de dúvidas de estatística.

Aos estagiários, pelo grande apoio na realização da avaliação de saciedade.

Às voluntárias participantes do estudo, meu agradecimento pela disponibilidade e boa vontade. Do fruto do trabalho nasceram boas amizades.

Às colegas do Laboratório de Estudos da Ingestão Alimentar, Adriane, Júlia, Nélia, Priscilla, Thalita e Laís, pela cooperação, amizade e carinho nos momentos difíceis.

Às amigas nutricionistas Rakel e Dani, pela compreensão, carinho e apoio.

A todos os familiares e amigos que compreenderam minha ausência e contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste projeto.

Muito obrigada!

RESUMO GERAL

CÓCARO, Elaine Souza. **Desenvolvimento de Produto Tipo Hambúrguer de Frango Adicionado de Linhaça Dourada**. 2019. 123 p. Teste (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica/ RJ, 2019.

Os alimentos funcionais têm importante papel na ciência de alimentos devido à função que desempenham no organismo humano quanto à prevenção de doenças. O objetivo do estudo foi produzir hambúrguer de frango adicionado de farinha de linhaça dourada (FLD) e avaliar as características tecnológicas, físico-químicas, nutricionais e sensoriais das formulações, assim como o efeito no apetite e na ingestão alimentar de mulheres eutróficas. O estudo foi iniciado com a análise da FLD. Para tal, foi determinada a composição centesimal, compostos fenólicos, atividade antioxidante, análise de oxidação lipídica, perfil de ácidos graxos e análises tecnológicas, tais como índice de absorção de água, índice de solubilidade em água e capacidade de absorção de óleo de três lotes de FLD. Em seguida, cinco formulações de hambúrguer de frango foram processadas, a saber: sem a adição de farinha de linhaça (F0: controle), com adição de 5, 10, 15 e 20% (F5, F10, F15, F20), respectivamente, tendo sido determinada a composição centesimal e realizadas a análise de compostos fenólicos, atividade antioxidante, índice de TBARS, além de textura instrumental, rendimento por cocção, percentual de encolhimento e capacidade de retenção de água dos hambúrgueres. A aceitação das formulações foi avaliada por consumidores de hambúrguer utilizando escala hedônica de nove pontos e a caracterização sensorial foi realizada por meio da metodologia *Check-all-that-apply* (CATA). Nesta etapa foi investigado o efeito da informação sobre a linhaça na avaliação dos participantes. A avaliação da ingestão alimentar e do apetite de três tratamentos (F0- controle), com adição de 10 e 20% (F10 e F20) foram conduzidas utilizando a *visual analogue scales* (VAS), para o cálculo das áreas incrementais foi utilizado o método trapezoidal. A ingestão alimentar basal e ingestão nos dias de teste foram avaliados pelo registro alimentar de três dias e recordatório de 24 horas, respectivamente. Os resultados revelaram que os lotes 2 e 3 de FLD apresentaram maior conteúdo de lipídio e valor energético total e o lote 1 maior teor de umidade, capacidade de absorção de óleo e índice de absorção de água. O lote 2 apresentou maior conteúdo de cinzas, compostos fenólicos, atividade antioxidante, ácido graxo α -linolênico, enquanto o o lote 3 apresentou maior índice de TBARS e índice de solubilidade. Os tratamentos F10, F15 e F20 apresentaram maior teor de umidade, F15 e F20 apresentaram maior teor de cinzas e F20 maior teor de ácido graxo α -linolênico. Em relação às formulações de hambúrguer, a adição de FLD aumentou a capacidade de retenção de água e rendimento e diminuiu o encolhimento e força de cisalhamento comparado ao hambúrguer controle. O índice de TBARS foi maior em F15 e F20. A atividade antioxidante e conteúdo de fenólicos totais revelaram maiores valores quanto maior a concentração de FLD no hambúrguer, quando comparado ao controle (F0). Os hambúrgueres adicionados de FLD apresentaram menores valores de coesividade, mastigabilidade, dureza e fraturabilidade em relação ao controle (F0). O teste de aceitação revelou que os tratamentos F0 e F5 foram igualmente aceitos na condição não informada, diferindo na condição informada. A análise de correspondência nas respostas CATA indicou que os atributos responsáveis pelo aumento nas médias de aceitação na condição não informada dos hambúrgueres foram aparência característica, aparência agradável, aroma de frango, sabor de frango, superfície dourada, tempero equilibrado, suculento e textura macia. Na presença da informação sobre a linhaça, o termo desmanchando não prejudicou a aceitação, contribuindo para a maior aceitação do tratamento F5 (5% de FLD). Os resultados do estudo sobre apetite e ingestão alimentar demonstraram que a sensação de fome foi menor após o consumo da formulação adicionada de 20% de FLD em relação à formulação com 10% de FLD, aos 60 e 90 minutos após ingestão. O

consumo da formulação adicionada de 20% de FLD resultou na menor vontade de comer aos 30 e 120 minutos quando comparada às formulações controle e adicionada de 10% de FLD, tendo alcançado o maior quociente médio de saciedade. Os resultados sugerem que o hambúrguer funcional apresenta potencial de mercado devido às características tecnológicas, sensoriais, valor nutricional e de saciedade.

Palavras-chave: Produto de frango; Linhaça; Análise sensorial; Saciedade.

GENERAL ABSTRACT

CÓCARO, Elaine Souza. **Development of chicken burger like product added of golden flaxseed.** 2019. 123 p. Thesis (PhD in Food Science and Technology). Instituto de Tecnologia. Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica/RJ, 2019.

Functional foods play an important role in food science due to its functionality in the human body to prevent diseases. The aim of this study was to produce chicken burger added of golden flaxseed flour (GFF) and evaluate technological, physical-chemical, nutritional and sensory characteristics, as well as, to assess the effect on the appetite and food intake of eutrophic women. The study started with GFF analysis. For that, the centesimal composition, phenolic compounds, antioxidant activity, lipid oxidation, fatty acid profile were determined, as well as technological analyzes such as water absorption and water solubility indexes, and oil absorption capacity of three lots of GFF. In the next step, five chicken burgers were processed as follows: no added GFF (F0: control), with the addition of 5, 10, 15 and 20% of GFF (F5, F10, F15, and F20), respectively. It was determined the centesimal composition, phenolic compounds, antioxidant activity, TBARS index as well as instrumental texture, cooking yield, shrinkage percentage and water retention capacity of hamburgers. The acceptance of the formulations was assessed by hamburger consumers using the nine-point hedonic scales and sensory characterization was performed using the Check-all-that-apply (CATA) methodology. At this phase, it was investigated the effect of the flaxseed information on the participants' responses. The evaluation of food intake and the effect on the appetite of three treatments (F0 - control), with the addition of 10 and 20% (F10 and F20) were conducted using a visual analog scales (VAS); for the calculation of the incremental areas the trapezoidal rule was used. The basal food intake and the one in the test day were evaluated by three-day food intake record and 24 hours recall, respectively. The results revealed that the lots 2 and 3 of GFF had higher lipid content and total energy value, and lot 1 had higher moisture content, oil absorption capacity and water absorption index Lot 2 had higher ash content, phenolic compounds, antioxidant activity, α -linolenic fatty acid, while lot 3 had higher TBARS index and solubility index. The hamburger formulations F10, F15, and F20 presented higher moisture content, F15 and F20 presented higher ash content and F20 higher α -linolenic content. The addition of flaxseed increased the water holding capacity and yield, and decreased shrinkage and shear force compared to the control hamburger. The TBARS index was higher in F15 and F20. The antioxidant activity and total phenolic compounds revealed higher values the higher the concentration of GFF in the hamburger, when compared to control (F0). The burgers added to GFF showed lower values of cohesivity, chewiness, hardness and fracturability compared to the control (F0). The acceptance test revealed that treatments F0 and F5 were equally accepted in the non-informed condition, differing in the informed condition. Correspondence analysis in the CATA data indicated that the attributes responsible for the increase on the consumer acceptance in the non-informed condition were: characteristic appearance, agreeable appearance, chicken taste, golden surface, balanced seasoning, juicy and soft texture. In the presence of information on GFF, the term "crumbly" did not impair acceptance, contributing to higher acceptance of treatment F5 (5% of GFF). The results of the study on appetite and food intake showed that the hunger sensation was lower after the consumption of hamburger with 20 % of GFF compared to F10 (10% of GFF), 60 and 90 after intake. The consumption of formulation added 20% of GFF resulted in less desire to eat in 30 and 120 minutes compared to control and F10 formulations, achieving the highest average satiety quotient. The results suggest that the functional hamburger has market potential due to the technological and sensory characteristics, as well as nutritional value and satiety.

Keywords: Chicken product; flaxseed; sensory analysis; satiety.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Média (\pm DP) da composição centesimal (g/100) e do valor energético dos diferentes lotes de farinha de linhaça dourada avaliados	31
Tabela 2: Média (\pm DP) de compostos fenólicos totais (mg EAG.100 g ⁻¹), atividade antioxidante (ATT) (Mmol Trolox/g), índice de TBARS (mgMDA/kg amostra) e composição de ácidos graxos (g/100 g ⁻¹) da FLD dos diferentes lotes de farinha de linhaça avaliados.....	33
Tabela 3: Formulações dos hambúrgueres de frango adicionados de farinha de linhaça dourada (FLD) em substituição à pele de frango	49
Tabela 4: Teores médios (\pm desvio padrão) de atividades antioxidante (μ M Trolox/g amostra), compostos fenólicos totais (mg EAG.100g ⁻¹), concentração de malonaldeído (mg MDA/kg amostra) e ácido α -linolênico (g/ 100 g) em hambúrgueres de frango.....	53
Tabela 5: Teores médios (\pm DP: desvio padrão) dos parâmetros de textura instrumental de hambúrgueres de frango	55
Tabela 6: Média (\pm DP: desvio padrão) das notas de aceitação global de hambúrgueres de frango adicionados de diferentes concentrações de farinha de linhaça dourada	55
Tabela 7: Efeito da informação sobre os benefícios da linhaça à saúde na avaliação sensorial das amostras de hambúrguer de frango com linhaça (F0 a F20).....	57
Tabela 8: Formulação isocalórica de hambúrgueres de frango com substituição da pele de frango por farinha de linhaça dourada (FLD).....	71
Tabela 9: Conteúdo de calorias, macronutrientes e carboidrato disponível (100g de produto) dos hambúrgueres utilizados no estudo	72
Tabela 10: Composição nutricional da torta de frango utilizada no estudo	72
Tabela 11: Média \pm EP das características das participantes do estudo ao início do estudo (n=27)	74
Tabela 12: Média \pm EP dos quocientes de saciedade obtidos em resposta ao consumo dos hambúrgueres testados (n=27).....	76
Tabela 13: Média \pm EP da ingestão habitual e nas 24h após o consumo dos hambúrgueres (n=27)	79
Tabela 14: Média \pm EP da quantidade de torta consumida, macronutrientes, fibra aliemntar e calorias ingeridas na refeição seguinte do consumo do hambúrguer (n=18)	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: (A) Índice de absorção de água (IAA), (B) índice de solubilidade em água (ISA) e (C) capacidade de absorção de óleo (CAO) de lotes de farinha de linhaça dourada.....	34
Figura 2: Folder utilizado na segunda sessão da avaliação contendo informação sobre os benefícios da linhaça à saúde.....	52
Figura 3: Amostras e termos usados para descrever os hambúrgueres de frango A) sem informação sobre os benefícios da linhaça à saúde e B) com informação sobre os benefícios da linhaça à saúde.....	58
Figura 4: Procedimento experimental do estudo. Etapa 1: 27 participantes	70
Figura 5: Desenho experimental do estudo. Etapa 2: 18 participantes	71
Figura 6: Média \pm EP da (A) sensação de fome, (B) desejo de comer e (C) plenitude gástrica em relação ao baseline, obtidas utilizando escalas visuais analógicas (VAS) nos tempos 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 e 240 minutos após a ingestão dos hambúrgueres F0: controle, F10: 10% e F20: 20% de farinha de linhaça, ($n=27$). [§] F20 resultou em maior redução da fome do que F10 aos 60 e 90min, [¥] F20 resultou em maior redução do desejo de comer do que F0 e F10 aos 30 e 120min, pelo teste de Bonferroni. EP: erro padrão	75
Figura 7: Respostas apetitivas após 240min do consumo dos hambúrgueres testados. iAAC: área incremental acima da curva de resposta da VAS. iAUC: área incremental abaixo da curva de resposta da VAS	78

LISTA DE ABREVIACOES E SÍMBOLOS

ALA	cido alfa linolênico;
AGMI	cidos graxos monoinsaturados;
AGMPI	cidos graxos polinsaturados;
AGS	cidos graxos saturados;
LA	cido linoleico;
ECA	enzima de conversão da angiotensina I;
VAS	escala visual analógica;
FLD	farinha de linhaça dourada;
FCEV	fator de crescimento endotelial vascular;
FOS	frutoligossacardeos;
GFF	golden flaxseed flour;
HPL	hidrolisado proteico de linhaça;
LE	linhaça extrusada;
HDL	lipoproteínas de alta densidade;
LDL	lipoproteínas de baixa densidade;
MDA	malonaldeído;
QS	quociente de saciedade;
REH	ratos espontaneamente hipertensivos;
SDG	secoisolariciresinol diglucosídeo;
HMGA	3-cido-hidroxi-3-metilglutárico.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	1
OBJETIVO GERAL	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
APRESENTAÇÃO DA TESE	3
CAPÍTULO I – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
1.1 Introdução	5
1.2 Produção e Importância da Linhaça	5
1.3 Composição Química	6
1.3.1 Linhaça como fonte de α-linolênico	7
1.3.2 Linhaça como fonte de fibra alimentar	8
1.3.3 Proteína	9
1.3.4 Compostos fenólicos	9
1.4 Benefícios da Linhaça à Saúde Humana	10
1.5 Adição de Linhaça na Elaboração de Alimentos	12
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15
CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E TECNOLÓGICA DA FARINHA DE LINHAÇA DOURADA (<i>Linum usitatissimum</i> L.) CULTIVADA NO SUL DO BRASIL PARA USO COMO INGREDIENTE FUNCIONAL	25
RESUMO	26
ABSTRACT	27
2.1 Introdução	28
2.2 Material e Métodos	29
2.2.1 Matéria-prima e obtenção da farinha	29
2.2.2 Delineamento experimental	29
2.2.3 Composição química da farinha de linhaça	29
2.2.3.1 Composição centesimal e valor energético	29
2.2.3.2 Determinação do teor de fenólicos e atividade antioxidante	30
2.2.3.3 Índice de TBARS	30
2.2.3.4 Determinação do perfil de ácidos graxos	30
2.2.4 Propriedades tecnológicas	30
2.2.5 Análise estatística	31
2.3 Resultados e Discussão	31
2.4 Conclusão	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
CAPÍTULO III – ADIÇÃO DE FARINHA DE LINHAÇA DOURADA EM HAMBÚRGUER DE FRANGO: ASPECTOS TECNOLÓGICOS, SENSORIAIS E NUTRICIONAIS	42
RESUMO	43

CAPÍTULO IV – PROPRIEDADES BIOATIVAS E O EFEITO DA INFORMAÇÃO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS DO HAMBÚRGUER DE FRANGO ADICIONADO DE FARINHA DE LINHAÇA	44
RESUMO	45
ABSTRACT	46
4.1 Introdução	47
4.2 Material e Métodos	48
4.2.1 Matéria-prima	48
4.2.2 Processamento do hambúrguer	48
4.2.3 Delineamento experimental	49
4.2.4 Determinação da atividade antioxidante	49
4.2.4.1 Preparo de extratos.....	49
4.2.4.2 Atividade antioxidante – método ABTS•+ - [2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)].....	50
4.2.4.3 Conteúdo de fenólicos totais (CFT).....	50
4.2.5 Índice de TBARS	50
4.2.6 Determinação do ácido α-Linolênico	50
4.2.7 Análise do perfil de textura instrumental (TPA)	50
4.2.8 Análise dos hambúrgueres de frango	51
4.2.8.1 Preparo da amostra.....	51
4.2.8.2 Definição das questões CATA (<i>check-all-that-apply</i>).....	51
4.2.8.3 Participantes do estudo e procedimento experimental.....	51
4.2.9 Análise estatística	52
4.3 Resultados e Discussão	53
4.3.1 Atividade antioxidante e compostos fenólicos	53
4.3.2 Índice de TBARS	54
4.3.3 Ácido α-linolênico	54
4.3.4 Perfil de textura instrumental (TPA)	54
4.3.5 Resultados da avaliação sensorial	55
4.4 Conclusões	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
CAPÍTULO V – ADIÇÃO DE FARINHA DE LINHAÇA DOURADA EM HAMBÚRGUER DE FRANGO E O EFEITO NA SACIEDADE	65
RESUMO	66
ABSTRACT	67
5.1 Introdução	68
5.2 Material e Métodos	68
5.2.1 Participantes	68
5.2.2 Procedimento experimental	69
5.2.3 Produtos utilizados no estudo	71
5.2.3.1 Hambúrguer.....	71
5.2.3.2 Torta de frango.....	72
5.2.4 Avaliação das sensações subjetivas do apetite e a avaliação do quociente de saciedade	73
.....	73
5.2.5 Análise estatística dos dados	73
5.3 Resultados e Discussão	73
5.3.1 Participantes	73
5.3.2 Avaliação da aceitação dos hambúrgueres e palatabilidade da torta de frango com legumes	74

5.3.3 Sensações subjetivas do apetite e quociente de saciedade	75
5.3.4 Ingestão alimentar	78
5.3 Conclusões	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
CONCLUSÕES GERAIS E RECOMENDAÇÕES	85
APÊNDICE I	86
APÊNDICE II	101
ANEXO A	102
ANEXO B	103
ANEXO C	105
ANEXO D	106

INTRODUÇÃO GERAL

Nos últimos anos, grande parte da população está mais consciente a respeito do que consome e dos ingredientes que compõem os produtos, buscando aqueles com praticidade de preparo, mas que agregam benefícios à saúde. Nesse contexto, a informação sobre o benefício à saúde pode afetar a percepção das propriedades sensoriais e a aceitação do produto pelo consumidor. A crescente procura por tais benefícios tem sido um estímulo à indústria, onde o setor de inovação e desenvolvimento, atentos à demanda dos consumidores, busca fornecer alimentos sensorialmente agradáveis e adicionados de ingredientes funcionais, que podem também promover maior saciedade.

A carne de frango é a mais consumida pelos brasileiros e também em muitos outros países. Nos últimos anos, houve uma mudança na preferência do consumidor substituindo o frango inteiro pelos cortes. Tal mudança e consequente aumento no consumo, foram devido aos fatores econômicos, pois se trata de um alimento de menor custo comparado às outras carnes, aos benefícios à saúde percebidos pelos consumidores, por estar facilmente disponibilizada no comércio de pequenas e grandes cidades, e também pela facilidade para o desenvolvimento de produtos cárneos por parte da indústria. Dentre eles, está o hambúrguer, produto industrializado, cujo aumento no consumo está relacionado à praticidade e sabor. É comum encontrá-lo em redes de *fast foods*, restaurantes e, mais recentemente, em hamburguerias. A indústria tem se atentado à diversificação de produtos cárneos adicionados de ingredientes vegetais, como o Nuggets legumes®, Nuggets multigrãos®.

Nesse sentido, a reformulação para tornar os produtos cárneos mais saudáveis pela adição ou substituição da gordura por ingredientes vegetais funcionais e a possibilidade de diversificar produtos já conhecidos do consumidor, torna-se alternativa promissora. Nesse contexto, a linhaça tem ganhado notoriedade devido ao perfil nutricional único, pois é fonte de fibras alimentares, proteína, ácido graxo α -linolênico e fitoestrógenos. Dessa forma, a adição em produtos deve favorecer a mudança positiva no perfil de ácidos graxos, valor calórico e redução de gordura saturada. A adição de grãos integrais como ingrediente funcional tem sido crescente, especialmente em produtos lácteos e na indústria de panificação, como fonte de fibra alimentar. No entanto, no que diz respeito ao hambúrguer, a indústria desenvolveu apenas produto integralmente vegetal como o Hambúrguer Vegetal® e Hambúrguer de soja®.

A adição de grãos integrais em produtos cárneos como o hambúrguer, pode modificar as características tecnológicas e sensoriais e, conseqüentemente, a qualidade final do produto. Investigar as características sensoriais e identificar os atributos sensoriais que dirigem a preferência do consumidor, assim como as características do produto ideal são fatores fundamentais para possibilitar maior aceitação. Ao mesmo tempo, pode ser oportuno elaborar um produto que promova saciedade e com efeitos fisiológicos positivos ao organismo humano.

OBJETIVO GERAL

Desenvolver hambúrguer de frango adicionado de farinha de linhaça dourada e avaliá-lo quanto aos aspectos tecnológicos, físico-químicos, sensoriais e de saciedade.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar a farinha de linhaça dourada quanto à composição centesimal, atividade antioxidante, perfil de ácidos graxos, índice de TBARS, índice de absorção de água, índice de solubilidade em água e capacidade de absorção de gordura;
- Avaliar o efeito da adição de farinha de linhaça dourada em hambúrgueres de frango quanto às características tecnológicas, nutricionais e sensoriais dos produtos;
- Avaliar a aceitação de hambúrgueres de frango e identificar as características sensoriais que dirigem a aceitação do produto;
- Investigar o efeito da informação sobre os benefícios da linhaça à saúde na aceitação e nas características sensoriais dos produtos;
- Avaliar o efeito da ingestão de hambúrgueres adicionados de linhaça no apetite e na ingestão alimentar de mulheres eutróficas.

APRESENTAÇÃO DA TESE

A presente tese é composta por cinco capítulos os quais foram desenvolvidos para investigar a farinha de linhaça dourada e os efeitos nas propriedades tecnológicas, sensoriais e de saciedade quando adicionada em hambúrguer de frango. Além da parte experimental, a revisão bibliográfica foi fundamental para discutir aspectos relevantes relacionados ao tema. O conteúdo dos capítulos e as publicações a partir deles são apresentadas a seguir.

Capítulo	Tema	Produção
1	Revisão Bibliográfica – aborda o perfil nutricional, compostos bioativos e produtos desenvolvidos com adição de linhaça.	
2	Composição centesimal, características tecnológicas e funcionais de farinha de linhaça dourada (<i>Linum usitatissimum L.</i>) cultivada no sul do Brasil.	Artigo será submetido na Revista Ciência Rural
3	Adição de farinha de linhaça dourada em hambúrguer de frango: aspectos tecnológicos, sensoriais e nutricionais.	Artigo publicado na Revista Food Science and Technology International
4	Atividade antioxidante e o efeito da informação sobre as características sensoriais do hambúrguer de frango adicionado de farinha de linhaça dourada	Artigo será submetido na Revista Food Research International
5	Efeito da adição de farinha de linhaça dourada ao hambúrguer de frango na saciedade.	Artigo será submetido na Revista Journal of Functional Foods

CAPÍTULO I
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 Introdução

A boa saúde é um desafio da vida moderna, pois várias doenças degenerativas são decorrentes do estilo de vida. Com o cenário de saúde global em rápida mudança e a associação entre consumo de produtos cárneos e incidência de doenças cardiovasculares, os vegetais ganharam mais atenção.

A linhaça (*Linum usitatissimum* L.), uma das mais antigas culturas (KAJLA, SHARMA; SOOD, 2015) e com composição nutricional favorável a torna promissora para a utilização em produtos alimentícios. É uma das fontes vegetais mais ricas em ácido α -linolênico e mucilagem solúvel, além de proteínas e potencial considerável como fonte de compostos fenólicos (SINGH et al., 2011). Na era atual, a tendência do consumidor em relação aos alimentos funcionais aumentou significativamente em consequência da conscientização sobre a saúde (GANORKAR; JAIN, 2013).

Estudos comprovam o papel da linhaça na promoção à saúde e prevenção em situações como risco cardiovascular, certos tipos de câncer e outros distúrbios metabólicos (KATARE et al., 2012). Machado et al. (2015) forneceram 28g/dia de linhaça marrom, linhaça dourada e farinha de trigo (controle) a adolescentes com sobrepeso. Os grupos que consumiram linhaça marrom e dourada apresentaram redução significativa na pressão sanguínea diastólica.

A linhaça tem sido utilizada com sucesso na preparação de vários produtos. O ácido α -linolênico, a lignana e a fibra alimentar são os principais componentes bioativos da linhaça, que podem agregar valor aos produtos (KAUR et al., 2018). Nesse sentido, a linhaça pode ser um ingrediente alternativo no preparo de alimentos com boas perspectivas tecnológicas, pois apresenta excelente potencial como hidrocolóide, apresenta propriedade de retenção de gordura benéficas em produtos cárneos, além de contribuir como ingrediente funcional com possíveis benefícios à saúde.

1.2 Produção e Importância da Linhaça

Linum usitatissimum L., popularmente conhecida como linhaça ou linho (MARQUES et al, 2011) remonta à história antiga. Resíduos foram encontrados em moradias na Suíça, identificadas como sendo da Idade da Pedra, e os antigos egípcios fizeram lençóis finos de fibras de linho (BERGLUND; ZOLLINGER, 2002). É uma planta de cultivo anual, que pertence à classe das Magnoliopsidas, a subclasse *Rosidae* e família *Linaceae*, que tem sido cultivada há cerca de 4000 anos nos países mediterrâneos. Possui aplicações industriais diversificadas como matéria-prima para produção do óleo, utilizado pelas indústrias produtoras de tintas, vernizes e resinas, e também do farelo de linhaça para a fabricação de rações animais, além do uso como complemento alimentar na elaboração de pães, bolos e biscoitos. (ALVARENGA JÚNIOR, 2011; NEWKIRK, 2015). O linho é uma cultura versátil, com flores azuis, adequado para solos férteis, de textura fina e argilosa (MORRIS, 2007). O fruto é como uma cápsula esférica contendo duas sementes em cada um dos cinco compartimentos. As sementes são ovais e achatam com uma ponta pontiaguda, com textura crocante e difícil de mastigar, com um sabor que pode variar de agradável a desagradável (GOKHALE; SAHU, 2016).

A linhaça é cultivada comercialmente em mais de 50 países, a maioria deles no hemisfério norte. O Canadá é o principal produtor, responsável por cerca de 40% da linhaça do mundo, além de ser o maior exportador representando cerca de 75% do comércio mundial, seguido pela China, Estados Unidos e Índia (SINGH et al., 2011; RUBILAR et al., 2010).

No Brasil, em 2015, as informações agrícolas referentes à linhaça constam que a área plantada ou destinada à colheita foi de 14.655 hectares, com produção de 12.245 toneladas,

rendimento médio de 836 kg/hectare e valor da produção da ordem de R\$17.376.000,00, o que correspondeu ao valor de R\$1,42/kg (IBGE, 2015). A cultura foi introduzida no período colonial no estado de São Paulo, difundindo-se, sobretudo, nos estados sulinos, particularmente no Rio Grande do Sul, tornando-se um importante cultivo de inverno (BALDANZI et al., 1988).

1.3 Composição Química

A linhaça é fonte de compostos e elementos biologicamente ativos como ácido α -linolênico (ω -3), proteína, fibra solúvel, além de compostos fenólicos como as lignanas, ácidos fenólicos, flavonoides, fenilpropanoides e taninos, os quais conferem propriedades antioxidantes (SINGH et al., 2011; KASOTE, 2013; SHIM et al., 2014). Os ácidos graxos poli-insaturados ω -3 (PUFAs) desempenham importante papel benéfico contra doenças cardiovasculares, devido aos seus efeitos cardioprotetores (ENDO; ARITA, 2016). Há evidências de que um padrão de alimentação saudável que inclui fibras alimentares e ácidos graxos poli-insaturados, em detrimento das gorduras saturadas, colesterol e carboidratos refinados, exerce proteção na prevenção primária de doenças cardiovasculares (CESPEDES; HU, 2015).

A composição química da linhaça caracteriza-se pela alta variabilidade em virtude das condições de cultivo, solo, precipitação pluviométrica, clima, temperatura, altitude, ventos e luminosidade. As sementes contêm de 35 a 45% de óleo, dos quais 9 a 10% são ácidos graxos saturados (palmítico e esteárico), cerca de 20% são ácidos graxos mono-insaturados, (principalmente ácido oleico), 14 a 18% de ácido linoleico, sendo o ácido graxo α -linolênico, responsável por cerca de 57%. O teor de proteína de sementes de linhaça varia de 20 a 30%, caracterizado pelo alto coeficiente de digestibilidade (89,6%) e valor biológico (77,4%). A vitamina E está presente nas sementes de linhaça principalmente sob a forma de gama-tocoferol (9,2 mg /100 g de sementes). A linhaça é a mais rica fonte de lignanas entre os vegetais (entre 0,7 a 1,5% do peso seco das sementes), entre as quais prevalece secoisolariciresinol diglucosídeo, sendo considerada, portanto, um alimento com potencial funcional (MARTINCHIK et al., 2012; MUELLER et al., 2010; CHUNG et al., 2005).

O teor de fibra alimentar varia de 20 a 45% em peso de semente inteira, que incluem fibras solúveis e insolúveis. A proporção de fibra solúvel e insolúvel varia entre 20:80 e 40:60. A maior fração de fibra insolúvel consiste em celulose, hemicelulose e lignina, e as frações de fibra solúvel são as gomas. A linhaça ainda possui 7,7% de umidade, 3,5% de cinzas e 1% de carboidratos simples (MORRIS; VAISEY-GENSER, 2003; RABETAFIKA et al., 2010; KAJLA; SHARMA; SOOD, 2015).

Em relação à composição de minerais, destacam-se os conteúdos de cálcio, magnésio e fósforo, sendo que uma parcela de 30g da semente fornece 7% a 30% da recomendação dietética diária (RDAs) para esses minerais (SINGH et al., 2011; BERNACCHIA, PRETI; VINCI, 2014). A linhaça contém compostos cianogênicos que têm efeitos biológicos, como a linamarina, linustatina e neolinustatina com potencial para liberar 7,8 μ M de composto cianogênico/g de linhaça. Uma dose de 30g poderia liberar 240 μ M de cianeto. No entanto, SHIM et al. (2014) não encontraram efeito sobre o consumo prolongado de linhaça. De acordo com Chisté et al. (2010), a ruptura da estrutura celular permite que as enzimas presentes degradem estes compostos, liberando ácido cianídrico (HCN) ou cianeto livre (CN). Esses compostos podem quelar minerais como ferro, zinco e cálcio, reduzindo a disponibilidade desses nutrientes (THOMPSON, 1993).

As fontes de alimentos comuns de lignanas incluem sementes, grãos integrais, legumes e vegetais. A maior concentração de lignanas é encontrada na semente de linhaça, sendo aproximadamente 100 vezes maior do que produzidos pela maioria dos alimentos (THOMPSON et al., 1991; BHATHENA; VELASQUEZ, 2002).

São cultivadas as variedades de linhaça marrom e dourada, que são similares quanto ao seu conteúdo de nutrientes. Os consumidores podem comprar linhaça marrom ou dourada baseado no preço e na aparência do produto, uma vez que o valor nutricional da linhaça marrom e dourada é semelhante (MORRIS, 2007). Sua cor é determinada pela quantidade de pigmentos no revestimento externo da semente ou técnica de cultivo (COSKUNER; KARABABA, 2007; SBRT, 2009).

Conseqüentemente aos efeitos benéficos promovidos pela linhaça, existe um grande interesse na adição da linhaça para enriquecimento de produtos alimentícios como produtos cárneos (KUMAR et al., 2017), sorvetes (GOH, YE; DALE, 2006), pão de queijo (COSTA et al., 2012), biscoito cracker (MACIEL et al., 2008), “cookies” (GANORKAR; JAIN, 2014), macarrão (MANTHEY et al., 2002) e produtos orgânicos para o consumo humano (COSKUNER; KARABABA, 2007). A linhaça é uma interessante matéria-prima para aplicações em alimentos dentro do conceito emergente de alimentos funcionais (MANTHEY et al., 2002; KAJLA, et al., 2015).

1.3.1 Linhaça como fonte de α -linolênico

Os ácidos graxos poli-insaturados abrangem as famílias de ácidos graxos ômega-3 e ômega-6. De acordo com a FAO (2010), o ácido linoléico (LA) e o ácido α -linolênico (ALA) são indispensáveis, pois não podem ser sintetizados pelos seres humanos. De acordo com Santos et al. (2013), a recomendação de consumo diário de ácidos graxos polinsaturados para diminuir as concentrações de LDL e colesterol total, aumentar as concentrações de colesterol HDL e diminuir o risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares é de 6-10% do valor calórico total. Segundo estes mesmos autores, em uma dieta de 2500 kcal, com consumo de 17g de lipídeos, a quantidade de ômega 6 e 3 pode ser adequada em uma proporção 5:1, ou seja, 14g: 3g. A linhaça é fonte de ácido α -linolênico (McCULLOUGH et al., 2011; RODRIGUEZ-LEYVA et al., 2010), que se apresenta em maior quantidade, seguido pelo ácido linoleico (NOVELLO; POLLONIO, 2012). O ácido α -linolênico constitui 57% dos ácidos graxos totais na linhaça, tornando-se boa fonte de ômega-3, enquanto o ácido linoléico constitui 16% dos ácidos graxos totais (MORRIS, 2007; GANORKAR e JAIN, 2016). Chia e sacha inchi também são plantas que apresentam perfil nutricional semelhantes à linhaça, em especial os conteúdos de ômega 6 e 3, conforme estudos de Silva et al (2016) e Vicente, Carvalho e Garcia-Rojas (2015) respectivamente.

Os ácidos graxos de cadeia muito longa, como o ácido araquidônico e docosaenoico desempenham importantes funções no desenvolvimento e funcionamento do cérebro e da retina. Esse grupo de ácidos graxos pode ser sintetizado a partir dos ácidos linoléico e α -linolênico presente na dieta (MARTIN et al., 2006; MOHEBI-NEJAD e BIKDELY, 2014).

A biodisponibilidade de ácido α -linolênico (ALA) depende da forma da linhaça consumida, pois o ácido α -linolênico tem maior biodisponibilidade no óleo do que nas sementes moídas e possui maior biodisponibilidade em sementes moídas do que em sementes inteiras (AUSTRIA et al., 2008). Os ácidos graxos poli-insaturados ômega-3 e ômega-6 competem pelas enzimas dessaturases e elongases, originando séries diferenciadas de eicosanoides (prostaciclina, tromboxano e leucotrienos). Estes terão funções específicas em cada tipo de tecido, podendo atuar na produção e inibição de agregação plaquetária, efeito anti-inflamatório, quimiotático, vasodilatador, bem como na captação de colesterol dos tecidos. Cabe ressaltar, que os ácidos graxos poli-insaturados trans podem interferir no mecanismo destas enzimas, inativando eicosanoides. A grande maioria dos eicosanoides derivados da série do ômega-6 tem efeitos pró-inflamatórios, pró-arrítmico, induz febre, causa dor, broncoconstrição, pró-agregação e vasoconstrição. Quanto aos derivados da série ômega-3, possuem efeitos anti-

inflamatórios, antiarrítmico, antiagregatório e de diminuição do estresse oxidativo (MARKIEVICZ et al., 2016).

Uma dieta rica em azeite, frutas e vegetais, nozes, cereais, peixes, óleo e semente de linhaça como fonte de ácidos graxos poli-insaturados ômega-3 podem exercer proteção para reduzir a incidência de doenças cardiovasculares (KRIS-ETHERTON et al., 2002; NEDJA; BIKEDLI, 2014).

1.3.2 Linhaça como fonte de fibra alimentar

A American Association of Cereal Chemistry (AACC, 2001) definiu fibra alimentar como "a parte comestível de plantas, ou carboidratos análogos, que são resistentes à digestão e absorção no intestino delgado humano com fermentação completa ou parcial no intestino grosso, que inclui polissacarídeos, oligossacarídeos, lignina e substâncias vegetais associadas" (VITAGLIONE, NAPOLITANO; FOGLIANO, 2008; MACAGNAN, SILVA; HECKTHEUER, 2016).

As diversas frações da fibra alimentar agrupam-se de acordo com seus componentes e características determinando o tipo de fibra (BERNAUD e RODRIGUES, 2013). As fibras solúveis dissolvem-se em água, formando géis viscosos que não são digeridos no intestino delgado, são facilmente fermentadas pela microbiota do intestino grosso, incrementam o bolo fecal, com efeitos fundamentais e específicos na parede do cólon e de vários órgãos. São solúveis as pectinas, as gomas, a inulina e algumas hemiceluloses. As fibras insolúveis não são solúveis em água, portanto, não formam géis, e sua fermentação é limitada, e apresenta como propriedade fundamental a sua grande capacidade hidrofílica e o aumento do bolo fecal. São insolúveis à lignina, celulose e algumas hemiceluloses. (CUMMINGS, 1981; GALLEGO, 2003; WONG; JENKINS, 2007; BERNAUD; RODRIGUES, 2013).

As recomendações atuais de ingestão de fibra alimentar na dieta variam de acordo com a idade, o sexo e o consumo energético, sendo a recomendação adequada em torno de 14g de fibra alimentar para cada 1000 kcal ingeridas ou 25g por dia para as mulheres e 38g por dia para os homens (ADA, 2008). No entanto, esta não preconiza valores de referência para fibras solúveis e insolúveis.

A linhaça tem baixo teor de carboidratos (açúcares e amidos), contribuindo pouco para ingestão total de carboidratos. O polissacarídeo é composto por duas frações principais: um arabinosilano neutro (75%) e um ácido rhamnogalacturonano (25%). O arabinosilano é composto principalmente de xilose, arabinose, e galactose e o rhamnogalacturonano consiste em L-rhamnose, D-galactose, D-galacturônico e ácido L-fucose. Existem variações significativas e consideráveis na composição de monossacarídeos, rendimento de carboidratos e qualidade do cultivo da linhaça (HO, CACACE; MAZZA, 2007; QIAN et al., 2012).

A linhaça é utilizada como um ingrediente versátil em vários tipos de produtos alimentícios (KAJLA et al., 2015). A mucilagem constitui um hidrocolóide polissacarídico de particular diversidade físico-química e estrutural de aspectos funcionais relevantes (SOUKOULIS et al., 2018), tornando-se de importância comercial na indústria de alimentos e dentre outras, onde são utilizadas para estabilização de emulsões, como espessantes e gelificantes, inibidores de cristais e agentes encapsulantes (SAHA; BHATTACHARYA, 2010).

O uso de mucilagem de linhaça na elaboração de alimentos selecionados (por exemplo, molho para salada, sorvetes e produtos cárneos emulsionados) contribui para a melhoria da capacidade de ligação à água e das propriedades emulsionantes (STEWART; MAZZA, 2000; LIM et al., 2010; ZAJAC et al., 2016).

1.3.3 Proteína

O percentual de proteínas (20-30%) da semente de linhaça, chia (23%), ervilha e grão de bico (21%) (WEBER et al., 2008; COSTA et al., 2006; MARTINCHICK et al., 2012), é indicativo para a sua utilização como fonte de nutrientes para uma diversidade de produtos potenciais em que podem ser incorporados (HUSSAIN et al, 2013).

Apesar da proteína de semente de linhaça apresentar alta digestibilidade, é limitada por lisina e arginina, no entanto, apresenta elevado teor de globulina, e é relativamente rica em ácido aspártico e ácido glutâmico. A linhaça como fonte de aminoácidos contribui na síntese de proteínas que tem o papel de manutenção e reparação de células, tecidos e órgãos (CHUNG et al., 2005; BERNACCHIA; PRETI; VINCI, 2014).

As proteínas da linhaça podem ser disponibilizadas como peptídeos biologicamente ativos. Os peptídeos bioativos são conhecidos pela elevada afinidade tecidual, especificidade e eficiência na promoção da saúde. Os peptídeos, em geral, podem desempenhar diversas atividades, com base na sua composição e sequência de aminoácidos, tais como: imunomodulatória, antimicrobiana, antitrombótica, hipocolesterolêmica, anti-hipertensiva, antiinflamatória e antioxidante. Por esta razão, a busca de peptídeos bioativos derivados de alimentos aumentou exponencialmente (MARAMBE, SHAND; WANASUNDARA, 2008; UDENIGWE et al., 2009a, NWACHUKWU et al., 2014; COELHO; SALLAS-MELADO, 2014; DALIRI; OH; LEE, 2017).

1.3.4 Compostos fenólicos

Os fenólicos vegetais e polifenóis são metabólitos naturais secundários que surgem biogeneticamente, com importantes atribuições fisiológicas nas plantas (LATTANZIO, 2013). Estão largamente distribuídos na natureza e são derivados dos ácidos benzóico e cinâmico, bem como de flavonoides. Em geral, possuem um anel aromático possuindo um ou mais substituintes hidroxil e podem ser encontrados no estado livre, conjugados com açúcares ou ésteres ou polimerizados (SHAHIDI, 2000). São antioxidantes primários que agem como sequestradores de radicais livres e bloqueadores de reações em cadeia (MOREIRA; MANCINI-FILHO, 2004; MENA; LLORACH, 2017).

A linhaça contém pelo menos três tipos de fenólicos como os ácidos fenólicos, flavonóides e lignanas (MORRIS, 2007; KASOTE, 2013). Possui de 800 a 1000 mg do total de ácidos fenólicos por 100g de sementes (SHAHID; NACZK, 2003). Apresenta conteúdo total de flavonoides na ordem de 35 a 71mg/100g (OOMAH; MAZZA, 1998). Também possui o maior teor de lignanas entre os vegetais (0,7-1,5% do peso seco das sementes), entre os quais prevalece secoisolariciresinol diglucosídeo (SDG), encontrado em quantidades de 21mg/g de óleo que pode variar em função de cultivares, região e método de análise (MUELLER et al., 2010).

Os lignanos são dímeros de fenilpropanóides, formados pela união de resíduos de dois ácidos cinâmicos e composto de núcleos de 2,3-dibenzilbutano (ALBINI et al. 2014). As unidades de fenilpropano são ligadas pelo carbono central (C8) de suas cadeias laterais (UMEZAWA, 2003; WILLFOR et al., 2006).

Na linhaça, a SDG é armazenada em um éster ligado com o ácido 3-hidroxi-3-metilglutárico (HMGA). Além de SDG, quantidades menores de outros tipos de lignanas, tais como matairesinol, isolariciresinol, lariciresinol e pinocoresinol também foram identificados na linhaça (MEAGHER et al., 1999, SICILIA et al., 2003).

A lignana é o produto da transformação da lignina em compostos fenólicos que sofre hidrólise intestinal por bactérias β -glucosidases. A SDG e a matairesinol são metabolizadas em enterodiol e, em seguida, em enterolactona. Estas são convertidas em seus correspondentes

metabólitos, enterolactona e enterodiól, por ação de bactérias no cólon, desempenhando importante papel no efeito protetor do câncer. Outros precursores do enterolignanas na dieta incluem lariciresinol, pinoresinol, medioresinol, syringaresinol, arctigenina e sesamina (THOMPSON et al., 1991; IRANZO, 2012). Estes metabólitos são então absorvidos no cólon e conjugado com ácido glucurônico ou sulfato no fígado. Alguns dos metabólitos podem também passar pela circulação entero-hepática. As lignanas são excretadas na bile e na urina como conjugados glucuronídeos e nas fezes na forma não conjugada. Os maiores metabólitos, enterolactona e enterodiól, são excretados na urina (BHATHENA; VELASQUEZ, 2002).

A capacidade antioxidante de lignana de linhaça (SDG) está relacionada com a supressão de condições oxidantes das espécies reativas de oxigênio, atuando como sequestrante de radicais hidroxil e como compostos estrogênicos, devido à sua semelhança estrutural com 17- β -estradiol. A secoisolariciresinol diglicosilada e sua aglicona secoisolariciresinol exibem elevada capacidade antioxidante e atuam como protetores contra os danos do DNA e lipossomas, especialmente nas células epiteliais do cólon expostas a estes compostos durante o metabolismo que os transformam em lignanas mamíferos no cólon por bactérias (RAJESHA et al., 2006; HU, YUAN; KITTS, 2007).

As lignanas, juntamente com as isoflavonas e coumestanas, são consideradas fitoestrogênios, que são compostos difenólicos naturais, semelhantes em estrutura e em função ao estradiol e têm fraca afinidade para o receptor de estrogênio. Esses componentes promovem benefícios à saúde, como menor risco de osteoporose, doenças crônicas, sintomas da menopausa e câncer de mama, pois ao serem convertidas em enterolactona e enterodiól, ambas com atividade antiestrogênica e estruturalmente semelhante ao estrogênio; se ligam aos receptores celulares, diminuindo o crescimento celular (LANDETE et al., 2017; CALADO et al., 2018).

1.4 Benefícios da Linhaça à Saúde Humana

Diferentes padrões dietéticos modulam diversos aspectos dos fatores de risco cardiovasculares, como níveis lipídicos no plasma, resistência à insulina e metabolismo glicídico, pressão arterial, fenômenos oxidativos, função endotelial e inflamação vascular (SANTOS et al., 2013). O ácido α -linolênico dietético no óleo de linhaça está associado a uma redução nos eventos cardiovasculares através de suas propriedades hipolipidêmicas e anti-inflamatórias (MOZAFFARIAN et al., 2011).

Os efeitos do óleo de linhaça contendo éster de ácido α -linolênico de esteróis vegetais, foram investigados em camundongos knockout- apoE (deficientes em apolipoproteína E) com aterosclerose, e os resultados demonstraram que o óleo de linhaça contendo esteróis vegetais, apresentou interação sinérgica na melhora da aterosclerose, além de otimizar os níveis gerais de lipídios, inibir a inflamação e reduzir o estresse oxidativo (HAN et al., 2015).

Ensaio bioquímico em pacientes com síndrome metabólica (n= 20) que consumiram diariamente 40g de linhaça dourada por 28 dias demonstraram redução significativa nos níveis de lipídios (PILAR et al., 2014). Avelino et al. (2015) reportaram que o óleo de linhaça foi eficaz na redução do colesterol total do plasma e do colesterol de lipoproteínas de baixa densidade (LDL), além de ter promovido o aumento no colesterol de lipoproteínas de alta densidade (HDL) em idosos suplementados com 3g de óleo de linhaça.

Estudos epidemiológicos demonstraram que a ingestão de fibra alimentar está associada a um menor peso corporal (CLARK; SLAVIN, 2013), pois estas podem aumentar a saciedade e regular a ingestão de energia através de suas propriedades (REBELLO et al., 2016; BURTON-FREEMAN et al., 2017). Além disso, reduz os níveis séricos de colesterol, melhora a glicemia em pacientes diabéticos e pode representar proteção ao risco de desenvolvimento de doença

coronariana, hipertensão, obesidade, diabetes e câncer de cólon (WONG; JENKINS, 2007; BERNAUD; RODRIGUES, 2013).

Kristensen et al. (2013) verificaram que as fibras alimentares da linhaça têm uma relação direta com a saúde, em particular na regulação do peso corporal, tanto pela supressão da fome quanto pela diminuição da absorção de nutrientes. A fibra solúvel forma um gel quando misturada com água que retarda o esvaziamento do estômago, diminuindo potencialmente os níveis de glicose no sangue. O colesterol também é reduzido, pois é cercado pelo gel que inibe a sua absorção e leva o colesterol a ser excretado (BERNACCHIA, PRETI; VINCI, 2014). A viscosidade interfere no processo de mistura peristáltica no intestino delgado para impedir a digestão e a absorção de nutrientes, o que precipita os sinais de saciedade (REBELLO et al., 2016).

Bhathena et al. (2002), estudando o efeito da proteína de soja e do farelo de linhaça sobre parâmetros metabólicos em dois modelos animais, verificaram que, em ambas as cepas de ratos, o farelo de linhaça diminuiu significativamente o colesterol plasmático e concentrações de triglicérides, concluindo que para os distúrbios cardiovasculares, os dados mostram que a farelo de linhaça pode ter efeitos benéficos.

Udenigwe et al. (2009b) investigaram os hidrolisados enzimáticos da proteína da linhaça para a inibição *in vitro* das atividades da enzima de conversão da angiotensina I (ECA) e da renina. Os resultados mostraram que os componentes proteicos do farelo de linhaça possuem sequências de aminoácidos peptídicos que podem ser exploradas como potenciais fontes alimentares de agentes anti-hipertensivos. As amostras de hidrolisado proteico de linhaça (HPL) e as frações de peptídeos foram avaliadas para a inibição *in vitro* das atividades da enzima de conversão da angiotensina I (ECA) e da renina e testadas quanto à atividade anti-hipertensiva *in vivo* em ratos espontaneamente hipertensos (SHR). O HPL mostrou as atividades inibitórias de ECA e renina mais elevadas e os peptídeos demonstraram aumentos significativos na inibição da ECA e melhoria marginal na atividade inibidora da renina. As amostras de HPL e as frações peptídicas foram também eficazes na redução da pressão arterial sistólica (PAS) em ratos espontaneamente hipertensivos (REH) (NWACHUKWU et al., 2014).

Barre et al. (2012) administraram 600mg de secoisolariciresinol diglucosídeo (SDG)/dia por três meses em 16 pacientes diabéticos tipo 2, e verificaram nesta população que a SDG combateu o ganho de circunferência da cintura e o estado protrombótico, reduzindo assim, o risco de infarto do miocárdio e o acidente vascular cerebral. Segundo esses autores, o 3-ácido-hidroxi-3-metilglutarico (HMGA) das lignanas, que é um agente hipocolesterolêmico, pode ter contribuído para tal resultado.

Fabian et al. (2010) realizaram estudo piloto de modulação de biomarcadores de risco para o câncer de mama em 45 mulheres pré-menopáusicas após a administração de 50mg/dia da lignana secoisolariciresinol e concluíram que a lignana contribuiu na redução do Ki-67 ao elevar os níveis plasmáticos de secoisolariciresinol em 10 vezes em 80% das mulheres.

Azrad et al. (2013) suplementaram com 30g de linhaça por 30 dias 147 pacientes com câncer de próstata, e verificaram que as lignanas derivadas da linhaça poderiam dificultar a proliferação de células cancerígenas através de vias associadas ao fator de crescimento endotelial vascular (FCEV).

Delman et al. (2015) verificaram que a linhaça pode ter efeito seletivo do modulador do receptor estrogênico, resultando em atividade antiestrogênica em um ambiente com altas concentrações de estrogênio. Em seu estudo com ratas ACI, verificaram que o tratamento com 100ppm de SDG normalizou vários biomarcadores no tecido mamário (displasia, número de células e expressão de vários genes) que haviam sido alterados por carcinógeno.

Haliga et al. (2013) estudaram o possível efeito da linhaça na prevenção da lesão aterosclerótica. Verificaram que altas porções de farinha de linhaça incorporadas à dieta rica em gordura impediram a progressão de lesões ateroscleróticas em ratos com deficiência de

estrogênio, diminuindo a reatividade plaquetária e endotelial. A moagem da linhaça melhora substancialmente a biodisponibilidade das enterolignanas (KUIJSTEN, 2005), provavelmente devido à melhor acessibilidade da bactéria do cólon à linhaça moída, a dose de linhaça ingerida (ARTERBURN, 2006) e a composição lipídica da dieta (RODRIGUEZ-LEYVA et al., 2010). No entanto, uma dose de pelo menos 500mg de SDG/dia por aproximadamente oito semanas é necessária para observar possíveis efeitos positivos sobre os fatores de risco cardiovasculares em pacientes humanos (ADOLPHE et al., 2010).

Waldschläger et al. (2005) investigaram os efeitos diretos do extrato contendo lignana obtido a partir de 15g de sementes de linhaça na linhagem de células tumorais receptor de estrogênio-positivas Jeg3. O extrato de lignana mostrou efeitos inibitórios na produção de hormônios e na proliferação de células tumorais sensíveis a hormônios.

1.5 Adição de Linhaça na Elaboração de Alimentos

O interesse em estudar a linhaça como possível ingrediente alimentar surgiu devido ao seu alto teor de antioxidantes, proteínas, fibras e ácido graxo ômega-3. A composição de nutrientes da linhaça difere de outras grandes oleaginosas como canola e girassol, tornando a sua utilização mais promissora em diferentes produtos alimentícios (MORRIS, 2007; GANORKAR; JAIN, 2013).

Neste grande mercado de produtos funcionais, a indústria de alimentos está exigindo ingredientes econômicos, de alta qualidade, inovadores e elevado valor nutricional e tecnológico. Nesse sentido, a linhaça como fonte de ácidos graxos ω -3, lignanas, proteínas e fibras alimentares, fornece à indústria uma excelente alternativa no desenvolvimento dos produtos alimentícios de valor agregado (GOYAL et al., 2014). À luz de suas propriedades funcionais, o concentrado proteico de linhaça pode ser recomendado para uso como ingrediente em produtos cárneos emulsionados, hambúrgueres e sorvetes (MARTINEZ-FLORES et al., 2006).

Portanto, a incorporação na dieta, de sementes, tais como a linhaça, que contém substâncias promotoras de saúde, é particularmente desejável. No entanto, um grande desafio para o desenvolvimento de produtos alimentares enriquecidos é apresentado pelos vários critérios de aceitação: o frescor do produto, as características sensoriais, a aparência, as condições de armazenamento, a facilidade de preparação e de normas de segurança que devem ser alcançadas (DRUSCH; MANNINO, 2009; LUCERA et al., 2012), além dos benefícios nutricionais.

Atualmente, os grãos inteiros de linhaça são utilizados em produtos forneados preparados com cereais para aumentar a quantidade e qualidade da fibra alimentar e de proteína. A linhaça moída, seca e estável é aplicada em diversos alimentos como pão, macarrão, muffins, biscoitos, pães de queijo, bolos, barras, iogurte e produtos cárneos emulsionados (MERCIER et al., 2014; DAL BELLO et al., 2015; YOGESH et al., 2015).

Para Ares, Gimenez e Gámbaro (2008), os atributos relacionados à aparência, textura e sabor tem importante papel na percepção e aceitação dos produtos pelos consumidores. Lim et al. (2010) investigaram a substituição do leite pelo óleo de linhaça (2,5%, 5,0% e 7,5%) em sorvetes reduzidos de gordura e verificaram que o nível mais aceitável de substituição foi de 2,5%. A incorporação do óleo de linhaça afetou as propriedades físico-químicas do sorvete, como o aumento da cor em direção ao amarelo, diminuiu a doçura, suavidade e cremosidade e alcançou aceitabilidade geral similar ao sorvete comercial.

Cukelj et al. (2017) desenvolveram biscoitos adicionados de 10% de linhaça e multigrãos com a finalidade de obter produtos de maior valor nutritivo pela incorporação de compostos bioativos. Os biscoitos produzidos a partir da combinação de farinhas de cereais com linhaça resultaram em aceitação sensorial semelhante aos biscoitos de farinha branca. Em

particular, os biscoitos adicionados de linhaça obtiveram concentração de lignanas (faixa final entre 101 e 117mg/kg) 30 vezes maior do que em biscoitos de trigo integral não enriquecidos (3,6mg/kg). Outra característica, potencialmente benéfica de saúde, foi o alto conteúdo de ômega-3 presente nos biscoitos desenvolvidos.

Kumar et al. (2017) avaliaram como a adição de óleo e farinha de linhaça (1% e 2%), além de frutas, em uma formulação de iogurte afetaria o conteúdo nutricional, as propriedades funcionais básicas e as características sensoriais do produto, em comparação com o controle. Observaram que o iogurte de frutas (20% de mistura de frutas e açúcares) com incorporação de óleo de linhaça até 2% combinado com 1% de farinha de linhaça mantiveram as características funcionais e sensoriais o produto. O aumento do teor de gorduras, proteínas, carboidratos e minerais no iogurte foram especialmente favorecidos pelo óleo e farinha de linhaça. E ainda, a análise de ácidos graxos revelou que o teor de ácido α -linolênico (ALA) aumentou de 0,45%, na amostra controle para 22,80% de ALA no produto final.

O estudo de Kaur et al. (2013) preparou um pão de trigo integral com valor nutricional melhorado e qualidade sensorial após incorporação de farinha de linhaça em níveis de 5, 10, 15 e 20%. O pão adicionado de 10% de farinha de linhaça apresentou melhores condições de cozimento e propriedades sensoriais, nutricionais e funcionais melhorados. Além disso, adequou-se ao padrão de consumo atual o qual busca produtos reduzidos em gordura, combinados com grãos integrais, ricos em fibras alimentares e saudáveis. A qualidade e a aceitabilidade geral dos pães de linhaça foram melhores do que o controle.

Marpalle et al. (2015) demonstraram que a incorporação de diferentes quantidades de farinha de linhaça resultou em um pão com baixo índice glicêmico (51,26g/100 g), enriquecido com ácido graxo ômega-3 e considerável potencial antioxidante (1489,59 TE μ g/g).

Cameron e Hosseinian (2013) desenvolveram um papel de arroz como fonte de ômega-3, adicionado de farinha de linhaça com o propósito de melhorar a qualidade nutricional e a atividade antioxidante. Nesse sentido, a atividade antioxidante e o conteúdo de fenólico total foi significativamente maior do que no papel de arroz controle. Além disso, foi possível incorporar farinha de linhaça nas formulações do papel de arroz e obter um produto com boas características sensoriais, especialmente nos atributos sabor e textura.

Cattani et al. (2014) investigaram se a adição de linhaça extrusada (LE), em dietas de 18 vacas leiteiras, teve efeito na gordura do leite e na recuperação de ácidos graxos individuais no queijo, após 90 dias de amadurecimento. Eles constataram que a alimentação de vacas com linhaça permitiu a produção de produtos lácteos com um perfil de ácidos graxos individuais mais favoráveis devido ao aumento na proporção de ácidos graxos ômega-3 tanto no leite como no queijo, bem como também confirmaram que a inclusão dietética de 500g/dia de linhaça extrusada parece ser suficiente para um perfil mais favorável. A presença de linhaça extrusada nas dietas de vacas leiteiras não influenciou o rendimento de queijo fresco ou a porcentagem de recuperação de gordura no queijo após 90 dias de amadurecimento, independentemente do nível de suplementação de linhaça (500 ou 1.000g/d).

As proteínas de linhaça também apresentam propriedades antifúngicas, conforme estudo de Xu et al. (2008). Os resultados sugeriram que o pH neutro e alcalino favorecem a estabilidade da atividade antifúngica dos extratos protéicos. Assim, a proteína da linhaça pode ser promissora se usada como conservante em alimentos com pH neutro ou alcalino, exigindo tratamentos térmicos moderados.

O desenvolvimento de produto cárneo como fonte de fibras alimentares com baixo teor de gordura pode atrair consumidores preocupados com a sua dieta e saúde. As carnes e produtos cárneos constituem um grupo alimentar que contribuem para a ingestão de diferentes nutrientes necessários para atender às necessidades metabólicas; no entanto, também contribuem para a ingestão de gordura, ácidos graxos saturados, colesterol, sal e outras substâncias que podem ter

implicações negativas para a saúde (OLMEDILLA-ALONSO; JIMENEZ-COLMENERO; SÁNCHEZ-MUNIZ, 2013).

Os alimentos funcionais constituem uma excelente oportunidade para a indústria de carne para melhorar a qualidade e a imagem a ela associada, não só para evitar a queda nas vendas no mercado resultante da percepção negativa, mas também para conseguir maior diversificação no setor através do desenvolvimento de produtos com propriedades benéficas para a saúde (JIMENEZ-COLMENERO et al., 2012).

Bilek e Turhan (2009) e Oliveira et al. (2014) utilizaram diferentes proporções de linhaça como substituto parcial de gordura e ingrediente funcional na produção de hambúrgueres de carne e relataram incremento da qualidade nutricional do produto como o aumento dos níveis de ácidos graxos polinsaturados, principalmente de ômega-3, e redução do conteúdo de ácidos graxos saturados. Novello e Pollonio (2013) adicionaram 5,0% de óleo, farinha, ou semente de linhaça dourada em hambúrgueres e reportaram a melhoria no perfil nutricional do produto, como o aumento de ácidos graxos ômega-3, redução da relação n-6/n-3, e aumento da relação polinsaturados/saturados. Yogesh et al. (2015) investigaram a incorporação de 1 a 5% de farinha de linhaça em emulsão de carne de frango e observaram efeitos positivos nas propriedades tecnológicas, valor nutricional e conseqüente benefícios para a saúde decorrente do consumo dos produtos à base de emulsão, com mudanças mínimas nas propriedades sensoriais.

Turp (2016) reportou que farinha de linhaça melhorou a retenção de ácido graxo α -linolênico a partir do método ôhmico de cocção; no entanto, promoveu textura mais firme ao produto. Hautrive et al. (2018) avaliaram o efeito da substituição de gordura por 4% de quitosana, 7,5% de farinha de linhaça dourada e 7,5% de farinha de linhaça dourada desengordurada em hambúrgueres e observaram aumento do teor de fibras com características sensoriais com potencial de mercado.

Para melhorar o perfil nutricional dos produtos cárneos, Novello et al. (2019) avaliaram o efeito da adição de diferentes misturas (óleo e/ou farinha e/ou semente), variando de 2,5% a 5% em hambúrgueres de carne bovina. Estes verificaram que a adição de linhaça dourada aumentou o teor de ácidos α -linolênico, principalmente com o uso de óleo, embora níveis mais altos de linhaça tenham comprometido as notas atribuídas aos atributos de sabor e textura.

Angiolillo et al. (2014) elaboraram hambúrgueres de carne funcional e verificaram que as combinações de frutooligossacarídeos (FOS) e inulina, respectivamente combinadas com espuma de farelo de aveia, melhoraram as características tecnológicas, sensoriais dos hambúrgueres, bem como a qualidade nutricional com o aumento do teor de fibras do produto.

Bastos et al. (2014) avaliaram o efeito de substitutos de gordura nos atributos de qualidade de hambúrgueres de carne e verificaram que as farinhas de aveia, de casca de maçã, de polpa de banana verde e de casca de banana verde, assim como a polpa de banana verde reduziram o teor lipídico do produto sem depreciar a qualidade tecnológica e sensorial. Selani et al. (2016) avaliaram hambúrgueres com baixo teor de gordura pela substituição por subproduto de abacaxi e óleo de canola e relataram que o uso de subprodutos de abacaxi foi eficaz na melhoria das características tecnológicas e a qualidade nutricional por meio do aumento do teor de fibra no produto.

Almeida et al. (2017) elaboraram hambúrguer de frango com substituição parcial da gordura por 3% de farinha da casca do maracujá e consideraram como potencial alternativa de mercado apresentando características de produto saudável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC. American Association of Cereal Chemists. The Definition of Dietary Fiber. Report of the Dietary Fiber Definition Committee to the Board of Directors of the **American Association of Cereal Chemists**. v. 46, n. 3, 2001.
- ADA. American Dietetic Association. Position of the American Dietetic Association: Health Implications of Dietary Fiber. **J Am Diet Assoc**, v. 108, p. 1716-1731, 2008.
- ADOLPHE, J.L. et al. Health effects with consumption of the flax lignan secoisolariciresinol diglucoside. **Br J Nutr**, v. 103, n. 7, p. 929-38, 2010.
- ALBINI, A. et al. Exogenous Hormonal Regulation in Breast Cancer Cells by Phytoestrogens and Endocrine Disruptors. **Current Medicinal Chemistry**, v. 21, p. 1129-1145, 2014.
- ALMEIDA, E. M. et al. Elaboração e aceitação sensorial de hambúrguer de frango com substituição parcial da gordura por farinha da casca de maracujá. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v.7, n. 2, p.363-367, 2017.
- ALVARENGA JÚNIOR, E. R. Dossiê Técnico. **Métodos de extração do extrato e obtenção do óleo de linhaça**. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC/MG. 2011.
- ANGIOLILLO, L.; CONTE, A.; DEL NOBILE, M.A. Technological strategies to produce functional meat burgers, **LWT - Food Science and Technology**, p. 1-7, 2014.
- ARES, G.; GIMENEZ, A.; GÁMBARO, A. Understanding consumers' perception of conventional and functional yogurts using word association and hard laddering. **Food Quality and Preference**, v. 19, n. 7, p. 636-643, 2008.
- ARTERBURN, L.M.; HALL, E. B.; OKEN, H. O. Distribution, interconversion, and dose response of n₃ fatty acids in humans. **Am J Clin Nutr**, v. 83, p. 1467–76, 2006.
- AUSTRIA, J. A. et al. Bioavailability of Alpha-Linolenic Acid in Subjects after Ingestion of Three Different Forms of Flaxseed. **Journal of the American College of Nutrition**. v. 27, n. 2, p. 214–221, 2008.
- AVELINO, A. P. A. et al. Additive effect of linseed oil supplementation on the lipid profiles of older adults. **Clinical Interventions in Aging**, v. 10, p. 1679–1685, 2015.
- AZRAD, M. et al. Flaxseed-derived enterolactone is inversely associated with tumor cell proliferation in men with localized prostate cancer. **J Med Food**, v.16, n. 4, p. 357–360, 2013.
- BALDANZI, G. et al. **As lavouras de inverno 2: cevada, linho, lentilha**. Rio de Janeiro: Globo, 1988. 184p.
- BARRE, D. E. Flaxseed Lignan Complex Administration in Older Human Type 2 Diabetics Manages Central Obesity and Prothrombosis—An Invitation to Further Investigation into Polypharmacy Reduction. **Journal of Nutrition and Metabolism**. v. 2012, p. 1-7, 2012.

BASTOS, S. C. et al. Alternative fat substitutes for beef burger: technological and sensory characteristics. **J Food Sci Technol**, v. 51, n. 9, p. 2046–2053, 2014.

BERGLUND, D.R.; ZOLLINGER, R. K. **Flax production in North Dakota**. 2002. Disponível em: <https://www.ag.ndsu.edu/.../crops/flax-production-in-north-dakota>. Acesso em 21 out. 2017.

BERNACCHIA, R.; PRETI, R.; VINCI, G. Chemical composition and health benefits of flaxseed. **Austin Journal of Nutrition and Food Sciences**, v. 2, n. 8, 1-9, 2014.

BERNAUD, F. S. R.; RODRIGUES, T. C. Fibra alimentar – ingestão adequada e efeitos sobre a saúde do metabolismo. **Arq Bras Endocrinol Metab**, v. 57, n. 6, 2013.

BILEK, A. E; TURHAN, S. Enhancement of the nutritional status of beef patties by adding flaxseed flour. **Meat Science**, v. 82, p. 472–477, 2009.

BURTON-FREEMAN, B. et al. Ratios of soluble and insoluble dietary fibers on satiety and energy intake in overweight pre-and postmenopausal women. **Nutrition and Healthy Aging**, v. 4, p. 157–168, 2017.

CALADO, A. The effect of Flaxseed in Breast Cancer: A Literature Review. **Frontiers in Nutrition**, v. 5, n. 4, 2018.

CAMERON, S. J.; HOSSEINIAN, F. Potential of flaxseed in the development of omega-3 rice paper with antioxidant activity. **LWT – Food Science and Technology**, v. 53, n. 1, p. 170-175, 2013.

CATTANI, M. et al. Recovery of n-3 polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acids in ripened cheese obtained from milk of cows fed different levels of extruded flaxseed. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 1, p. 123-135, 2014.

CESPEDES, E. M.; HU, F. B. Dietary patterns: from nutritional epidemiologic analysis to national guidelines. **Am J Clin Nutr**, v. 101, p. 899–900, 2015.

CHISTÉ, R. C. et al. Quantificação de cianeto total nas etapas de processamento das farinhas de mandioca dos grupos seca e d'água. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 1, p. 221-226, 2010.

CHUNG, M.; LEI, B.; LI-CHAN, E. Isolation and structural characterization of the major protein fraction from NorMan flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). **Food Chem**, v. 90, p. 271-279, 2005.

CLARK, M. J.; SLAVIN, J. L. The effect of fiber on satiety and food intake: a systematic review. **J Am Coll Nutr**, v. 32, n. 3, p. 200-11, 2013.

COELHO, M. S.; SALLAS-MELADO, M. M. Review: Chemical composition, functional properties and technological applications of chia (*Salvia hispanica* L) seeds in foods. **Braz. J. Food Technol**, v. 17, n. 4, p. 259-268, 2014.

COSKUNER, Y.; KARABABA, E. Some physical properties of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). **Journal of Food Engineering**, v. 78, p.1067–1073, 2007.

COSTA, N. M. B.; MARTINO, H. S. D. Fibras alimentares. In: COSTA, N. M. B.; PELUZIO, M. C. G. **Nutrição Básica e Metabolismo**. Viçosa: Editora UFV, 2012, p. 113-114.

COSTA, G. E. A. Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. **Food Chemistry**, v. 94, n. 3, p. 327-330, 2006.

ČUKELJ, N. et al. Flaxseed and multigrain mixtures in the development of functional biscuits. **LWT**, v. 86, p. 85-92, 2017.

CUMMINGS, J. H. Short chain fatty acids in the human colon. **Gut**, v. 22, n. 9, p. 763-779, 1981.

DAL BELLO, B. et al. Healthy yogurt fortified with n-3 fatty acids from vegetable sources. **American Dairy Science Association**, v. 98, p. 1-11, 2015.

DALIRI, E. B.M.; OH, D. H.; LEE, B. H. Bioactive Peptides, **Foods**, v. 6, n. 32, p. 2-17, 2017.

DELMAN, D. M. et al. Effects of flaxseed lignan secoisolariciresinol diglucoside on preneoplastic biomarkers of cancer progression in a model of simultaneous breast and ovarian cancer development **Nutr Cancer**, v. 67, n. 5, p. 857-864, 2015.

DRUSCH, S.; MANNINO, S. Patent-based Review on Industrial Approaches for the Microencapsulation of Oils Rich in Polyunsaturated Fatty Acids. **Trends in Food Science and Technology**, v. 20, n. 6-7, p. 237-244, 2009.

ENDO, J.; ARITA, M. Cardioprotective mechanism of omega-3 polyunsaturated fatty acids. **Journal of Cardiology**, v. 67, p. 22-27, 2016.

FABIAN, C. J. Reduction in Ki-67 in Benign Breast Tissue of High Risk Women with the Lignan Secoisolariciresinol Diglycoside (SDG). **Cancer Prev Res**, v. 3, n. 10, p. 1342-1350, 2010.

FAO. Food and agriculture organization. Fats and fatty acids in human nutrition. **FAO Food Nutr Pap**, v. 91, p. 1-166, 2010. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i1953e.pdf>. Acesso em 11 de mai de 2017.

GALLEGO, A. S. Fibra y prebióticos: conceptos y perspectivas. **Gastroenterol Hepatol**, v. 26, n. 1, p. 6-12, 2003.

GANORKAR, P. M.; JAIN, R. K. Flaxseed – a nutritional punch. **International Food Research Journal**, v. 20, n. 2, p. 519-525, 2013.

GANORKAR, P. M.; JAIN, R. K. Effect of flaxseed incorporation on physical, sensorial, textura and chemical attributes of cookies. **International Food Research Journal**, v. 21, n. 4, p. 1515-1521, 2014.

GOH, K. K. T.; YE, A.; DALE, N. Characterisation of ice cream containing flaxseed oil. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 41, p. 946-953, 2006.

GOKHALE S, SAHU, A. N. Pharmacological properties of flaxseed, *Linum usitatissimum* Linn., as a potential medicinal plant: An overview. **World J Pharm Sci.** v. 4, n. 8, p. 207-215, 2016.

GOYAL, A. et al. Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food. **J Food Sci Technol**, v. 51, n. 9, p.1633–1653, 2014.

HAN, H. et al. Flaxseed oil containing flaxseed oil ester of plant sterol attenuates high-fat diet-induced hepatic steatosis in apolipoprotein-E knockout mice. **Journal of Functional Foods**, v. 13, p. 169-182, 2015.

HALIGA, R. E. et al. Flaxseed Prevents Leukocyte and Platelet Adhesion to Endothelial Cells in Experimental Atherosclerosis by Reducing sVCAM-1 and vWF. **The Scientific World Journal**, v. 2013, p. 1-6, 2013.

HAUTRIVE, T.P. et al. Effect of fat replacement by chitosan and golden flaxseed flour (wholemeal and defatted) on the quality of hamburgers, **LWT - Food Science and Technology**, v. 102, p. 403-410, 2019.

HO, C. H. L.; CACACE, J. E.; MAZZA, G. Extraction of lignans, proteins and carbohydrates from flaxseed meal with pressurized low polarity water. **LWT**, v. 40, n. 9, p. 1637-1647, 2007.

HU, C.; YUAN, Y. V.; KITTS, D. D. Antioxidant activities of the flaxseed lignan secoisolariciresinol diglucoside, its aglycone secoisolariciresinol and the mammalian lignans enterodiol and enterolactone in vitro. **Food and Chemical Toxicology**. v. 45, p. 2219–2227, 2007.

HUSSAIN, S. et al. Functional flaxseed in baking. **Quality Assurance and Safety of Crops & Foods**, December, v. 5, n. 4, p. 375-385, 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Lavoura temporária** – quantidade produzida. 2015. Disponível em: <http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?no=1&op=0&vcodigo=PA3&t=lavouratemporaria-quantidade-produzida>. Acesso em: 13 set. 2019.

IRANZO, J. M. L. Plant and mammalian lignans: A review of source, intake, metabolism, intestinal bacteria and health. **Food Research International**, v. 46, n. 1, p. 410:424, 2012.

JIMÉNEZ-COLMENERO, F et al. **Meat and functional foods**. In Y. H. Hui (Ed.), Handbook of meat and meat processing, p. 225–248, 2nd ed. Boca Raton: CRC Press. Taylor & Francis Group, 2012.

KAJLA, P.; SHARMA, A.; SOOD, D. R. Flaxseed—a potential functional food source. **J Food Sci Technol**, v. 52, n. 4, p.1857–1871, 2015.

KASOTE, D. M. Flaxseed phenolics as natural antioxidants. **International Food Research Journal**, v. 20, n. 1, p. 27-34, 2013.

KAUR, A.; SANDHU, V.; SANDHU, K. S. Effects of Flaxseed Addition on Sensory and Baking Quality of Whole Wheat Bread. **International Journal of Food Nutrition and Safety**, v. 4, n. 1, p. 43-54, 2013.

KAUR, P. et al. Recent advances in utilization of flaxseed as potential source for value addition. **Oilseeds & fats Crops and Lipids**, v. 25, n. 3, 2018.

KRIS-ETHERTON, P. M.; HARRIS, W. S.; APPEL, L. J. Fish Consumption, Fish Oil, Omega-3 Fatty Acids, and Cardiovascular Disease. **Circulation**, v. 106, p. 2747-2757, 2002.

KRISTENSEN, M. et al. Flaxseed dietary fibers lower cholesterol and increase fecal fat excretion, but magnitude of effect depends on food type. **Nutrition & Metabolism**, v. 9, n. 8, p. 1-8, 2012.

KUIJSTEN, A. et al. The Relative Bioavailability of Enterolignans in Humans Is Enhanced by Milling and Crushing of Flaxseed. **The Journal of Nutrition**, v. 135, n. 12, p. 2812–2816, 2005.

KUMAR, S. et al. **Quality** evaluation of mutton nuggets incorporated with optimized level of flaxseed flour". **Nutrition & Food Science**, v. 47, n. 1, p. 67-77, 2017.

LANDETE, J. M. et al. Probiotic Bacteria for Healthier Aging: Immunomodulation and Metabolism of Phytoestrogens. **BioMed Research International**, v. 2017, p. 1-10, 2017.

LATTANZIO, V. Phenolic compounds. In: RAMAWAT, K.G., MÉRILLON, J.M. (Eds.). **Natural Products**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013. Disponível em: <https://www.springer.com/gp/book/9783642221439>. Acesso em 13 de jul. 2017.

LIM, C. W.; NORZIAH, M. H.; LU, H. F. S. Effect of flaxseed oil towards physicochemical and sensory characteristic of reduced fat ice creams and its stability in ice creams upon storage. **International Food Research Journal**, v. 17, p. 393-403, 2010.

LUCERA, A. e al. Food applications of natural antimicrobial compounds. **Front Microbiol.** v. 3, n. 287, 2012.

MACAGNAN, F.T.; SILVA, L. P.; HECKTHEUER, L. H. Dietary fiber: The scientific search for an ideal definition and methodology of analysis, and its physiological importance as a carrier of bioactive compounds. **Food Research International**, v. 85, p.144-154, 2016.

MACHADO, A. M. et al. Effects of brown and golden flaxseed on the lipid profile, glycemia, inflammatory biomarkers, blood pressure and body composition in overweight adolescents. **Nutrition**, v. 31, p. 90-96, 2015.

MCCULLOUGH, R.S. The Alpha Linolenic Acid Content of Flaxseed is Associated with an Induction of Adipose Leptin Expression. **Lipids**, v. 46, p.1043–1052, 2011.

MACIEL, L. M. B.; PONTES, D. F.; RODRIGUES, M. C. P. Efeito da Adição de Farinha de linhaça no Processamento de Biscoito Tipo *Cracker*. **Alim. Nutr.** v. 19, n. 4, p. 385-392, 2008.

MANTHEY, F. A.; RE, L.; HALL, C. A. Processamento e efeitos de cozimento sobre o teor de lipídios e estabilidade do ácido alfa-linolênico em espaguete contendo azeitonas moídas. **J Agric Food Chem**, v. 50, n. 6, p. 1668-71, 2002.

MARAMBE, P. W. M. L. H. K.; SHAND, E. P. J.; WANASUNDARA, J. P. D. An in-vitro investigation of selected biological activities of hydrolysed flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). **Proteins. J Am Oil Chem Soc**, v. 85, p. 1155–1164, 2008.

MARKIEVICZ, M. M. et al. **Ácidos graxos poli-insaturados: impactos na saúde**. São Paulo: ILSI Brasil-International Life Sciences Institute do Brasil, v. 4, 2016. Disponível em: https://ilsibrasil.org/wp-content/uploads/sites/9/2016/08/livro_acidos_graxos-IVO.pdf. Acesso em 16 de ago. 2017.

MARQUES et al. Efeito da linhaça (*L usitatissimum* L.) sob diferentes formas de preparo na resposta biológica em ratos. **Rev. Nutr., Campinas**, v. 24, n. 1, p. 131-141, 2011.

MARPALLE, P. et al. Nutritional characterization and oxidative stability of α -linolenic acid in bread containing roasted ground flaxseed. **LTW– Food Science and Technology**, v. 61, n. 2, p. 510-515, 2015.

MARTIN, C. A. et al. Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. **Rev. Nutr.**, v. 19, n. 6, p. 761-770, 2006.

MARTINCHIK, N. A. et al. Nutritional value and functional properties of flaxseed. **Europe PMC**, v. 81, n. 3, p. 4-10, 2012.

MARTINEZ-FLORES, H. E. et al. Functional Characteristics of Protein Flaxseed Concentrate Obtained Applying a Response Surface Methodology. **Journal of Food Science**, v. 71, n. 8, p. C495-C498, 2006.

MEAGHER, L. P. et al. Isolation and Characterization of the Lignans, Isolariciresinol and Pinoresinol, in Flaxseed Meal. **J. Agric. Food Chem**, v. 47, p. 3173–3180, 1999.

MENA, P.; LLORACH, R. New Frontiers on the Metabolism, Bioavailability and Health Effects of Phenolic Compounds. **Molecules**, v. 22, n. 151, p. 1-4, 2017.

MERCIER, S. et al. Flaxseed-Enriched Cereal-Based Products: A Review of the Impact of Processing Conditions. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 13, p. 400-12, 2014.

MOHEBI-NEJAD, A.; BIKDELI, B. Omega-3 supplements and cardiovascular diseases. **Tanaffos**, v. 13, n. 1:6-14, 2014.

MOREIRA, A. V. B.; MANCINI-FILHO, J. Influência dos compostos fenólicos de especiarias sobre a lipoperoxidação e o perfil lipídico de tecidos de ratos. **Rev. Nutr.**, v. 17, n. 4, p. 411-424, 2004.

MORRIS, D. H. **Flax – a health and nutrition primer**. 4ed. 2007. Disponível em www.flaxcouncil.ca. Acesso em 16 mar 2017.

MORRIS, D. H, VAISEY-GENSER, M. Flaxseed. **Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition**. v. 10, n. 2, p. 2525-253, 2003.

MOZAFFARIAN, D.; WU, J. H. Y. Omega-3 Fatty Acids and Cardiovascular Disease. **Journal of the American College of Cardiology**. November, v. 58, n. 20, p. 2047-67, 2011.

MUELLER, K. et al. Functional properties and chemical composition of fractionated brown and yellow linseed meal (*Linum usitatissimum* L.). **Journal of Food Engineering**; v. 98, n. 4, p. 453–460, 2010.

NEWKIRK, R. **Flax Feed Industry Guide**. Flax Canadá 2015 Winnipeg, Manitoba. Disponível em: flaxcouncil.ca/wp-content/.../Flax-Feed-Industry-Guide-Final.pdf. Acesso em: 5 mai. 2019.

NOVELLO, D.; POLLONIO, M. A. R. Adição de Linhaça Dourada (*linum Usitatissimum* L.) e Derivados em Hambúrgueres Bovinos: Aceitação Sensorial e Análise De Sobrevivência. **B. Ceppa**, v. 30, n. 2, p. 273-286, 2012.

NOVELLO, D.; POLLONIO, M. A. R. Golden flaxseed and its byproducts in beef patties: physico-chemical evaluation and fatty acid profile. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.9, p.1707-1714, 2013.

NOVELLO, D. The effect of golden flaxseed and by-product addition in beef patties: physicochemical properties and sensory acceptance. **International Food Research Journal**, v. 26, n. 4, p. 1237-1248, 2019.

NWACHUKWU, I. D. et al. Thermoase-Derived Flaxseed Protein Hydrolysates and Membrane Ultrafiltration Peptide Fractions Have Systolic Blood Pressure-Lowering Effects in Spontaneously Hypertensive Rats. **Int J Mol Sci**, v. 15, n. 10, p. 18131–18147, 2014.

OLIVEIRA, D. F. et al. Farinha de linhaça dourada como substituto de gordura animal em hambúrguer de carne bovina com redução de sódio. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 17, n. 4, p. 273-282, 2014.

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, p. 919–930, 2013.

OOMAH, B. D.; MAZZA, G. Flaxseed products for disease prevention. In: MAZZA, G. (Ed.), **Functional Foods: Biochemical and processing aspects**. Lancaster: Basel, 1998, cap.4, p. 461.

PILAR, B. C. et al 2014. O suplemento dietético de 28 dias com linhaça dourada melhora os parâmetros bioquímicos e oxidativos em pacientes. **Journal of Functional Foods**, v. 10, p. 232-242, 2014.

QIAN, K. Y. et al. Flaxseed gum from flaxseed hulls: Extraction, fractionation, and characterization. **Food Hydrocolloids**, v. 28, n. 2, p. 275-283, 2012.

RABETAFIKA, H. N. et al. Flaxseeds proteins: food uses and health benefits. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 46, p. 221-228, 2011.

RAJESHA, J. et al. Antioxidant Potentials of Flaxseed by in Vivo Model **J. Agric. Food Chem**, v. 54, p. 3794-3799, 2006.

RODRIGUEZ-LEYVA, D. et al. The cardiovascular effects of flaxseed and its omega-3 fatty acid, alpha-linolenic acid. **Can J Cardiol**, v. 26, n. 9, p. 489-96, 2010.

REBELLO, C. J.; O'NEIL, C. E.; GREENWAY, F. L. Dietary fiber and satiety: the effects of oats on satiety. **Nutrition Reviews**, v. 74, n. 2, p. 131-147, 2016.

RUBILAR, M. et al. Flaxseed as a Source of Functional Ingredients. **J. Soil Sci. Plant Nutr.** v. 10, n. 3, p. 373 - 377, 2010.

SAHA, D.; BHATTACHARYA, S. Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. **J Food Sci Technol**, v. 47, n. 6, p. 587-597, 2010.

SANTOS, R. D. et al. **Sociedade Brasileira de Cardiologia. I Diretriz sobre o consumo de Gorduras e Saúde Cardiovascular. Arq Bras Cardiol**, v. 100, n. 3, p. 1-40, 2013.

SELANI, M. et al. Effects of pineapple byproduct and canola oil as fat replacers on physicochemical and sensory qualities of low-fat beef burger. **Meat Science**, v. 112, p. 69-76, 2016.

SHAHIDI, F. Antioxidant factors in plant foods and selected oilseeds. **Biofactors**, v. 13, n. 14, p. 179-85, 2000.

SHAHIDI, F.; NACZK, M. **Phenolics in Food and Nutraceuticals**. London: CRC PRESS, 2003. Disponível em: <https://www.crcpress.com/Phenolics-in-Food-and-Nutraceuticals/Shahidi-Naczk/p/book/9781587161384#googlePreviewContainer>. Acesso em 15 de nov. 2017

SINGH, K. K. et al. Flaxseed: A Potential Source of Food, Feed and Fiber. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 51, p. 210-222, 2011.

SBRT. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. **Cultivares de linhaça**. 2009. Disponível em: <www.respostatecnica.org.br>. Acesso em 14 ago. 2016.

SHIM, Y. Y. Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) bioactive compounds and peptide nomenclature: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 38, p. 5-20, 2014.

SILICIA, T. et al. Identification and stereochemical characterization of lignans in flaxseed and pumpkin seeds. **J. Agri. Food Chem**, v. 51, n. 5, p. 1181-1188, 2003.

SILVA, B. P., et al. Chemical composition of Brazilian chia seeds grown in different places. **Food Chemistry**, 2016, <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.115>.

SOUKOULIS, C.; GAIANI, C.; HOFFMANN, L. Plant seed mucilage as emerging biopolymer in food industry applications. **Current Opinion in Food Science**, v. 22, p. 28-42, 2018.

STEWART, S.; MAZZA, G. Effect of Flaxseed Gum On Quality And Stability of A Model Salad Dressing. **Journal of Food Quality**, v. 23, p. 373-390, 2000.

THOMPSON, L. U. et al. Mamalian lignan production from various foods. **Nutrition and Cancer**, v. 16, n. 1, p. 1-5, 1991.

THOMPSON, L. U. Potential health benefits and problems associated with antinutrients in foods. **Food Res Int**, v. 26, n. 2, p.131-49, 1993.

TURP, G. Y. Effects of four different cooking methods on some quality characteristics of low fat Inegol meatball enriched with flaxseed flour. **Meat Science**, v. 121, p. 40–46, 2016.

UDENIGWE, C. C. et al. Flaxseed protein-derived peptide fractions: Antioxidant properties and inhibition of lipopolysaccharide-induced nitric oxide production in murine macrophages. **Food Chemistry**, v. 116, n. 1, p. 277-284, 2009 a.

UDENIGWE, C. C. et al. Kinetics of the inhibition of renin and angiotensin I-converting enzyme by flaxseed protein hydrolysate fractions. **Journal of Functional Foods**, v. 1, n. 2, p. 199–207, 2009 b.

UMEZAWA, T. Diversity in lignin biosynthesis. **Phytochemistry Reviews**, v.2, n. 3, 371-390, 2003.

VICENTE, J.; CARVALHO, M. G.; GARCIA-ROJAS, E. E. Fatty acids profile of *Sacha Inchi* oil and blends by 1H NMR and GC–FID. **Food Chemistry**, v. 181, p. 215–221, 2015.

VITAGLIONE, P.; NAPOLITANO, A.; FOGLIANO, V. Cereal dietary fiber: a natural functional ingredient to deliver phenolic compounds into the gut. **Trends in Food Science & Technology**, v. 19, p. 451-463, 2008.

XU, Y.; HALL, C.; WOLF-HALL, C. Antifungal Activity Stability of Flaxseed Protein Extract Using Response Surface Methodology. **Journal of food Science**, v. 73, n. 1, p. 9-14, 2008.

WALDSCHLAGER, J. et al. Flax-seed Extracts with Phytoestrogenic Effects on a Hormone Receptor-positive Tumour Cell Line. **Anticancer Research**, v. 25, p. 1817-1822, 2005.

WEBER, C. W. et al. The nutritional and chemical evaluation of Chia seeds. **Ecology of Food and Nutrition**, v. 26, n. 2, p. 119-125, 2008, 2008.

WILLFOR, S. M.; SMEDS, A. I.; HOLMBOMA, B. R. Chromatographic analysis of lignans. **Journal of Chromatography A**, v. 1112, p. 64–77, 2006.

WONG, J. M. W.; JENKINS, D. J. A. Carbohydrate digestibility and metabolic effects. **J. Nutr**, v. 137, n. 11, p. 2539S-2546S, 2007.

YOGESH, K. et al. Technological, physico-chemical and sensory properties of raw and cooked meat batter incorporated with various levels of cold milled flaxseed powder. **J Food Sci Technol**, v. 52, n. 3, p. 1610–1617, 2015.

ZAJAC, M. Increasing meat products functionality by the addition of milled flaxseed *Linum usitatissimum*. **J Sci Food Agri**, v. 97, n. 9, p. 2865-2874, 2016.

CAPÍTULO II
CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E TECNOLÓGICA DA FARIHA DE
LINHAÇA DOURADA (*Linum usitatissimum* L.) CULTIVADA NO SUL
DO BRASIL PARA USO COMO INGREDIENTE FUNCIONAL

RESUMO

A linhaça tem emergido como um importante ingrediente alimentar devido ao seu perfil nutricional e tecnológico favoráveis. O objetivo do estudo foi caracterizar a farinha de linhaça dourada quanto aos aspectos tecnológicos, composição centesimal, atividade antioxidante e índice de TBARS de três lotes provenientes da colheita de novembro a janeiro da safra 2016/2017. A composição centesimal diferiu ($p < 0,05$) entre os lotes, sendo que os lotes 2 e 3 apresentaram maior conteúdo de lipídio e valor energético total, o lote 1 se destacou quanto à umidade, o lote 2 demonstrou maior conteúdo de cinzas e os três lotes não diferiram quanto ao conteúdo de proteína e carboidrato. Os lotes diferiram quanto às características tecnológicas, pois o lote 1 apresentou maior capacidade de absorção de óleo (1,32 g/g) e maior índice de absorção de água (4,50 g gel/g). O lote 3 demonstrou o maior índice de solubilidade (17,00 %) com diferença ($p < 0,05$) em relação aos lotes 1 e 2. O lote 2 apresentou maior conteúdo de compostos fenólicos (328,78 mg EAG.100 g⁻¹), diferindo ($p < 0,05$) do lote 1 e maior atividade antioxidante (18,46 Mmol Trolox/g amostra) diferindo ($p < 0,05$) dos lotes 1 e 3. O índice de TBARS foi maior no lote 3 ($p < 0,05$), enquanto que os lotes 1 e 2 não diferiram entre si ($p \geq 0,05$). Diferenças foram observadas quanto ao perfil de ácidos graxos, com destaque para o lote 2, que apresentou maior conteúdo de ácido graxo α -linolênico. Os lotes de farinha apresentaram diferença na composição centesimal, características tecnológicas e atividade antioxidante. Apesar dessas variações, a farinha de linhaça é um ingrediente alimentar de alto valor nutricional, rica em lipídios, fibra alimentar, proteína, atividade antioxidante, além de propriedades tecnológicas promissoras para o desenvolvimento de produtos.

Palavras-chave: Linhaça dourada; Índice de TBARS; Ácidos graxos; Antioxidante, *Linum usitatissimum L.*

ABSTRACT

Flaxseed has emerged as an important food ingredient due to its favorable nutritional and technological profile. The objective of this study was to characterize the golden flaxseed flour as to the technological aspects, centesimal composition, antioxidant activity and TBARS index of three lots from November to January harvest of the 2016/2017 crop. The centesimal composition differed ($p < 0.05$) between the lots, being that lots two and three had higher lipid content and total energy value, lot one stood out for moisture and dietary fiber, lot two showed higher content ash and the three lots did not differ in protein and carbohydrate content. The lots differed in technological characteristics, as lot one had a higher oil absorption capacity (1.32 g / g) and a higher water absorption index (4.50 g gel / g). Lot three showed the highest solubility index (17.00%) with difference ($p < 0.05$) in relation to lots one and two. Lot two showed higher phenolic compound content (328.78 mg EAG.100 g⁻¹), differing ($p < 0.05$) from lot one and higher antioxidant activity (18.46 Mmol Trolox / g sample) differing ($p < 0.05$) from lots one and three. The TBARS index was higher in lot 3 ($p < 0.05$), while lots 1 and 2 did not differ from each other ($p \geq 0.05$). Differences were observed regarding fatty acid profile, with emphasis on lot 2, which presented higher α -linolenic fatty acid content. Flour lots presented differences in centesimal composition, technological characteristics and antioxidant activity. Despite these variations, flaxseed flour is a high nutritional value food ingredient rich in lipids, dietary fiber, protein, antioxidant activity, and promising technological properties for product development.

Keywords: Golden flaxseed, Oxidative stability, Fatty acids, Antioxidant, *Linum usitatissimum* L.

2.1 Introdução

A linhaça está emergindo como um importante ingrediente alimentar funcional e como alternativa promissora para reduzir o risco de doenças crônico-degenerativas, pois é rica em ácido α -linolênico, lignanas e fibras alimentares, sendo as variedades dourada e marrom bastante conhecidas. São ricas em ácido α -linolênico, lignanas, fibras alimentares e antioxidantes naturais (KASOTE, 2013; GOYAL, 2014; MACHADO et al, 2015), com relatos divergentes quanto à composição química. Epaminondas et al. (2011) encontraram uma menor quantidade de fibra alimentar e maior quantidade de carboidratos solúveis na variedade dourada do que na marrom, mas não houve diferença quanto aos lipídios e proteínas. Sargi et al. (2013) avaliaram a capacidade antioxidante e a composição química em sementes ricas em ômega-3 e observaram que a linhaça dourada apresentou teores mais elevados de ômega-3 e ômega-6, enquanto a marrom maior capacidade antioxidante. Em contrapartida, Barroso et al. (2014) não encontraram diferenças quanto à composição centesimal entre a linhaça marrom e dourada.

No Brasil, o cultivo da linhaça dourada e marrom se restringe basicamente ao estado do Rio Grande do Sul, mais especificamente ao noroeste gaúcho, região de clima frio, necessário para que ocorra a floração. Seu plantio ocorre na estação do outono e inverno e a colheita entre a primavera e verão. Não exige grandes tratamentos culturais, sendo seu cultivo realizado muitas vezes no processo de rotação de culturas, com a finalidade de recuperar terras cansadas e evitar o desgaste e a erosão do solo, aproveitando a adubação residual do milho e da soja (SOARES et al., 2009; VIEIRA et al., 2012). O Canadá é o maior produtor mundial e responde por quase 80% do comércio global da semente de linho (SINGH et al., 2011).

O processamento das sementes de linhaça e a sua caracterização tem sido realizada antes da sua utilização para o consumo ou desenvolvimento de produtos (VILLENEUVE et al., 2013; AGUILAR et al., 2017). As farinhas vegetais, como a de linhaça, são excelentes alternativas por seu custo reduzido, oferta, bom valor nutricional, funcional e propriedades tecnológicas com potencial para o desenvolvimento de produtos (SORIA-HERNANDEZ et al., 2015; SUN et al., 2017). Rajiv et al. (2012) avaliaram a composição química da linhaça em lote único e encontraram valores de 39% de gordura, 24,8 % de proteína e 4% de cinzas, enquanto Vuksan et al. (2017) encontraram 13,3g de lipídio, 5,8g de proteína e 8,8g fibra alimentar/31,5g linhaça.

De acordo com Kaur et al. (2018), a adição de linhaça em produtos tem sido um desafio devido à instabilidade oxidativa da linhaça em altas temperaturas e durante o armazenamento, pela produção de malonaldeído. No entanto, Moraes et al. (2011) verificaram que o tratamento térmico e o período de armazenamento de 30 dias não alteraram a estabilidade do ácido α -linolênico na farinha integral de linhaça. Para Imram et al. (2015), a existência de antioxidantes fenólicos endógenos na matriz de linhaça moída pode ser responsável pela proteção dos ácidos graxos poliinsaturados e pela estabilidade contra a oxidação.

Khattab, Zeitoun e Barbary (2012) revelaram importantes propriedades tecnológicas da linhaça, pois verificou diminuição da perda de umidade e aumento da capacidade de retenção de água em produção de panificação, sem afetar as propriedades físico-químicas e sensoriais do produto. Goyal et al. (2014) ressaltaram a alta capacidade de absorção de óleo e água, estabilidade da espuma e capacidade de emulsificação, características interessantes para uso em molhos para salada, maionese, hambúrguer e pão.

São comuns os estudos referentes à semente e óleo de linhaça, no entanto, são escassos os que avaliam as farinhas provenientes de sementes de linhaça cultivada no Brasil de lotes diferentes. As variações nos lotes de grãos podem ser decorrentes de vários fatores, como as diferenças nas condições de cultivo e de cultivares, além das possíveis diferenças nos processamentos a que são submetidos. A indústria de alimentos tem interesse em conhecer as propriedades e componentes bioativos que possam influenciar a composição química da

linhaça. Neste sentido, torna-se importante avaliar diferentes lotes com o objetivo de minimizar a variabilidade composicional, selecionando aquele com as melhores características nutricionais e tecno-funcionais, tendo em vista que a farinha é uma estratégia tecnológica atraente e promissora como fonte de compostos bioativos.

O presente trabalho teve como objetivo determinar a composição centesimal, propriedades tecnológicas, a atividade antioxidante total e o índice de TBARS de lotes diferentes de farinha de linhaça dourada, visando sua utilização como ingrediente funcional.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Matéria-prima e obtenção da farinha

As sementes de linhaça da variedade dourada foram doadas pela empresa Vitao Alimentos (Curitiba/PR) em maio de 2017 em embalagens de 250g provenientes de três lotes diferentes, cultivadas nos meses de maio a junho/16 no município de Panambi/RS e colhidas entre novembro a janeiro/17; portanto, referente à safra 2016/2017. A linhaça foi proveniente de diferentes propriedades rurais do município, o qual está situado na região noroeste do RS, com condições favoráveis ao cultivo, pois a topografia é composta na sua maioria por solos rasos de alta fertilidade, com horizonte, possui clima subtropical, altitude de 480m, temperatura média mínima anual de 11°C, umidade relativa do ar de 75 a 80%, com precipitação pluviométrica média anual de 2000mm (WREGGE et al, 2012; FLORES et al, 2006).

Para a obtenção das farinhas, as sementes de linhaça dourada foram submetidas à moagem em moinho de rolo Brabender Quadrumat Junior (Brabender, Duisburg, Alemanha), acondicionadas em embalagens plásticas e armazenadas a -18°C até o momento das análises, sem qualquer peneiração. As análises foram realizadas no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais, Campus Rio Pomba.

2.2.2 Delineamento experimental

O estudo seguiu delineamento inteiramente casualizado, no qual foram considerados como tratamentos lotes de linhaça (lote 1, lote 2 e lote 3). As análises químicas (composição centesimal, teor de compostos fenólicos, atividade antioxidante, índice de TBARS) e tecnológicas (índice de absorção de água, índice de solubilidade e capacidade de absorção de óleo) realizadas no mínimo em triplicata.

2.2.3 Composição química da farinha de linhaça

2.2.3.1 Composição centesimal e valor energético

Os teores de umidade, cinzas, lipídeos e proteínas foram determinados segundo a AOAC (AOAC, 2016), enquanto o teor de fibra alimentar total foi determinado pelo método enzimático-gravimétrico (AOAC, 2012). O teor de carboidratos totais foi calculado por diferença (ANVISA, 2003) e o valor energético total foi calculado considerando os fatores de conversão de Atwater (4 kcal/g para o carboidrato e proteína e 9kcal/g para o lipídio (USP, 2007).

2.2.3.2 Determinação do teor de fenólicos e atividade antioxidante

Primeiramente, foi realizada a extração do sobrenadante. 2g de amostra foram adicionados a uma solução de 20ml de acetona a 70%. Em seguida, a suspensão foi agitada automaticamente em Skaher (Tecnal, TE-424, Piracicaba, São Paulo) à 18,9rpm, 2h, 25°C e centrifugada (Thermo Scientific™, Heraeus™ Biofuge™ Stratos™, Alemanha) a 2865g por 15 min. O sobrenadante foi transferido para um becker e o volume foi completado para 20ml com água destilada. O extrato foi colocado em garrafa âmbar e armazenado em um freezer (-18°C) até o momento da análise. O conteúdo de fenólicos totais foi determinado, utilizando-se o reagente de Folin-Ciocalteu, conforme descrito por Singleton et al. (1999), por meio de curva analítica padrão do ácido gálico e os resultados expressos em mg equivalentes de ácido gálico (EAG) por 100g de farinha (mg EAG/100 g). As alíquotas dos extratos foram testadas quanto à capacidade antioxidante de acordo com o método de captura radical ABTS [2,2'-azinobis (3-etylbenziazoline sulfonic acid-6)] descrito por Re et al. (1999) e os resultados expressos em Mmol Trolox/g de produto.

2.2.3.3 Índice de TBARS

O índice de TBARS, utilizado para determinar o malonaldeído (MDA) como produto secundário de oxidação lipídica foi determinado de acordo com Raharjo et al. (1992), por meio de curva padrão de 1,1,3,3- tetraetoxipropano (TEP), sendo os resultados expressos como mg MDA.kg⁻¹ de farinha (SASLAW; WARAVDEEKAR, 1957).

2.2.3.4 Determinação do perfil de ácidos graxos

Para a análise de perfil de ácidos graxos, foi realizada a extração de lipídios com hexano à temperatura ambiente com auxílio de vortex em cinco etapas sucessivas de agitação por 30 segundos. O sobrenadante foi coletado e submetido às etapas de saponificação e esterificação, conforme Antoniassi et al (2018). A composição em ácidos graxos foi realizada em cromatógrafo a gás (Agilent 7890, USA) equipado com detector de ionização por chama operado a 280°C. Utilizou-se coluna capilar HP FFAP (25mx0,2mmx0,30mm) e programação de temperatura de 150 a 180°C com rampa de 30°C/min. Foi injetado 1µL de amostra em injetor aquecido a 250°C operado no modo de divisão de fluxo de 1:50. Realizou-se a identificação por comparação dos tempos de retenção com os padrões da NU-CHEK PREP, Inc. (Elysian, MN) e a quantificação foi realizada por normalização interna.

2.2.4 Propriedades tecnológicas

Foram realizadas análises tecnológicas como o índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA), de acordo com metodologia de Anderson et al. (1969). Para a determinação da capacidade de absorção de óleo (CAO), foi utilizada a metodologia de Dench et al. (1981), conforme as Equações 1, 2 e 3.

$$\text{IAA} = \frac{\text{Peso do resíduo (g)}}{\text{Peso da amostra (g)}}$$

$$\text{ISA} = \frac{\text{Peso do resíduo da evaporação (g)}}{\text{Peso da amostra (g)}}$$

$$\text{CAO} = \frac{\text{Óleo absorvido pela amostra (g)}}{\text{Peso da amostra (g)}}$$

2.2.5 Análise estatística

Os dados das análises físico-químicas e tecnológicas dos diferentes lotes foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e a comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, utilizando-se o software SISVAR versão 5.6 (FERREIRA, 2014).

2.3 Resultados e Discussão

Os resultados da composição centesimal são apresentados na Tabela 1. Foram observadas diferenças entre os lotes quanto à composição centesimal. Os teores de umidade diferiram ($p < 0,05$) entre os lotes, possivelmente influenciados pelo teor de umidade atmosférica no dia da colheita e pelas condições agroclimáticas de cultivo. Zanqui et al. (2015) ao analisar três embalagens de 500g de três lotes de farinha de linhaça, relataram um teor de 6,5% umidade, corroborando o presente estudo. Novello e Pollonio (2012) ao determinar a composição centesimal de semente de linhaça dourada e marrom, encontraram valores inferiores. Para Eckert e Almeida (2014) manter as sementes em local adequado é importante, visto que o armazenamento inadequado pode alterar a umidade da semente.

Tabela 1. Média (\pm DP) da composição centesimal (g/100g) e do valor energético dos diferentes lotes de farinha de linhaça dourada avaliados

Característica	LOTE 1	LOTE 2	LOTE 3
Umidade	7,10 \pm 0,06 ^a	6,44 \pm 0,00 ^c	6,62 \pm 0,01 ^b
Cinzas	3,44 \pm 0,07 ^b	3,73 \pm 0,00 ^a	3,31 \pm 0,08 ^b
Lipídeos	31,40 \pm 1,05 ^b	41,50 \pm 1,03 ^a	38,20 \pm 0,30 ^a
Proteínas	21,20 \pm 0,71 ^a	20,0 \pm 1,03 ^a	19,80 \pm 0,01 ^a
Carboidrato	9,42 \pm 0,89 ^a	8,34 \pm 0,75 ^a	6,72 \pm 1,89 ^a
Fibra alimentar total	27,37 \pm 2,68	19,96 \pm 2,84	25,36 \pm 1,47
Fibra alimentar solúvel	5,98 \pm 0,44 ^a	4,62 \pm 1,37 ^a	5,89 \pm 0,79 ^a
Fibra alimentar insolúvel	21,39 \pm 2,23 ^a	15,33 \pm 1,46 ^a	19,47 \pm 0,68 ^a
Valor energético total (Kcal/100g)	514,97 \pm 5,25 ^b	567,07 \pm 5,08 ^a	551,17 \pm 1,12 ^a

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha indicam diferença ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Em relação ao conteúdo de cinzas (3,73g/100g, 3,44g/100g e 3,31g/100g), o lote 2 apresentou maior conteúdo ($p < 0,05$) comparado aos lotes 1 e 3. Tal diferença pode ser em decorrência das distintas estratégias de adubação, pois de acordo com Bevilaqua, Schiedeck e Schwengber (2007), diferenças na adubação de plantas como a linhaça, o potássio (K) e o fósforo (P) são particularmente importantes para o aumento da produção de raízes, folhas e flores, podendo afetar a composição química. Entretanto, a falta de informação sobre o local exato do plantio permite apenas considerar como sugestão.

Os lotes 2 e 3 apresentaram maiores conteúdos de lipídio em relação ao lote 1, ou seja, 41,50g/100g e 38,20g/100g, respectivamente, possivelmente devido às condições ambientais do cultivo, considerando que o início do cultivo ocorre no final da estação do outono, finalizando na estação do inverno, em condições de clima, precipitação pluviométrica e

luminosidade diferentes. Os resultados encontrados neste estudo estão de acordo com Eckert e Almeida (2014), que encontraram valores de lipídio de 36,6g/100g, 37,2g/100g e 38,8g/100g entre os lotes avaliados. Segundo Ngure et al. (2015), as condições ambientais afetam o conteúdo de lipídio de sementes, pois em seus estudos as sementes de *Helianthus annuus* apresentaram redução na quantidade de óleo quando cultivada no outono em comparação com a primavera. Para Stanck et al. (2017), temperaturas mais elevadas na época da floração também podem diminuir o teor de lipídio das sementes de linhaça. Embora tenha havido diferença entre os lotes, a semente de linhaça pode ser considerada excelente fonte de lipídeos em todos eles.

O conteúdo de proteína não diferiu entre os lotes ($p > 0,05$), variando de 19,80g/100g a 21,20g/100g. Esses resultados diferem dos encontrados por Eckert e Almeida (2014), que encontraram valores dos lotes entre 14,7g/100g e 16,0g/100g. De acordo com Novello e Pollonio (2012) e Oomah e Mazza (1993), as diferenças nos conteúdos de proteínas podem ser em decorrência da genética e ambiente.

O conteúdo de carboidratos que variou de 6,72g/100g a 9,42g/100g não diferiu ($p > 0,05$) entre os lotes, entretanto, de acordo com Bernacchia, Preti e Vinci (2014), pode haver variações consideráveis e significativas na composição de monossacarídeos, rendimento e qualidade de carboidratos ao longo do processo de cultivo, devido à sua composição apresentar baixas quantidades de açúcares e amidos e apresentar duas frações principais de polissacarídeos, sendo um arabinosilano neutro (75%) e um ramnagalacturonano ácido (25%). Os lotes apresentaram variações de fibras alimentares de 19,9g/100g a 27,4g/100g, porém, não diferiu entre os lotes ($p > 0,05$), apresentando valores médios de proporção de frações solúveis e insolúveis de 22:78. Estes resultados corroboram os encontrados por Bernacchia, Preti e Vinci (2014) que relataram 28g de fibra alimentar por 100g de sementes, com proporção de frações solúveis e insolúveis de 20:80 até 40:60 (RUBILAR et al., 2010; MARTINCHIK et al., 2012).

O valor energético da linhaça variou de 514,97kcal/100g a 567,07kcal/100g diferiu ($p < 0,05$) entre os lotes, sendo que os lotes 2 e 3 apresentaram maiores valores em relação ao lote 1, por possuírem maiores conteúdos de lipídios. KAJLA et al. (2015) encontraram para a linhaça valor energético de 530kcal/100g de linhaça semelhante ao obtido neste estudo.

De acordo com os resultados encontrados para fibra alimentar e proteína nos diferentes lotes avaliados, conclui-se, que as farinhas podem conter a alegação “alto conteúdo” em relação a esses nutrientes, com base na legislação vigente, que preconiza o mínimo de 6g de fibra/100g e 12g/100g do produto (BRASIL, 2012).

O teor de fenólico total, atividade antioxidante, o índice de TBARS e o perfil de ácidos graxos dos lotes de farinhas de linhaça, são apresentados na Tabela 2. Observou-se diferença significativa entre os lotes 1 e 2, com destaque para o lote 2 (328,78mg EAG/100g) no conteúdo de compostos fenólicos e também na atividade antioxidante (18,46Mmol/g amostra). Moraes et al. (2010) encontraram valores superiores ao avaliarem o teor de compostos fenólicos de farinhas de linhaça crua e submetida ao tratamento térmico (692,94mg EAG/100g e 709,72mg EAG/100g, respectivamente). Sargi et al. (2013) avaliaram a atividade antioxidante de diferentes sementes oleaginosas e reportaram 3,38Mmol/g em linhaça dourada, contrapondo-se aos valores superiores encontrados neste estudo. De acordo com Serpen, Gokemn e Fogliano (2012), o procedimento de extração utilizado limita a comparação de estudos, pois pode haver componentes insolúveis com atividade antioxidante que podem afetar os resultados. Essa variação no conteúdo de fenólicos e atividade antioxidante dos lotes de farinha de linhaça pode ser devido ao grau de amadurecimento e condições climáticas, considerando que o plantio, assim como a colheita ocorreram em períodos de mudança de estação, sujeitos aos fatores edafoclimáticos. Schulz et al. (2015) relataram que as concentrações de fenólicos e flavonóides são influenciadas pelo grau de maturação em termos dos passos biossintéticas que conduzem à formação e acumulação destes metabólitos. Para Bezerra et al. (2013), culturas típicas de clima

frio como a linhaça que se adapta bem em temperaturas baixas como a região sul do Brasil se observa uma maior concentração de fenólicos totais.

Tabela 2. Média (\pm DP) de compostos fenólicos totais (mg EAG.100 g⁻¹), atividade antioxidante (ATT) (Mmol Trolox/g), índice de TBARS (mgMDA/kg amostra) e composição de ácidos graxos (g/100 g⁻¹) da FLD dos diferentes lotes de farinha de linhaça avaliados

Fatores	LOTE 1	LOTE 2	LOTE 3
Compostos fenólicos totais	239,49 \pm 19,35 ^b	328,78 \pm 21,69 ^a	245,35 \pm 19,77 ^{ab}
ATT	12,10 \pm 0,72 ^b	18,46 \pm 0,68 ^a	12,78 \pm 0,26 ^b
TBARS	1,72 \pm 0,20 ^b	1,88 \pm 0,14 ^b	2,88 \pm 0,03 ^a
Ácidos graxos saturados			
Ácido palmítico (C16:0)	1,71 \pm 0,01 ^c	2,16 \pm 0,03 ^a	1,91 \pm 0,02 ^b
Ácido esteárico (C18:0)	1,23 \pm 0,00 ^c	1,75 \pm 0,01 ^a	1,55 \pm 1,55 ^b
Ácido araquídico (C20:0)	0,04 \pm 0,00 ^c	0,06 \pm 0,00 ^a	0,05 \pm 0,00 ^b
Ácido behênico (C22:0)	0,05 \pm 0,00 ^c	0,07 \pm 0,00 ^a	0,07 \pm 0,00 ^b
Ácido oleico (C18:1 ω -9)	5,78 \pm 0,02 ^c	8,48 \pm 0,03 ^a	7,32 \pm 0,02 ^b
Ácido gadoleico (C20:1)	0,05 \pm 0,00 ^c	0,06 \pm 0,00 ^a	0,06 \pm 0,00 ^b
Ácido linoleico (C18:2 ω -6)	3,67 \pm 0,01 ^c	6,11 \pm 0,02 ^a	5,39 \pm 0,01 ^b
Ácido linolênico (C18:3 ω -3)	18,47 \pm 0,06 ^c	22,19 \pm 0,06 ^a	21,29 \pm 0,06 ^b
Somatórios			
AGPI	22,17 \pm 0,02 ^c	28,30 \pm 0,02 ^a	26,70 \pm 0,02 ^b
AGMI	5,84 \pm 0,03 ^c	8,55 \pm 0,04 ^a	7,39 \pm 0,03 ^b
AGS	3,04 \pm 0,00 ^c	4,05 \pm 0,01 ^a	3,58 \pm 0,01 ^b
Razões			
n-6/n-3	0,19 \pm 0,02	0,27 \pm 0,02	0,25 \pm 0,02

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha indicam diferença ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

O lote 3 apresentou maior índice de TBARS comparado aos lotes 1 e 2, possivelmente em decorrência de interferentes como teor de compostos fenólicos, açúcares, proteínas, assim como o alto teor de ácidos graxos poli-insaturados (AGPI) contidos na linhaça. Dessa forma, ressalta-se a importância do processo tecnológico na preservação do valor nutricional, exemplificada pelo microencapsulamento, desengordurada ou parcialmente desengordurada. Simbalista et al. (2012) relataram valores menores de TBARS, ao utilizar linhaça parcialmente desengordurada armazenada à temperatura ambiente e congelada de 0,011 mgMDA.kg⁻¹ e 0,005 mgMDA.kg⁻¹, respectivamente.

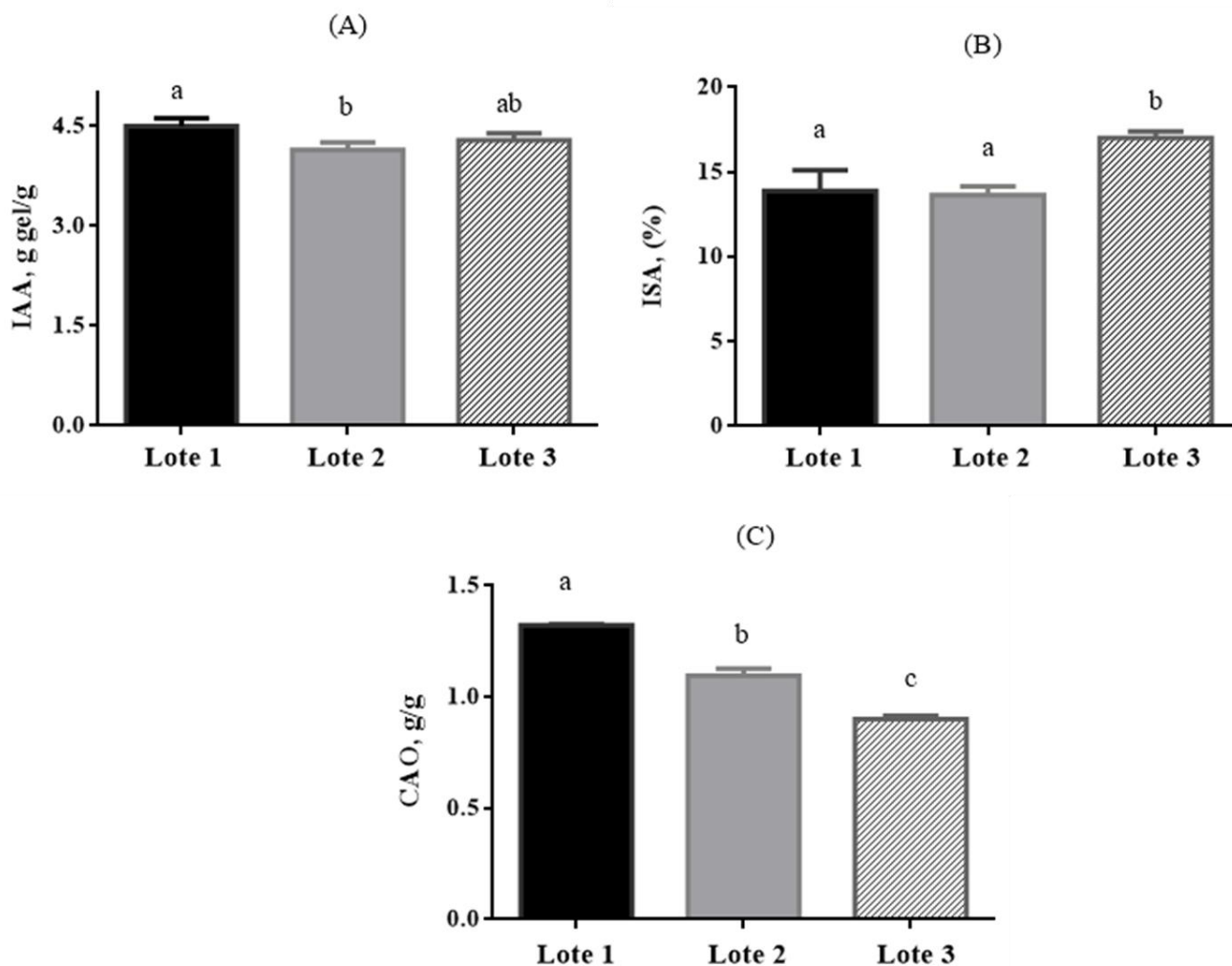
Os perfis de ácidos graxos diferiram entre os lotes, uma vez que o lote 2 apresentou maior conteúdo de ácidos graxos saturados (AGS), monoinsaturados (AGMI) e polinsaturados. O lote 2 apresentou maior conteúdo do ácido esteárico (C18:0), embora saturado, esse ácido graxo não é aterogênico, pois rapidamente pode ser convertido endogenamente em ácido oleico (C18:1 ω -9) (BONANOME e GRUNDY, 1988). Eckert e Almeida (2014) ao avaliarem o teor de ômega 3 em um dos três lotes de linhaça, encontraram um teor de 21,5 g/100g, semelhante ao presente estudo. Diferentemente, Cândido et al. (2018) com lote único de linhaça, encontraram conteúdos superiores de ácidos graxos saturados e polinsaturados, possivelmente decorrente o uso da extração oleosa da semente.

O índice de absorção de água (IAA), a capacidade de absorção de óleo (CAO) e o índice de solubilidade em água (ISA) dos lotes da FLD estão apresentados na Figura 1. Para o IAA, o

lote 3 não diferiu ($p > 0,05$) dos lotes 1 e 2, enquanto o lote 1 (4,50 g gel/g) diferiu ($p < 0,05$) do lote 2 (4,14 g gel/g).

Figura 1. (A) Índice de absorção de água (IAA), (B) índice de solubilidade em água (ISA) e (C) capacidade de absorção de óleo (CAO) de lotes de farinha de linhaça dourada.

Letras diferentes indicam diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade.*



O maior IAA do lote 1 pode ser devido à alta capacidade de ligação à água associado aos constituintes mais hidrofílicos, como a mucilagem, proporcionada pelo teor de fibra alimentar, conforme relato de PORTE et al. (2011). Dados semelhantes foram obtidos por Khan e Saini (2016) ao encontrarem IAA de farinha de linhaça torrada (5,33 g gel/g) e não torrada (5,96 g gel/g). A linhaça possui propriedades tecnológicas vantajosas para os produtos de panificação, pois possui índice de absorção de água relativamente alta, o que retarda o endurecimento de pães, funcionando ainda como um aditivo natural, conforme estudo de Kaur et al. (2013). Kaur et al. (2017) também verificaram benefícios dessa propriedade tecnológica ao adicionar farinha de linhaça em cookies, influenciando as condições de espalhamento da massa.

Os resultados do índice de solubilidade em água (ISA) revelaram que o lote 3 (17,01%) diferiu ($p < 0,05$) dos lotes 1 (13,88%) e 2 (13,65%) que não diferiram entre si. Os maiores valores de ISA encontrados no estudo de Santana et al. (2017) foi demonstrado pela farinha de linhaça dourada (15,33%) em comparação com outras farinhas, como feijão branco, uva e maracujá. Assim, por possuir um alto índice de solubilidade, a farinha de linhaça pode ser empregada na indústria de alimentos, pois, de acordo com Leonel et al. (2009), alimentos que requerem baixas temperaturas para serem preparados (instantâneos) ou produtos como sopas, sobremesas e molhos, necessitam de ingredientes com maior solubilidade em água.

Em relação à capacidade de absorção de óleo (CAO), os lotes diferiram entre si, com maior CAO (1,32 g/g) para o lote 1, possivelmente em decorrência de interações da proteína e gordura desse lote. Resultado semelhante foi obtido por Khan e Saini (2016), que reportaram valores de CAO para farinha de linhaça dourada de 1,08g/g. Segundo Ravi e Suselamma (2005), a absorção de óleo varia em função do número de grupos hidrofóbicos expostos da proteína e da interação destes com as cadeias hidrofóbicas da gordura.

A capacidade de absorção de óleo da farinha de linhaça pode ser particularmente desejável em produtos cárneos cozidos, pois de acordo com Oliveira et al (2014), a substituição de toucinho por farinha de semente de linhaça contribuiu para a maior retenção de umidade e de gordura, com conseqüente menor encolhimento e melhor rendimento dos hambúrgueres.

Ivanov et al. (2011) adicionaram de 0,8 a 1,6% de uma suspensão aquosa de linhaça em manteiga. Esses autores observaram que o uso de linhaça como aditivo fortaleceu as ligações intermoleculares e hidrofílicas entre os componentes da linhaça e da manteiga reforçando as ligações de coagulação com conseqüente melhoria da plasticidade, afetando positivamente a estrutura, a textura e qualidade da manteiga.

2.4 Conclusão

Os diferentes lotes evidenciaram diferenças quanto às características químicas e propriedades tecnológicas. Apesar dessas variações, a farinha de linhaça é um ingrediente alimentar de alto valor nutricional, demonstrado pelo conteúdo de lipídios e ácido graxo α -linolênico, fibra alimentar, proteína, atividade antioxidante, além de propriedades tecnológicas promissoras. Sugere-se, que estudos futuros enfoquem a composição da linhaça de outras áreas produtoras do sul do país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR, M. C. et al. Comparative Effects of Brown and Golden Flaxseeds on Body Composition, Inflammation and Bone Remodelling Biomarkers in Perimenopausal Overweight Women. **J. Funct. Foods**, v. 33, p. 166–175, 2017.
- ANDERSON, R. A. et al. Gelatinization of corn grits by roll-and extrusion-cooking. **Cereal Science Today**, St. Paul, v.14, n.1, p. 4-12, 1969.
- ANTONIASSI, R. et al. **Otimização do Método Hartman e Lago de Preparação de Ésteres Metálicos de Ácidos Graxos**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 26, 2018, Embrapa Agroindústria de Alimentos, Disponível em <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/198136/1/Boletim-PD-26-metodo-Hartman-e-Lago.pdf> Acesso em: 4 set. 2019.
- AOAC. (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL). **Official Methods of Analysis of the Association Analytical Chemists**. 18. ed., Washington, 2005. 1526p.
- AOAC. (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL). **Official Methods of Analysis of the Association Analytical Chemists**. 20. ed., Washington, 2012. 1526p.
- AOAC. (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL). **Official Methods of Analysis Association Analytical Chemists**. 16.ed., Gaithersburg, 2016.
- BARROSO, A. K. M. et al. Linhaça marrom e dourada: propriedades químicas e funcionais das sementes e dos óleos prensados a frio. **Ciência Rural**, v.44, n.1, p.181-187, 2014.
- BERNACCHIA, R. et al. Chemical composition and health benefits of flaxseed. **Austin Journal of Nutrition and Food Sciences**, v. 2, n. 8, p. 1-9, 2014.
- BEZERRA, A. S. et al. Parâmetros climáticos e variação de compostos fenólicos em cevada. **Ciência Rural**, v. 43, n.9, p.1546-1552, 2013.
- BONANOME, A. GRUNDY, S. M. Effect of dietary stearic acid on plasma cholesterol and lipoprotein levels. **New England Journal of Medicine**, v. 318, n. 19, p. 1244-1248, 1988.
- BRASIL (2012). Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012. **Aprova o Regulamento Técnico sobre informação nutricional**. Disponível em <http://portal.anvisa.gov.br/documents>. Acesso em: 5 mai. 2019.
- CÂNDIDO, F. G. et al. Addition of pooled pumpkin seed to mixed meals reduced postprandial glycemia: a randomized placebo-controlled clinical trial. **Nutr Res**, v. 56, p.90-97, 2018.

CARVALHO, R. V.; ASCHIERI, J. L. R.; CAL-VIDAL, J. Efeito dos parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de pellets (3G) de misturas de farinhas de trigo, arroz e banana. **Ciênc. Agrotec**, v.26, n. 5, p. 1006-1018, 2002.

DENCH, J. E. et al. Selected functional properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) flour and two protein isolates. **Journal of Science and Food Agriculture**, v. 32, p. 557-564, 1981.

ECKERT, R. G.; ALMEIRA, P. G. O. Análise centesimal e dosagem de ômega 3 em semente de chia (*Salvia hispanica*) e semente de linhaça (*Linum usitatissimum*). **Revista Varia Scientia Agrárias**, v. 04, n.01, p. 49-64, 2014.

EPAMINONDAS, P. S. et al. Influence of toasting on the nutritious and thermal properties of flaxseed. **J Therm Anal Calorim**, 106:551–555, 2011.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciênc. agrotec**. [online]. 2014, vol.38, n.2 [citado 2015-10-17], pp. 109-112. Disponível em: ISSN 1413-7054. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>.

FLORES, C. A. et al. **Zoneamento edáfico para as culturas da momona, soja, girassol, e canola na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul**. Embrapa Clima Temperado, 1ª edição, 2006, 26p. Disponível em <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/33612/1/documento-174.pdf>. Acesso em: 19 out. 2019.

GOYAL, A. et al. Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food. **J Food Sci Technol**, v. 51, n. 9, p. 1633–1653, 2014.

HASIEWICZ-DERKACZ, C. et al. Natural phenolics greatly increase flax (*Linum usitatissimum*) oil stability. **BMC Biotechnology**, v. 15, n. 62, p. 1-14, 2015.

KAJLA, P. et al. Flaxseed—a potential functional food source. **J Food Sci Technol**. v. 52, n. 4, p. 1857–1871, 2015.

KASOTE, D.M. Flaxseed phenolics as natural antioxidants. **International Food Research Journal**, 20(1): 27-34, 2013.

KHAN, A.; SAINI, C.S. Effect of roasting on physicochemical and functional properties of flaxseed flour. **Cogent Engineering**, v. 3, p. 1-14, 2016.

KAUR, A. et al. Effects of Flaxseed Addition on Sensory and Baking Quality of Whole Wheat Bread. **International Journal of Food Nutrition and Safety**, v. 4, n. 1, p. 43-54, 2013.

KAUR, P. et al. Effect of addition of flaxseed flour on nutritional, physicochemical, phytochemical and antioxidant properties of cookies. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**. p. 1-7, 2017.

IVANOV, M.S. et al. Flaxseed additive application in dairy products production. **Procedia Food Science**, v. 1, 2011, p. 275-280, 2011.

LEONEL, M. et al. Physical characteristics of extruded cassava starch. **Scientia Agricola**, v. 66, n. 4, p. 486-493, 2009.

MARTINCHICK, A. N. et al. Nutritional value and functional properties of flaxseed. **Europe PMC**, v. 81, n. 3, p.4-10, 2012.

MORAES, E.A. et al. Qualidade proteica e eficiência alimentar de farinhas integrais de linhaça obtidas de sementes cruas e submetidas a tratamento térmico. **Rev Inst Adolfo Lutz**, v. 69, n. 4, p. 531-6, 2010.

NGURE, J.W. et al. Cultivar and Seasonal Effects on Seed Oil Content and Fatty acid Composition of Cucumber As a Potential Industrial Crop. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** v. 140, n. 4, p. 362–372, 2015.

NOVELLO, D.; POLLONIO, M.A. R. Caracterização físico-química e microbiológica da linhaça dourada e marrom (*Linum usitatissimum L.*). **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, v. 71, n.2, p. 291-300, 2012.

OLIVEIRA, D. F. et al. Farinha de linhaça dourada como substituto de gordura animal em hambúrguer de carne bovina com redução de sódio. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 17, n. 4, p. 273-282, 2014.

OOMAH, B. D.; MAZZA, G. Flaxseed proteins – A review. **Food Chem**, v. 48, n. 1, 109-114, 1993.

PORTE, A. et al. Propriedades funcionais tecnológicas das farinhas de sementes de mamão (*Carica Papaya*) e de abóbora (*Cucurbita sp*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 13, n. 1, p. 91-96, 2011.

SARGI et al. Antioxidant capacity and chemical composition in seeds rich in omega-3: chia, flax, and perilla. **Food Sci. Technol**, Campinas, v. 33, n. 3, p. 541-548, 2013.

RAVI, R.; SUSELAMMA, N. S. Simultaneous optimization of a multi-response system by desirability function analysis of boondi making: a case study. **Journal of Food Science**, v. 70, n. 8, p. S539- S547, 2005.

RAHARJO, S. et al. Improved speed, specificity, and limit of determination of an aqueous acid extraction thiobarbituric acid-C18 method for measuring lipid peroxidation in beef. **J. Agric. Food Chem**, v. 40, n. 11, p. 2182–2185, 1992.

RAJIV, J. et al. Rheology, fatty acid profile and storage characteristics of cookies as influenced by flax seed. **Journal of Food Science and Technology**, v. 49, n. 5, p. 587-593, 2012.

RE, R. et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 26, n. 9/10, p. 1231- 1237, 1999.

RUBILAR, M. et al. Flaxseed as a source of functional ingredients. **J. Soil Sci. Plant Nutr**, v. 10, n. 3, p. 373 – 377, 2010.

SANTANA, G. S et al. Características tecnológicas de farinhas vegetais comerciais. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 2, p. 88-95, 2017.

SASLAW, L. D.; WARAVDEEKAR, V. S. Preparation of malonaldehyde bis-sulfite, sodium salt. **J. Org. Chem**, v. 22, p. 843-844, 1957.

SAVOIRE, R. Environmental and varietal impact on linseed composition and on oil unidirectional expression process. **Oilseeds & fats Crops and Lipids**, v. 22, n. 6, p. 1-10, 2015.

SCHULZ, M. et al. Chemical composition, bioactive compounds and antioxidant capacity of juçara fruit (*Euterpe edulis* Martius) during ripening. **Food Research International**, v. 77, p. 125–131, 2015.

SERPEN, A.; GOKMEN, V.; FOGLIANO, V. Solvent effects on total antioxidant capacity of foods measured by direct Quencher procedure. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 26, p. 52-57, 2012.

SIMBALISTA, R. L. et al. Effect of storage and processing of Brazilian flaxseed on lipid and lignan contents. **Food Science and Technology**, v. 32, n. 2, p. 374-380, 2012.

SINGH, K. K. et al. Flaxseed: A Potential Source of Food, Feed and Fiber. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 51, p. 210–222, 2011.

SINGLETON, V. L. et al. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin–Ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, v. 299, p. 152–178, 1999.

SOARES, L. L. et al. Avaliação dos efeitos da semente de linhaça quando utilizada como fonte de proteína nas fases de crescimento e manutenção em ratos. **Revista de Nutrição**, v. 22, n. 4, p. 483-491, 2009.

SORIA-HERNÁNDEZ, C. et al. Physicochemical and Functional Properties of Vegetable and Cereal Proteins as Potential Sources of Novel Food Ingredients. **Food technology and biotechnology**, v. 53, n. 3, p. 269–277, 2015.

STANCK, L. T. et al. Crescimento e produtividade de linhaça. **Agrometeoros**, v.25, n.1, p.249-256, 2017.

SUN, C. et al. Physicochemical, functional properties, and antioxidant activities of protein fractions obtained from mulberry (*morus atropurpurea* roxb.) leaf. **International Journal of Food Properties**, v. 20, n. S3, S3311–S3325, 2017.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP). **Tabela brasileira de composição dos alimentos**. Campinas, 2007. Disponível em: <<http://www.fcf.usp.br/>>. Acesso em: 02 fev. 2018.

VIEIRA, M. D. et al. Potássio (K) no cultivo da linhaça *Linum usitatissimum*. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 1, p. 62-69, 2012.

VILLENEUVE S. et al. Effect of flaxseed processing on engineering properties and fatty acids profiles of pasta. **Food and Bioproducts Processing**, 91: 183–191, 2013.

VUKSAN, V. et al. Comparison of flax (*Linum usitatissimum*) and Salba-chia (*Salvia hispanica* L.) seeds on postprandial glycemia and satiety in healthy individuals: a randomized, controlled, crossover study. **Eur J Clin Nutr.**, Toronto, v. 71, n. 2, p. 234-238, fev. 2017.

WREGGE, M. S. et al. **Atlas climático da região sul do Brasil. Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.** Pelotas: EMBRAPA, 2012. 333 p.

ZANQUI, A.B. et al. Subcritical extraction of flaxseed oil with n-propane: Composition and purity. **Food chemistry**, 188, 452-8, 2015.

CAPÍTULO III
ADIÇÃO DE FARINHA DE LINHAÇA DOURADA EM HAMBÚRGUER
DE FRANGO: ASPECTOS TECNOLÓGICOS, SENSORIAIS E
NUTRICIONAIS¹

¹ Artigo publicado no periódico **Food Science and Technology International**, doi:10.1177/1082013219871410.
(Apêndice I)

RESUMO

Cinco concentrações diferentes de farinha de linhaça dourada (FLD) (0%: F0 (controle), 5%: F5, 10%: F10, 15%: F15, 20%: F20) foram usadas como ingrediente funcional para substituir a gordura em hambúrgueres de frango. Os produtos foram analisados quanto à umidade, proteínas, carboidratos, gorduras, cinzas, força de cisalhamento, características tecnológicas, sensoriais e aceitação pelo consumidor. O conteúdo de gordura, carboidrato e proteína dos hambúrgueres crus não diferiu significativamente. Um aumento na concentração de FLD causou diminuição da umidade e aumento no teor de cinzas. A adição de FLD afetou positivamente as características tecnológicas tendo sido observado aumento no rendimento e na capacidade de retenção de água, além de redução no encolhimento. Foi verificado menor força de cisalhamento nas formulações adicionadas de FLD quando comparado ao hambúrguer controle. A formulação F5 apresentou a maior média de aceitação, que não diferiu da F0, e a F10 não diferiu do hambúrguer controle. As formulações F15 e F20 diferiram das demais, com menores médias de aceitação. O método CATA (*Check-all-that-apply*) revelou que as formulações F0, F5 e F10 foram descritas por termos sensoriais que correspondiam às características sensoriais desejadas. A formulação F5 não diferiu de F0 (controle) para os atributos aparência característica, aroma de cereal, aroma de frango, aroma de tempero, gosto salgado, muito salgado, sabor residual, tempero equilibrado e textura macia, devido à adição de apenas uma pequena quantidade de FLD como substituto da pele de galinha. A formulação F10 se destacou pelos atributos aparência úmida e superfície dourada. A adição de FLD melhorou as características tecnológicas e o potencial biofuncional decorrente de seus compostos bioativos, tornando-o uma opção como ingrediente para produtos cárneos.

Palavras-chave: Vegetais; Produto cárneo, Análise sensorial; Fibra alimentar, Ingredientes alimentares.

CAPÍTULO IV
PROPRIEDADES BIOATIVAS E O EFEITO DA INFORMAÇÃO
SOBRE AS CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS DO HAMBÚRGUER DE
FRANGO ADICIONADO DE FARINHA DE LINHAÇA

RESUMO

A crescente conscientização dos consumidores gerou o interesse pelo consumo de produtos que agregam benefícios à saúde. A adição de ingredientes funcionais pode ser uma estratégia para melhorar as características nutricionais, entretanto, podem provocar mudanças nas características sensoriais e na formação de produtos de oxidação. Assim, o objetivo do estudo foi avaliar o índice de TBARS, a atividade antioxidante, estimar o teor de ácido graxo α -linolênico e determinar o perfil de textura instrumental. Além disso, objetivou também avaliar o efeito da informação sobre a FLD na aceitação de hambúrgueres de frango e nas características sensoriais, assim como identificar os atributos que dirigiram a preferência do consumidor. 100 indivíduos divididos em duas sessões avaliaram cinco amostras de hambúrgueres de frango, sendo elas: F0 (controle, sem adição de FLD), e com adição de 5 (F5), 10 (F10), 15 (F15) e 20% (F20) de FLD. A avaliação da aceitação foi realizada utilizando escala hedônica de nove pontos. A descrição sensorial dos hambúrgueres de frango e o hambúrguer de frango ideal utilizou a metodologia CATA. Na primeira sessão, 50 consumidores avaliaram as amostras de hambúrgueres de frango e o hambúrguer de frango ideal sem informação e, na segunda sessão, outros 50 avaliaram com informação a respeito dos benefícios da linhaça. A adição de FLD nos hambúrgueres aumentou o índice de TBARS. A atividade antioxidante foi maior conforme fosse maior a concentração de FLD, especialmente em relação ao controle (F0). O conteúdo de ácido α -linolênico aumentou significativamente à medida que aumentou a concentração de FLD. Os hambúrgueres adicionados de FLD apresentaram menores valores de coesividade, mastigabilidade, dureza e fraturabilidade em relação ao controle (F0). A adição de FLD afetou a aceitação dos hambúrgueres quando comparado o controle (F0). A análise de correspondência nas respostas CATA revelou que os hambúrgueres foram descritos pelos seguintes atributos *aparência característica, aparência agradável, aroma de frango, sabor de frango, superfície dourada, tempero equilibrado, suculento e textura macia* pelo grupo de consumidores sem informação sobre a linhaça. Esses atributos direcionaram o gostar dos consumidores e foram considerados necessários para elevar a média de aceitação dos hambúrgueres com FLD. Embora no grupo de consumidores com informação, todos os atributos acima foram considerados, a característica *superfície dourada* alcançou menor importância. *Sabor de cereal, gomosidade e desmanchando* foram os atributos que contribuíram negativamente na aceitação, causando o decréscimo na média das amostras de hambúrguer adicionado de FLD na condição não informada. Na condição informada, o atributo *desmanchando* não teve papel importante na aceitação. A análise de correspondência mostrou que a formulação com 5% de FLD foi semelhante em termos das características sensoriais ao hambúrguer de frango ideal, sendo os atributos *aparência característica, aparência agradável, tempero equilibrado, suculento e textura macia* os atributos que dirigiram a aceitação do produto funcional. Estes resultados mostram que a informação não teve efeito na aceitação das amostras adicionadas de FLD; no entanto, influenciou a descrição sensorial das mesmas.

Palavras-chave: Linhaça; Hambúrguer de frango; Oxidação lipídica, Ômega-3, Atividade antioxidante.

ABSTRACT

The increasing awareness of the customers aroused an interest in the consumption of products that add health benefits. The addition of functional ingredients can be a strategy to enhance the nutritional characteristics of a product, however, it may change the sensory characteristics and the formation of oxidation products. Thus, the aim of this study was to evaluate the index TBARS, the antioxidant activity by the ABTS method, to determine the α -linolenic fatty acid and to create a texture profile through the texturometer. Furthermore, this study also aimed to evaluate the sensory acceptance of chicken burgers with or without golden flaxseed flour addition (GFF), the sensory characteristics and to apply the penalty analysis based on the Check-all-that-apply (CATA) questions, in order to identify the attributes that drive the acceptance. A hundred burgers consumers evaluated five chicken burgers samples, as follows: F0 control (without GFF addition), and with GFF addition of 5 (F5), 10 (F10), 15 (F15) and 20% (F20). The acceptance evaluation was carried out using 9-point horizontal hedonic scale. The sensory description of the chicken burgers and the ideal chicken burger was carried out using the CATA methodology. Furthermore, chicken burgers and ideal chicken burgers were evaluated by 50 burgers consumers who were aware of the flaxseed benefits and another 50 who were not aware of its advantages. The addition of GFF in burgers increased the TBARS index. The antioxidant activity was proportional to the GFF, especially when compared control (F0). The α -linolenic fatty acid content increased significantly as the GFF concentration increased. The burgers with added GFF showed less cohesiveness, chewiness, hardness and fracturability values when compared to control (F0). The GFF addition had an impact on the acceptance of the burgers when compared to the control (F0). The penalty analysis in the answers, i.e. CATA in the group of consumers without information described the burgers as characteristic *appearance*, *agreeable appearance*, *chicken aroma*, *chicken taste*, *golden surface*, *balanced seasoning*, *juicy and soft texture*. Those attributes determined consumer's taste, which is considered crucial to increase the overall acceptance of the burgers with added GFF. In the group of consumers with information, all the aforementioned attributes accounted; therefore the *characteristic golden surface* has reached less importance. *Cereal flavor*, *gumminess and crumbly* were the attributes that contributed negatively, causing the decrease the acceptance average of the burger samples with added GFF in the non-informed condition. In the informed condition the crumbly attribute had no important role in the acceptance. The correspondence analysis showed that the formulation with 5% GFF was similar to the ideal chicken burger, where the attributes *characteristic appearance*, *agreeable appearance*, *balanced seasoning*, *juicy and soft texture* were the ones that drove the acceptance of the functional product. These results show that there was no effect of the information on the acceptance of the samples added of FLD; however, it influenced the sensory description of the samples.

Keywords: Flaxseed; Chicken burger, Lipid oxidation, Omega-3, Antioxidant activity.

4.1 Introdução

O ritmo de vida acelerado e como consequência disso, a redução do tempo de preparo das refeições, trouxeram mudanças significativas nos hábitos alimentares da sociedade moderna (PRADO et al. 2019). Produtos práticos no preparo como os hambúrgueres, com características sensoriais agradáveis e de baixo custo, tornaram-se uma atração popular em restaurantes, lojas de varejos e *fast food*, combinando com o estilo de vida que se instalou na zona urbana (LILIC, 2015; BONADONNA, 2019). Embora o consumo de produtos cárneos contemple uma diversidade de nutrientes, também é crescente a preocupação com os seus constituintes relacionados às principais doenças crônicas em nossa sociedade (OLMEDILLA-ALONSO et al., 2013; ABETE et al., 2014).

O consumo de alimentos funcionais disponíveis e acessíveis aos consumidores pode ser otimizado ao serem adicionados de ingredientes vegetais bioativos, com possibilidade de compor uma variedade de produtos de conveniência (FERNANDEZ-GUINÉS et al., 2005; FERREIRA et al., 2014). Nesse contexto, há espaço para o uso de ingredientes funcionais em produtos cárneos, presentes em componentes de alimentos e fontes vegetais, pois além de proporcionar propriedades sensoriais específicas, exibem efeitos benéficos à saúde humana (THORAT et al., 2013; NORTON et al., 2014).

Os polifenóis são antioxidantes naturais predominantes em frutas, vegetais, bebidas (chá, vinho, sucos), plantas, algas e algumas ervas (MAQSSOD, BENJAKUL; SHAHIDI, 2013; LIN et al., 2016). A linhaça é uma rica fonte de diferentes tipos de fenólicos, como lignanas, ácidos fenólicos, flavonóides, fenilpropanóides e taninos, sugerindo que o uso como ingrediente funcional pode ser uma alternativa promissora (KASOTE, 2013; GANORKAR; JAIN, 2013). Estudos sobre a ação da linhaça na oxidação lipídica em alimentos são controversos. O efeito antioxidante da linhaça foi avaliado e referido por reduzir a oxidação em produto cárneo (AKCAN, ESTÉVEZ; SERDAROGLU, 2017; HAUTRIVE et al., 2019). Edel; Aliani e Pierce (2015) sugeriram que o óleo ou a linhaça moída expõem o ácido α -linolênico e aumenta a suscetibilidade à oxidação. Przybylowski e Daun (2001) apontaram que a linhaça triturada apresenta menor oxidação quando armazenada em condições adequadas. Para Waszkowiak e Rudzinska (2014), há uma falta de informações acessíveis sobre sua atividade contra a oxidação lipídica em produtos cárneos.

Diversos estudos apontam o aprimoramento nutricional dos produtos adicionados de linhaça, como o incremento de ômega-3, fibra alimentar e compostos bioativos (FUCHS et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2014; NOVELLO; POLLONIO, 2012; BILEK; TURHAN, 2009). No entanto, verifica-se que as doses utilizadas podem afetar a aceitação. Fuchs et al (2013) adicionaram 0 a 15% de farinha de linhaça em croquete de tilápia e o teste de aceitação indicou que o limite de adição de farinha de linhaça foi de 12,5g/100g. O estudo de Oliveira et al. (2014) propôs a adição de 0, 5 e 10% de farinha de linhaça em hambúrguer bovino e apontaram que a adição de 5% se caracterizou como uma alternativa viável do ponto de vista sensorial. Ainda, no estudo de Yogesh et al. (2015) ao incorporar 0 a 5% de linhaça em produto de frango, verificaram que a adição até 5% não alterou as propriedades sensoriais. Segundo Fuchs et al. (2018) a adição de ingredientes funcionais que melhoram a qualidade nutricional está associada a uma diminuição na aceitação do alimento, principalmente devido ao sabor do produto final. Portanto, é necessário um estudo para a compreensão da percepção do consumidor acerca de alimentos funcionais.

O estudo do comportamento do consumidor é considerado heterogêneo e multidisciplinar envolvendo a ciência e tecnologia de alimentos, nutrição, marketing, sociologia, antropologia e psicologia (MENDES; AQUINO, 2014; GUINARD; UOTANI; SCHLICH, 2001). A percepção das características de produtos alimentares pode ser afetada por fatores individuais, que incluem atributos sensoriais que interagem com fatores fisiológicos,

comportamentais e cognitivos dentro da experiência do consumidor, influenciando sua percepção. O contexto e as experiências também afetam essa interação (LANGE; ROSSEAU; ISSANCHOU, 1999; RIBEIRO ET AL., 2008; VABO; HANSEN, 2014).

Vários estudos (ROCHA; NORONHA; TRINDADE, 2018; BARBOZA; CAZAL 2017; SANTILLO; ALBENZIO, 2015; CARRILLO; VARELA; FIZSMAN, 2012) mostram que a aceitação e a percepção dos consumidores podem ser influenciadas quando a informação é fornecida.

De acordo com Verbeke (2005), consumidores informados ou bem informados sobre os benefícios dos alimentos aumenta os escores hedônicos e, conseqüentemente, a aceitação desses produtos. Segundo Lange et al (1999), a informação gera expectativa quanto ao produto, e este na presença de informação revela um efeito de assimilação. Para Deliza e Macfie (1996), a expectativa desempenha um papel importante porque pode melhorar ou degradar a percepção de um produto.

No processo de desenvolvimento de produtos, a identificação da formulação que alcance a preferência dos consumidores é fundamental. Para tal, identificar as características do produto ideal e os atributos que dirigem a aceitação a fim de realizar modificações específicas na formulação, é etapa fundamental no referido processo de desenvolvimento (ARES et al., 2014a). Para isso, Plaehn (2012), Ares et al. (2014a) e Meyners, Castura e Carr (2013) preconizaram o uso da análise de penalidade com base nas questões CATA (*Check-All-That-Apply*) para investigar o efeito do desvio dos atributos sensoriais em relação ao produto ideal na aceitação. Além disso, a metodologia fornece informações sobre as características sensoriais e os atributos que dirigem a preferência com base exclusivamente na percepção do consumidor.

Diante do exposto, os objetivos do estudo foram (I) determinar o efeito da adição de diferentes concentrações de farinha de linhaça em hambúrguer de frango na oxidação lipídica, conteúdo de fenólicos totais, e de ácido α -linolênico; (II) avaliar a aceitação dos hambúrgueres e identificar as características sensoriais que contribuem para a aceitação ou rejeição dos produtos; bem como (III) verificar o efeito da informação sobre os benefícios da linhaça na aceitação e nas características sensoriais dos produtos.

4.2. Material e Métodos

4.2.1 Matéria-prima

O peito de frango congelado a -12 °C foi adquirido em mercado local. As sementes de linhaça da variedade dourada, em embalagens de 250g foram doadas pela empresa Vitao Alimentos.

4.2.2 Processamento do hambúrguer

O hambúrguer de frango foi processado na Planta de Carnes do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais - Campus Rio Pomba, MG. A Tabela 3 mostra os ingredientes utilizados no hambúrguer.

Os peitos de frango foram descongelados em câmara fria a 4°C por 12 horas, submetidos a um procedimento de limpeza, incluindo remoção de pele, osso e aponeurose. A carne e a pele foram moídas separadamente em um moedor semi-industrial (CAF-modelo 22STB, Rio Claro, Brasil) com discos de 8mm e 5mm, respectivamente. Foram elaboradas cinco formulações de hambúrguer de carne de frango adicionados de farinha de linhaça dourada

de acordo com as proporções descritas na Tabela 3. Após a moagem, as matérias-primas foram pesadas nas quantidades requeridas para cada formulação e misturadas manualmente durante 10 minutos em uma bandeja de plástico branco retangular (51x33x9cm). Os demais ingredientes foram adicionados na seguinte ordem: sal, água, alho, cebola, eritorbato de sódio, tripolifosfato de sódio, glutamato monossódico e farinha de linhaça dourada. Após a homogeneização dos ingredientes em cada formulação, porções de 100g dos hambúrgueres de frango foram moldados em molde manual (marca Picelli, Rio Claro, Brasil) de 112mm de diâmetro (Picelli, Rio Claro, Brasil), acondicionados em embalagens individuais de polietileno e armazenados a -18°C até o momento das análises.

4.2.3 Delineamento experimental

Cinco formulações de hambúrgueres de frango com diferentes conteúdos de FLD foram processados seguindo os ingredientes apresentados na Tabela 3, resultando nas amostras F0 (controle, sem FLD), F5 (5% de FLD), F10 (10% de FLD), F15 (15% de FLD) e F20 (20% de FLD), cujas análises descritas nos itens subsequentes foram realizadas no mínimo em triplicata.

Tabela 3. Formulações dos hambúrgueres de frango adicionados de farinha de linhaça dourada (FLD) em substituição à pele de frango

Ingredientes	Formulações (g. 100 g ⁻¹)				
	F0	F5	F10	F15	F20
Peito de frango	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
Pele de frango	23,0	18,0	13,0	8,0	3,0
Tripolifosfato de sódio [§]	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Glutamato monossódico ^{§§}	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Eritorbato de sódio [£]	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Alho	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Cebola	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Sal refinado	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
Água	11,65	11,65	11,65	11,65	11,65
FLD	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0

F0: controle (sem FLD), F5: formulação com 5% de farinha de linhaça, F10: formulação com 10% de farinha de linhaça, F15: formulação com 15% de farinha de linhaça, F20: formulação com 20% de farinha de linhaça.

[§]Marca Adicel, ^{§§}Ajinomoto, [£]Charcutaria

4.2.4 Determinação da atividade antioxidante

4.2.4.1 Preparo dos extratos

2g de amostra crua foram adicionados a uma solução de 20ml de acetona a 70%. Em seguida, a suspensão foi agitada automaticamente em Skaker (Tecnal, TE-424, Piracicaba, São Paulo, Brasil) à 18,9rpm, por 2h, 25°C e centrifugada (Thermo Scientific™, Heraeus™ Biofuge™ Stratos™, Alemanha) a 2865g por 15min. O sobrenadante foi transferido para um bequer e o volume foi completado para 20mL com água destilada. O extrato foi colocado em garrafa âmbar e armazenado em um freezer (-18°C) até o momento da análise.

4.2.4.2 Atividade antioxidante – método ABTS (ABTS•+ - [2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)])

O método ABTS [2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)] foi utilizado para avaliar amostras de hambúrgueres crus, conforme metodologia proposta por Re et al. (1999). A absorvância foi medida em espectrofotômetro (Aaker Brl Photonics BEEI 2000, Piracicaba, Brasil) em comprimento de onda de 734nm. Os resultados foram expressos em TEAC (atividade antioxidante equivalente ao Trolox (6-hidroxi-2,5,7,8,-tetrametilcromo-2-ácido-carboxílico) (Mmol Trolox/g).

4.2.4.3 Conteúdo de fenólicos totais (CFT)

Para a determinação do conteúdo de fenólicos totais foi utilizado o reagente de *Folin-Ciocalteu* (Sigma-Aldrich, Saint Louis, Missouri, EUA), de acordo com metodologia descrita por Singleton, Orthofer e Lamuela-Raventós (1999). Alíquotas de 0,6 mL do extrato obtido no item 2.2.1 foram adicionadas a 3,0mL do reagente de *Folin-Ciocalteu* e deixados em repouso por 30 minutos. Após este período, foram adicionados 2,5mL de solução de carbonato de sódio (Synth, Diadema, São Paulo, Brasil). Os tubos foram deixados em repouso por uma hora ao abrigo da luz e em temperatura ambiente (25°C). A leitura da absorvância da solução final, após uma hora de estabilização da reação, foi realizada a 760nm em espectrofotômetro (Aaker Brl Photonics BEEI 2000, Piracicaba, Brasil). O resultado final expresso em miligramas de equivalentes de ácido gálico (EAG) por 100mL de amostra (mg EAG.100 mL⁻¹).

4.2.5 Índice de TBARS

A avaliação da oxidação lipídica foi determinada pelo índice de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), de acordo com Raharjo, Sofos e Schmidt (1992), por meio da formação de malonaldeído (MDA). 10g de hambúrguer de frango crus foram homogeneizados por 5min com 40mL de ácido tricloroacético a 5% (TCA) e 1mL de antioxidante BHT a 0,15% (2,6-di-terc-butil-4-metilfenol) (Sigma Aldrich, EUA) e em stomacher (Biobase, Manali, Índia, 2000) por 5min., filtrado em papel de filtro Whatman nº1 e retirada alíquota de 2mL na qual foi acrescentada de 2mL de solução de ácido tiobarbitúrico (TBA) a 0,08mol/L e aquecida em água (100°C) durante 5 min. Após resfriamento em banho de gelo por 3min, foi retirada alíquota para leitura da absorvância a 532nm em espectrofotômetro (Aaker Brl Photonics BEEI 2000, Piracicaba, São Paulo, Brasil), sendo os valores de TBARS (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico) expressos em mg de malonaldeído (MDA) por kg de amostra, obtidos a partir da curva analítica com 1,1,3,3-tetraetoxipropano (TEP).

4.2.6 Determinação do ácido α -Linolênico

A determinação do ácido graxo α -linolênico no hambúrguer cru foi baseada na composição de ácidos graxos da linhaça. O teor de ácido linolênico foi recalculado massa/massa para o hambúrguer, considerando-se o fator de 0,96 (FAO, 2012). A metodologia está descrita no item 2.2.3.4, capítulo 2.

4.2.7 Análise do perfil de textura instrumental (TPA)

Os hambúrgueres após descongelamento em câmara fria à 4°C por 24h, foram grelhados em grill elétrico antiaderente (George Foreman, Super Jumbo –GBZ31SB, Salton, EUA) pré-aquecido à 120°C. Os hambúrgueres foram virados a cada 1min e a temperatura

monitorada por termômetro infravermelho (Skill-Tec, SKTI-380, China) até atingir de 75°C no centro geométrico, o que ocorreu em 10min. Os hambúrgueres grelhados foram deixados à temperatura ambiente por aproximadamente uma hora para resfriamento, antes de iniciar a análise. Para tal, o tamanho da amostra foi padronizado por meio de molde cilíndrico metálico que forneceu porções de 2,54cm de diâmetro e 1cm de altura (AMSA, 2015). Foram utilizadas 10 porções, as quais foram extraídas de quatro hambúrgueres.

A avaliação instrumental da textura de hambúrguer grelhado de cada formulação foi realizada em texturômetro (Brookfield, modelo CT3-50K, Illinois, EUA), probe acrílico transparente de 5,0 cm de diâmetro e 2,0 cm de altura, com mesa de base fixa. As amostras foram submetidas à compressão de dois ciclos e comprimidas a 50% da altura original à velocidade constante de 2mm/s, conforme metodologia de Afshari et al. (2015). Não houve tempo de repouso entre os dois ciclos de compressão. A curva de deformação vs. tempo foi obtida, e foram gerados quatro parâmetros de textura: dureza (N), elasticidade (mm), mastigabilidade (N.mm) e coesividade. Os dados foram obtidos por sistema informatizado de coleta de dados.

4.2.8 Análise sensorial dos hambúrgueres de frango

O estudo referente à análise sensorial foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora - CESJF, sob o número do certificado de consideração ética (CAAE): 76768617.0.0000.5089.

4.2.8.1 Preparo da amostra

Os hambúrgueres foram retirados do freezer à -18°C e grelhados em panela elétrica antiaderente (Fun Kitchen FH 3030C, China), aquecida à 120°C. Foram virados a cada 1min e a temperatura monitorada por termômetro infravermelho (Skill-Tec, SKTI-380, China) até atingir 75°C. As amostras foram acondicionadas em forno elétrico (Mondial, Premium, FR-09, São Paulo) e mantidas à temperatura de 75°C.

4.2.8.2 Definição das questões CATA (*check-all-that-apply*)

Os termos sensoriais foram identificados em estudo preliminar por cinco avaliadores treinados com idade entre 30 e 60 anos, consumidores de hambúrguer e servidores da Embrapa Agroindústria de Alimentos. Os avaliadores foram solicitados a descrever todos os atributos sensoriais referentes às amostras de hambúrguer em relação à aparência, aroma, sabor e textura. 18 termos foram identificados: aparência característica, aparência agradável, aparência úmida, superfície dourada, aroma de cereal, aroma de frango, aroma de condimento, gosto salgado, muito salgado, sabor de frango, sabor de cereal, sabor residual, tempero equilibrado, suculento, textura macia, ressecado, desmanchando e gomosidade.

4.2.8.3 Participantes do estudo e procedimento experimental

100 consumidores com idade entre 18 e 65 anos (64% mulheres) foram recrutados na Embrapa Agroindústria de Alimentos através de e-mail institucional, com base no interesse e disponibilidade em participar do estudo sobre hambúrguer de frango.

O estudo foi dividido em duas sessões, a saber: 1) sem informação sobre o produto e 2) informando sobre os benefícios da linhaça à saúde.

Na primeira sessão, 50 participantes do estudo avaliaram a aceitação das cinco formulações de hambúrguer por meio da escala hedônica estruturada de nove pontos variando de um: “desgostei extremamente” a 9: “gostei extremamente” (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2007). Para tal, cerca de 20g de cada amostra foram oferecidas aos consumidores codificadas com números de três dígitos e servidas de forma monádica em pires branco à temperatura de 75°C, juntamente com 200mL de água à temperatura ambiente para lavar a boca entre as amostras. Em seguida, foram solicitados a marcar todos os termos CATA (ARES; JAEGER, 2013) que consideravam apropriados para descrever cada um dos hambúrgueres. A ordem de apresentação das amostras e dos termos sensoriais foi balanceada dentro e entre os consumidores. Após a avaliação dos cinco hambúrgueres, os consumidores adicionalmente marcaram os termos que consideravam apropriados para descrever o hambúrguer de frango considerado ideal.

Na segunda sessão, 50 consumidores que não participaram da primeira foram recrutados e realizaram a mesma avaliação descrita anteriormente; porém, foram informados sobre a presença de linhaça no produto por meio de um folder que descrevia os efeitos benéficos da linhaça à saúde, como a melhoria da função intestinal, redução nos níveis de colesterol no sangue, prevenção para alguns tipos de cânceres e obesidade (Figura 2).

Os dados foram coletados no software Fizz (Biosystem, versão 2.47B, 2015).

Figura 2. Folder utilizado na segunda sessão da avaliação sensorial contendo informação sobre os benefícios da linhaça à saúde

A adição de **farinha de linhaça** no hambúrguer de frango possibilita a redução de gordura animal no produto e está associada aos seguintes benefícios à saúde:

- **diminui** a hipertensão arterial e o colesterol,
- **previne** certos tipos de câncer e a obesidade,
- **auxilia** o funcionamento intestinal
- **aumenta** a saciedade



4.2.9 Análise estatística

Os dados das análises químicas foram analisados por ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Tukey realizada a 5% de significância.

Na avaliação sensorial, os dados da aceitação foram analisados por ANOVA seguidos de teste Tukey para checar diferença entre as médias das formulações e o teste t a 5% de significância para comparar o efeito da informação sobre os benefícios da linhaça à saúde.

Os dados das questões CATA foram analisados pelo teste Q de Cochran e Análise de Correspondência (AC), a qual permitiu obter uma representação bidimensional das amostras e a relação entre as amostras as características sensoriais. A análise de penalidade foi aplicada nas respostas dos consumidores para investigar a queda na aceitabilidade geral associada ao desvio do produto ideal para cada um dos atributos sensoriais das questões CATA, baseado nos intervalos entre os produtos reais e o ideal, e no impacto nas notas de aceitação. Para tal,

utilizou-se a abordagem que apontou se determinado atributo foi usado para descrever o produto como no produto ideal (0) ou não (1). Portanto, para cada atributo foi determinada a porcentagem de consumidores que a utilizaram de maneira diferente para descrever cada produto e o ideal, bem como a queda média na aceitação associado a esse desvio do ideal (ARES et al., 2014).

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R versão 3.2.3 (R Core Team, 2016).

4.3 Resultados e Discussão

Os resultados da atividade antioxidante, compostos fenólicos, índice de TBARS e ácido α -linolênico são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Teores médios (\pm desvio padrão) de atividade antioxidante (μ M Trolox/g amostra), compostos fenólicos totais (mg EAG.100g⁻¹), concentração de malonaldeído (mg MDA/kg amostra) e ácido α -linolênico¹ (g/ 100 g) em hambúrgueres de frango

Parâmetros	Formulações				
	F0	F5	F10	F15	F20
Atividade Antioxidante	0,84 \pm 0,02 ^e	0,93 \pm 0,01 ^d	1,08 \pm 0,01 ^c	1,68 \pm 0,01 ^b	1,85 \pm 0,03 ^a
Fenólicos Totais	30,23 \pm 1,70 ^c	48,76 \pm 1,90 ^b	54,63 \pm 2,85 ^b	67,01 \pm 0,47 ^a	77,25 \pm 2,14 ^a
TBARS	0,25 \pm 0,04 ^c	0,33 \pm 0,08 ^{bc}	0,42 \pm 0,08 ^{ab}	0,51 \pm 0,06 ^a	0,52 \pm 0,10 ^a
Ácido α -linolênico ¹	-	0,36 \pm 0,07 ^c	0,73 \pm 0,13 ^{bc}	1,10 \pm 0,20 ^{ab}	1,4 \pm 0,25 ^a

F0: controle, F5: formulação com 5% de farinha de linhaça, F10: formulação com 10% de farinha de linhaça, F15: formulação com 15% de farinha de linhaça, F20: formulação com 20% de farinha de linhaça. Valores com o mesmo sobrescrito na mesma linha não tem diferença significativa ($p > 0,05$) de acordo com o teste de Tukey.

¹Baseado no conteúdo de α -linolênico da FLD.

4.3.1 Atividade antioxidante e compostos fenólicos

A atividade antioxidante e o conteúdo total de fenólicos das formulações adicionadas de FLD apresentaram maiores valores ($p < 0,05$) quando comparadas ao controle, à medida que aumentou a adição da farinha de linhaça. Kasote (2013) relatou que a linhaça representa valiosa fonte de antioxidantes fenólicos, pois a secoisolariciresinol diglucosídeo (SDG), a secoisolariciresinol (SECO), o enterodiol (ED) e a enterolactona (EL) são iguais ou um pouco mais potentes que a BHT e vitamina E, com potencial comercial como uma alternativa a esses antioxidantes. Esses dados corroboram o estudo de Saleem et al. (2014) que, ao adicionar 0,1 e 3% de extrato derivado da linhaça em almôndegas, verificou maior atividade antioxidante quando comparado ao controle. Em sistemas biológicos, antioxidantes como as vitaminas A, C, E e compostos fenólicos estão envolvidos na promoção da saúde e prevenção de doenças crônicas (Shahidi, 2000; Saleem et al, 2014). A adição de FLD foi eficaz para aumentar o teor de antioxidantes fenólicos do hambúrguer de frango.

4.3.2 Índice de TBARS

O índice de TBARS diferiu entre os tratamentos ($p > 0,05$), com maiores conteúdos nas formulações F15 e F20 que contém os maiores teores de FLD, possivelmente em decorrência do processamento, pois a moagem expõe a carne à luz e ao oxigênio, além da degradação de ácidos graxos contidos na linhaça. De acordo com Mariutti e Bragagnolo (2009), a moagem é um dos fatores que contribuem para o desenvolvimento da oxidação lipídica em carnes; além disso, os ácidos graxos polinsaturados podem sofrer alterações decorrentes da oxidação lipídica, embora a composição de ácidos graxos não seja o parâmetro mais importante para detectá-la. O estudo difere de Deepak et al. (2018), que adicionou de 1 a 10% de farinha de linhaça em produto cárneo de frango e não afetou os valores de TBARS em comparação ao controle.

4.3.3 Ácido α -linolênico

O conteúdo de ácido graxo α -linolênico (C18:3 ω -3) das formulações aumentou com a crescente adição de FLD. Esses resultados corroboram o estudo de Bilek e Turhan (2009) e Oliveira et al. (2014) ao adicionar 3, 6, 9, 12 e 15% de farinha de linhaça em hambúrguer bovino. Segundo estes mesmos autores, o aumento de ácido graxo α -linolênico em alimentos é um fator importante, pois é o principal ácido graxo ω -3 e precursor de outros ácidos graxos da série n-3 no organismo. Os hambúrgueres adicionados de 10 a 20% podem ser classificados como produto de “alto conteúdo” de ácido α -linolênico conforme Brasil (2012). Portanto, a adição de FLD foi eficaz para aumentar o teor de ácido graxo α -linolênico do hambúrguer de frango.

4.3.4 Perfil de textura instrumental (TPA)

A análise do perfil de textura (TPA) indicou uma redução significativa ($p < 0,01$) em todos os parâmetros analisados, exceto a elasticidade, com aumento no nível de adição de FLD (Tabela 5). Tal resultado pode estar relacionado à alta capacidade de absorção de água do produto devido ao aumento do teor de fibra alimentar. Para Selani et al. (2016), são observadas variações na dureza do produto quando a fibra alimentar é adicionada aos produtos cárneos. Entretanto, os resultados podem ser devidos à quantidade e às características de cada tipo de fibra utilizada, bem como ao tipo de produto cárneo. Os referidos autores utilizaram casca e bagaço de abacaxi no processamento de hambúrguer de carne e observaram que a presença de fibras minimizou o endurecimento do produto recorrente da redução de gordura. De acordo com Bastos et al. (2014), as fibras contribuem para a higroscopicidade e proporcionam suculência característica, aumentando a maciez e, conseqüentemente, reduzindo a mastigabilidade. Yogesh et al. (2015) reportaram que nuggets de frango adicionados de diferentes concentrações de farinha de linhaça (1 a 5%) apresentaram menores valores de mastigabilidade e dureza, resultado semelhante encontrado no presente estudo. No entanto, diferiram quanto à coesividade e elasticidade, possivelmente pelo maior conteúdo e tipo de gordura de adição, teor de FLD adicionada, assim como diferenças no processamento. Apostu, Mihociu e Nicolau (2017) relataram médias menores para a dureza e fraturabilidade instrumentais com o aumento do teor de beta-glucana, assim como no presente estudo. Os autores atribuíram esses resultados à capacidade de absorção de água do produto, devido à adição da fibra alimentar na matriz de carne finamente triturada.

Tabela 5. Teores médios (\pm DP: desvio padrão) dos parâmetros de textura instrumental de hambúrgueres de frango

Parâmetros	Formulações				
	F0	F5	F10	F15	F20
Dureza (N)	24,91 \pm 0,14 ^a	18,19 \pm 0,28 ^b	16,44 \pm 0,58 ^c	15,41 \pm 0,15 ^c	13,45 \pm 0,75 ^d
Coersividade	0,51 \pm 0,08 ^a	0,33 \pm 0,04 ^b	0,30 \pm 0,02 ^b	0,21 \pm 0,06 ^b	0,23 \pm 0,04 ^b
Elasticidade (mm)	0,40 \pm 0,01 ^a	0,36 \pm 0,06 ^a	0,32 \pm 0,03 ^a	0,26 \pm 0,06 ^a	0,26 \pm 0,05 ^a
Mastigabilidade (N/mm)	47,36 \pm 1,10 ^a	20,06 \pm 3,15 ^b	19,46 \pm 2,16 ^b	12,16 \pm 0,20 ^c	9,56 \pm 0,65 ^c
Fraturabilidade (N)	21,94 \pm 0,27 ^a	20,60 \pm 0,18 ^b	18,80 \pm 0,11 ^c	15,44 \pm 0,14 ^d	10,33 \pm 0,16 ^e

F0: controle, F5: formulação com 5% de farinha de linhaça, F10: formulação com 10% de farinha de linhaça, F15: formulação com 15% de farinha de linhaça, F20: formulação com 20% de farinha de linhaça.

Médias seguidas de letras diferentes, na mesma linha, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

4.3.5 Resultados da avaliação sensorial

A Tabela 6 contém os resultados do teste de aceitação com e sem informação sobre os benefícios da linhaça à saúde. Observou-se que na condição não informada F0 e F5 foram igualmente aceitas ($p > 0,05$), apresentando as médias de aceitação mais elevadas. As formulações F15 e F20 também foram igualmente aceitas, no entanto, apresentaram as menores médias de aceitação nessa condição. Na condição informada, F5 foi a mais aceita ($p < 0,05$) quando comparada ao controle e às demais formulações. Contudo, considerando o efeito da informação sobre o benefício da linhaça na saúde, houve diferença apenas entre as formulações controle e a média de aceitação do hambúrguer, sem informação foi maior do que com informação. Diferentemente do presente estudo, Alves et al. (2017) verificaram que os consumidores preferiram o presunto sem adição de farinha de jabuticaba (controle); no entanto, após informar sobre os possíveis benefícios para a saúde, o produto funcional foi igualmente aceito ao controle em relação ao aspecto geral.

Tabela 6. Média (\pm DP: desvio padrão) das notas de aceitação global de hambúrgueres de frango adicionados de diferentes concentrações de farinha de linhaça dourada

Formulações	Informação*	
	Sem	Com
	Média \pm DP	Média \pm DP
F0	6,9 \pm 1,61 ^{Aa}	5,8 \pm 2,23 ^{Bb}
F5	7,0 \pm 1,55 ^{Aa}	6,9 \pm 1,81 ^{Aa}
F10	5,7 \pm 1,90 ^{Ab}	5,7 \pm 2,11 ^{Abc}
F15	4,5 \pm 2,43 ^{Ac}	5,1 \pm 2,16 ^{Abc}
F20	4,5 \pm 2,45 ^{Ac}	4,7 \pm 2,06 ^{Ac}

* Sobre os benefícios da linhaça apresentada em folheto aos 50 participantes da sessão 2 (Figura 2).

F0: controle, F5: com 5% de farinha de linhaça, F10: com 10% de farinha de linhaça, F15: com 15% de farinha de linhaça, F20: com 20% de farinha de linhaça.

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de T ($p \leq 0,05$).

Considerando os resultados da análise de penalidade, observa-se que os principais atributos responsáveis pelo aumento das médias da aceitação das amostras de hambúrguer na condição não informada foram *aparência característica, aparência agradável, aroma de frango, sabor de frango, superfície dourada, tempero equilibrado, suculento e textura macia* (Tabela 7). Esses atributos direcionaram a preferência dos consumidores sendo considerados,

portanto, necessários para as amostras de hambúrguer de frango com farinha de linhaça. Nota-se que, após apresentar a informação sobre os benefícios da linhaça à saúde, o termo *superfície dourada* se tornou um atributo de menor importância, ou seja, estar ciente dos benefícios da linhaça diminuiu a importância deste atributo. Em contrapartida, os principais atributos responsáveis pela queda nas médias da aceitação para o conjunto das amostras de hambúrguer na condição não informada foram *sabor de cereal*, *gomosidade* e *desmanchando*. Observa-se que na opinião dos consumidores não é esperado que os atributos sabor de cereal, gomosidade e desmanchando façam parte das características sensoriais de um hambúrguer de frango, sendo que o *sabor de cereal* foi o principal fator de rejeição na condição não informada (-2,25), seguido do termo *desmanchando* (-1,67). De acordo com Fuchs et al (2013), a adição de farinha de linhaça em concentrações elevadas que melhoram a qualidade nutricional foi relacionada à diminuição na aceitação. Nesse sentido, a combinação de ingredientes pode se tornar uma estratégia promissora para o aumento da aceitação, pois, de acordo com Aminzare et al. (2019), a utilização de ervas e condimentos podem contribuir para o sabor de produtos cárneos e influenciar positivamente a aceitação. No entanto, na presença da informação, o termo *desmanchando* tornou-se aceito pelos consumidores, o que pode explicar a maior aceitação da formulação com 5% de FLD após a informação. Valenzuela-Melendresa et al. (2018) observaram que o aumento da concentração de pasta de tomate e redução dos níveis de farinha de linhaça elevaram a aceitação de hambúrguer bovino. Semelhante aos resultados do presente estudo, Grasso et al. (2017) relataram alteração na aceitação e na caracterização das amostras por meio das questões CATA em produto cárneo de peru (controle) e adicionado de esteróis vegetais nas condições informada e não informada. Na condição às cegas, o produto controle foi mais aceito, no entanto, a informação “os esteróis vegetais diminuem/reduzem o colesterol no sangue” aumentou a aceitabilidade da aparência do produto adicionado de esteróis. Curiosamente, em ambos os trabalhos, a aparência demonstrou ter papel relevante na aceitação, enquanto a textura foi propulsora de aversão na condição informada, pois os consumidores demonstraram percepção sensorial negativa de pulverulento para o produto de peru e a gomosidade se mostrou desagradável para o hambúrguer adicionado de farinha de linhaça.

É importante ressaltar, que a informação sobre os benefícios da linhaça adicionada ao hambúrguer influenciou a descrição sensorial das amostras e, conseqüentemente a escolha das questões CATA com impacto na análise de penalidade. Tal análise revelou maior aceitação da característica sensorial *desmanchando*, bem como a menor importância ao termo *superfície dourada* após estarem cientes dos benefícios da linhaça à saúde. Tuorila et al. (1994) ressaltaram que a informação diminuiu a incerteza sobre o alimento consumido, pois gerou conhecimento e, conseqüentemente, segurança quanto ao produto.

Tabela 7. Efeito da informação sobre os benefícios da linhaça à saúde na avaliação sensorial das amostras de hambúrguer de frango com linhaça (F0 a F20)

Atributos [§]	Nível	Média	Efeito	Média	Efeito na
		(aceitação)	na	(aceitação)	média
		Sem informação		Com informação	
Aparência característica		5,1	1,1*	5,0	1,3*
		6,2		6,3	
Aparência agradável		4,4	2,3*	4,6	2,3*
Superfície dourada		6,8		6,9	
		5,0	1,1*	5,6	0,2 ^{ns}
Aroma de frango		6,1		5,8	
		5,3	0,9*	4,8	1,7*
Sabor de frango	P (Não)I(Sim)	6,3		6,6	
	P (Sim)I(Sim)	4,4	2,2*	4,5	2,0*
Tempero equilibrado		6,6		6,5	
		4,9	2,1*	4,8	2,0*
Suculento		7,0		6,8	
		4,8	1,8*	4,6	2,0*
Textura macia		6,6		6,6	
		5,1	1,3*	4,9	1,4*
		6,4		6,3	
Atributos ^{§§}					
Sabor de cereal		6,3	-2,3*	5,9	-1,2*
		3,8		4,8	
Gomosidade	P(Sim)I(Não)	6,3	-1,5 *	6,1	-1,2*
	P(Não)I(Não)	4,8		4,9	
Desmanchando		6,3	-1,7*	5,7	-0,6 ^{ns}
		4,7		5,2	

§ P(Não): atributos não marcados para as amostras de hambúrguer com farinha de linhaça, mas marcados para o hambúrguer de frango Ideal (I (sim)) e para ambos P (sim) I (sim) na média da aceitação, sem informação e com informação.

§§ P(Sim), atributos marcados para as amostras de hambúrguer de frango adicionado de farinha de linhaça com informação e sem informação mas não marcados para o hambúrguer de frango Ideal (I(Não)) e para ambos P(Não) I(Não) na queda da média da aceitação.

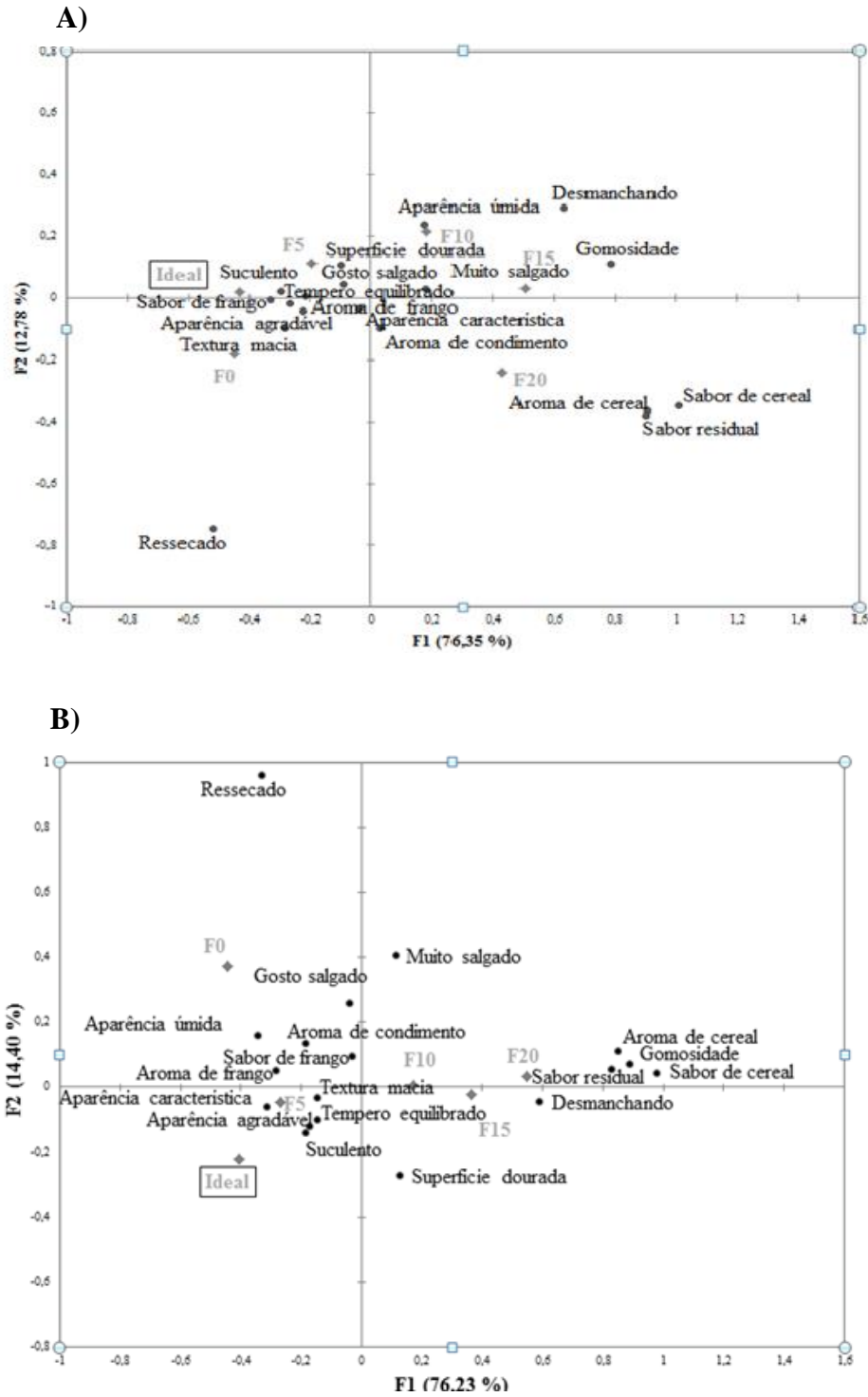
*são significativamente diferentes, de acordo com o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

NS – não significativo

A Figura 3 apresenta as características sensoriais das diferentes formulações e do produto ideal. Observa-se que sem a informação sobre os benefícios da linhaça à saúde, os tratamentos F0 e F5 apresentaram características sensoriais próximas do produto ideal, no entanto, após serem apresentados aos benefícios da linhaça, o hambúrguer com 5% de FLD se localizou muito mais próximo ao hambúrguer ideal, demonstrando que a informação favoreceu a aceitação de um produto funcional. Neville et al. (2017) avaliaram a aceitação do consumidor de diferentes formulações de hambúrguer e salsicha, em comparação com produtos comerciais com e sem carne. Os autores verificaram diferenças na aceitabilidade das amostras de hambúrguer, pois a análise de penalidade constatou que “sabor de carne” foi o fator mais relevante para dirigir a preferência do consumidor de hambúrguer e salsicha. Além disso, o hambúrguer de carne e o híbrido 1 foram semelhantes quanto aos atributos sensoriais, sendo o hambúrguer ideal descrito como “suculento”, “fácil de cortar”, “marrom escuro” e “com sabor

de carne”. Esses autores relataram que amostras avaliadas em conjunto com o que se espera de um produto ideal são fundamentais para ajudar na reformulação do produto.

Figura 3. Amostras e termos usados para descrever os hambúrgueres de frango (A) sem informação sobre os benefícios da linhaça à saúde e (B) com informação sobre os benefícios da linhaça à saúde.



4.4 Conclusões

A adição de farinha de linhaça em hambúrguer de frango proporcionou aumento significativo no teor de compostos fenólicos na atividade antioxidante e no teor de ácido graxo ω -3, além da melhoria nos parâmetros de textura.

A aceitabilidade sensorial diminuiu com o aumento da adição de FLD; no entanto, a formulação de hambúrguer de frango com 5% de FLD parece ter potencial de mercado em decorrência das características sensoriais.

A informação sobre os benefícios da linhaça à saúde não influenciou a aceitação das amostras com FLD; contudo, teve efeito na descrição sensorial das referidas amostras e a formulação com 5% de FLD apresentou características sensoriais próximas ao hambúrguer ideal.

No entanto, é necessário maior investimento na reformulação dos hambúrgueres com concentrações mais elevadas de linhaça, por meio da combinação de ingredientes que possam conferir sabor como ervas, especiarias e outros para promover o aumento na aceitação do produto funcional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABETE, I. Association between total, processed, red and white meat consumption and all-cause, CVD and IHD mortality: a meta-analysis of cohort studies. **Br J Nutr.** v. 112, n. 5, p. 762-75, 2014.

AFSHARI, R. et al. Investigation of the effects of inulin and b-glucan on the physical and sensory properties of low-fat beef burgers containing vegetable oils: Optimization of formulation using d-optimal mixture design. **Food Technology and Biotechnology,** v. 53, n. 4, p. 436-44, 2015.

AKCAN, T.; ESTEVEZ, M.; SERDAROGLU, M. Antioxidant protection of cooked meatballs during frozen storage by whey protein edible films with phytochemicals from *Laurus nobilis* L. and *Salvia officinalis*. **LWT - Food Science and Technology,** v. 77, p.323-331, 2017.

ALVES, A.P. de C. et al. Elaboration and acceptability of restructured hams added with jabuticaba skin. **Food Science and Technology,** v. 37, n. 2, p. 232-238, 2017.

AMSA. American Meat Science Association. **Research Guidelines for Cookery, Sensory Evaluation, and Instrumental Tenderness Measurements of Meat.** 2^a ed., version 1.0, 2015. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/e8a4/22c39a85c4af95e65d1c95be565673cc0585.pdf>. Acesso em: 3 abr. 2017.

AMINZARE, M. Using natural antioxidants in meat and meat products as preservatives: a review. **Adv. Anim. Vet. Sci,** v.7, n. 5, p. 417-426, 2019.

APOSTU, P. M.; MIHOCIU, T. E.; NICOLAU, A. I. Technological and sensorial role of yeast b-glucan in meat bater reformulations. **J Food Sci Technol,** v. 54, n. 9, p. 2653–2660, 2017.

ARES, G.; JAEGER, S. R. Check-all-that-apply questions: Influence of attribute order on sensory product characterization. **Food Quality and Preference,** v. 28, n.1, p. 141-153, 2013.

ARES, G. et al. Investigation of the number of consumers necessary to obtain stable sample and descriptor configurations from check-all-that-apply (CATA) questions. **Food Quality and Preference,** v. 31, p. 135-141, 2014.

ARES, G. et al. Penalty analysis based on CATA questions to identify drivers of liking and directions for product reformulation. **Food Quality and Preference,** v. 32, p. 65-76, 2014a.

BARBOZA, H. C.; CAZAL, M. M. Evaluation of the influence of the sensory characteristics and nutritional knowledge in the acceptance of mate tea. **Braz. J. Food Technol.,** v. 21, e2017075, 2018.

BASTOS, S. C. et al. Alternative fat substitutes for beef burger: technological and sensory characteristics. **J Food Sci Technol,** v. 51, n. 9, p. 2046–2053, 2014.

BILEK, A. E; TURHAN, S. Enhancement of the nutritional status of beef patties by adding flaxseed flour. **Meat Science**, v. 82, p. 472–477, 2009.

BONADONNA et al. Eating hamburgers slowly and sustainably: the fast food market in north-west Italy. **Agriculture**, v. 9, n. 4, p. 1-14, 2019.

BRASIL. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. RDC nº 54 de 12 de novembro de 2012. Aprova o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. Disponível em http://portal.anvisa.gov.br/documents/%2033880/2568070/rdc0054_12_11_2012.pdf/c5ac23fd-974e-4f2c-9fbc-48f7e0a31864. Acesso em: 5 mai. 2019.

CARRILLO, E.; VARELA, P.; FISZMAN, S. Effects of food package information and sensory characteristics on the perception of healthiness and the acceptability of enriched biscuits. **Food Research International**, v. 48, p. 209–216, 2012.

DEEPAK, S. J. et al. Effect of Flaxseed Flour on Physio-chemical and Sensory Acceptability of Chicken Nuggets. **Journal of Animal Research**, v.8, n.1, p. 67-72, 2018.

DELIZA, R.; MACFIE, H. J. H. The generation of sensory expectation by external cues and its effect on sensory perception and hedonic ratings: A review. **Journal of Sensory Studies**, v. 11, n. 2, p. 103–128, 1996.

EDEL, A. L.; ALIANI, M.; PIERCE, G. N. Stability of bioactives in flaxseed and flaxseed-fortified foods. **Food Research International**, v. 77, p. 140–155, 2015.

FAO. **Guidelines for Converting Units, Denominators and Expressions**, version 1.0. FAO, Rome, 2012.

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

FERREIRA, R. S. et al. Physicochemical, microbiological and sensory evaluation of a bioactive food blend. **Food Sci. Technol**, v. 34, n. 3, p. 609-615, 2014.

FUCHS, R. H. B. et al. Sensory characterization of Nile tilapia croquettes enriched *with* flaxseed flour using free-choice profiling and common components and specific weights analysis. **Journal of Sensory Studies**, v. 33, n. 3, p. 1-6, 2018.

FUCHS, R. H. B. et al. Enhancement of the nutritional status of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) croquettes by adding flaxseed flour. **LWT - Food Science and Technology**, v. 54, p. 440-446, 2013.

GANORKAR, P. M.; JAIN, R. K. Effect of flaxseed incorporation on physical, sensorial, textura and chemical attributes of cookies. **International Food Research Journal**, v. 21, n. 4, p. 1515-1521, 2014.

GUINARD, J. X.; UOTANI, B.; SCHLICH, P. Internal and external mapping of preferences for commercial lager beers: comparison of hedonic ratings by consumers blind versus with knowledge of brand and price. **Food Quality and Preference**, v. 12, p. 243–255, 2001.

GRASSO, S. et al. The effect of health claim information disclosure on the sensory characteristics of plant sterol-enriched turkey as assessed using the Check-All-That-Apply (CATA) methodology. **Food Quality and Preference**, v. 57, 2017.

HAUTRIVE, T.P. et al. Effect of fat replacement by chitosan and golden flaxseed flour (wholemeal and defatted) on the quality of hamburgers. **LWT - Food Science and Technology**, v. 102, p. 403-410, 2019.

KASOTE, D.M. Flaxseed phenolics as natural antioxidants. **International Food Research Journal**, v. 20, n. 1, p. 27-34, 2013.

LANGE, C.; ROUSSEAU, F.; ISSANCHOU, S. Expectation, liking and purchase behaviour under economical constraint. **Food Quality and Preference**, v. 10, p. 31-39, 1999.

LILIC, S. et al. Reducing sodium chloride content in meat burgers by adding potassium chloride and onion. **Food Science**, v. 5 p: 164 – 167, 2015.

LIN, D. et al. An overview of plant phenolic compounds and their importance in human nutrition and management of type 2 diabetes. **Molecules**, v. 21, n. 1374, p. 1-16, 2016.

MAQSOOD, S.; BENJAKUL, S.; SHAHIDI, F. Emerging role of phenolic compounds as natural food additives in fish and fish products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 53, n. 2, p. 162-179, 2013.

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. **Rev Inst Adolfo Lutz**, v. 68, n. 1, p. 1-11, 2009.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. Boca Raton, FL: CRC Press, 2007.

MEYNEERS, M.; CASTURA, J. C.; CARR, B. T. Existing and new approaches for the analysis of CATA data. **Food Quality and Preference**, v. 30, n. 2, p. 309-319, 2013.

NEVILLE, M. et al. Consumer-orientated development of hybrid beef burger and sausage analogues. **Food Sci Nut**, v. 5, p. 852–864, 2017.

NISHIMURA, T. The role of intramuscular connective tissue in meat texture. **Animal Science Journal**, v. 81, n. 1, p. 21-7, 2010.

NOVELLO, D.; POLLONIO, M.A. R. Caracterização físico-química e microbiológica da linhaça dourada e marrom (*Linum usitatissimum* L.). **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, v. 71, n.2, p. 291-300, 2012.

OLIVEIRA, D. F. et al. Golden flaxseed flour as a substitute for animal fat in reduced-sodium beef hamburgers. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 17, n. 4, p. 273-282, 2014.

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, p. 919–930, 2013.

- PLAEHN, D. CATA penalty/reward. **Food Quality and Preference**, v. 240, n. 1, p. 141-152, 2012.
- PRADO, M. E. A. et al. Physicochemical and sensorial characteristics of beef burgers with added tannin and tannin-free whole sorghum flours as isolated soy protein replacer. **Meat Science**, v. 150, p. 93–100, 2019.
- PRZYBYLSKI, R.; DAUN, J. K. Storage stability of milled flaxseed. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 78, n. 1, p. 103-104, 2001.
- RAHARJO, S.; SCHMIDT, G. R.; SOFOS, J. N. Improved speed, specificity, and limit of determination of an aqueous acid extraction thiobarbituric acid-C18 method for measuring lipid peroxidation in beef. **J. Agric. Food Chem**, v. 40, n. 11, p. 2182–2185, 1992.
- RE, R. et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 26, n. 9/10, p. 1231- 1237, 1999.
- ROCHA, Y. J. P.; NORONHA, R. L. F.; TRINDADE, M. A. Understanding the consumer's perception of traditional frankfurters and frankfurters with healthy attributes through sorting task and hard laddering techniques. *Mesc* (2018), <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.11.004>
- SALEEM, H. et al. Flaxseed nutritied meat balls with high antioxidante potential. **Journal of Food Technology Research**, v. 1, n. 1, p. 85-95, 2014.
- SANTILLO, A.; ALBENZIO, M. Sensory profile and consumers' liking of functional ovine cheese. **Foods**, v.4, p. 665-677, 2015.
- SELANI, M. et al. Effects of pineapple byproduct and canola oil as fat replacers on physicochemical and sensory qualities of low-fat beef burger. **Meat Science**, v. 112, p. 69-76, 2016.
- SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin–Ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, v. 299, p. 152–178, 1999.
- SHAHIDI, F. Antioxidant factors in plant foods and selected oilseeds. **Biofactors**, v. 13, 2000.
- TUORILA, H. et al. Role of sensory and cognitive information in the enhancement of certainty and linking for novel and familiar foods. **Appetite**, v. 23, n. 3, p. 231-246, 1994.
- VABO, M.; HANSEN, H. Relationship between food preferences and food choice: a theoretical discussion. **International Journal of Business and Social Science**, v.5, n. 7, 2014.
- VALENZUELA-MELENDRISA et al. Nutritional quality of beef patties with added flaxseed and tomato paste. **Cyta – Journal of Food**, v. 16, n. 1, 263–270, 2018.
- VERBEKE, W. Consumer acceptance of functional foods: socio-demographic, cognitive and attitudinal determinants. **Food Quality and Preference**, v. 16, p. 45–57, 2005.

WASZKOWIAK, K.; RUDZINSKA, M. Effect of flaxseed meals and extracts on lipid stability in a stored meat product. **J Am Oil Chem Soc**, v. 91, p. 979–987, 2014.

YOGESH, K. et al. Technological, physico-chemical and sensory properties of raw and cooked meat batter incorporated with various levels of cold milled flaxseed powder. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 3, p. 1610–1617, 2015.

CAPÍTULO V
ADIÇÃO DE FARINHA DE LINHAÇA DOURADA EM HAMBÚRGUER
DE FRANGO E O EFEITO NA SACIEDADE

RESUMO

A farinha de linhaça dourada (FLD) é uma fonte de fibra alimentar com benefícios à saúde. No entanto, seu papel na saciedade requer elucidação. No presente estudo, foi investigado o efeito da adição de FLD em hambúrguer de frango no apetite e ingestão alimentar. 27 mulheres adultas eutróficas ($21,69 \pm 0,39 \text{ kg/m}^2$) participaram de estudo clínico randomizado, tipo cego, cruzado. Após jejum noturno de 10-12 horas, as voluntárias compareceram ao laboratório para consumir três diferentes formulações isocalóricas de hambúrguer contendo 0, 10 e 20% de FLD, (F0, F10 e F20, respectivamente) em três sessões experimentais. Foram avaliadas a palatabilidade, o quociente de saciedade, além da resposta subjetiva apetitiva nos períodos de jejum e pós-prandial (até 240min). Em etapa subsequente, 18 mulheres consumiram F0 (controle), F10 (10% de FLD) e F20 (20% FLD) em três sessões experimentais e, após 180min receberam refeição consumida *ad libitum* (torta de frango com legumes). O consumo alimentar das participantes foi registrado durante as 24h subsequentes. As três formulações de hambúrguer foram igualmente aceitas. O quociente de saciedade médio revelou maior efeito do tratamento F20 comparado ao F0 e F10. A sensação de fome após consumo de F20 foi menor do que F10 aos 60 e 90 minutos. F20 também resultou em menor vontade de comer aos 30 e 120 minutos do que as formulações F0 e F10. A ingestão de carboidrato após consumo de F20 foi menor comparado à ingestão habitual. O consumo de proteína foi maior após F0 e F10 comparado à ingestão habitual. A ingestão calórica e de macronutrientes na refeição seguinte (torta de frango com legumes), servida 3h após o consumo do hambúrguer, foi menor em F20 comparado a F0. A adição de 20% de FLD apresentou maior quociente médio de saciedade, menor vontade de comer e menor ingestão de carboidrato nas 24h após o consumo do hambúrguer de frango.

Palavras-chave: Linhaça; Hambúrguer de frango; Apetite; Ingestão alimentar; Quociente de saciedade.

ABSTRACT

Golden flaxseed flour (GFF) is a source of dietary fiber with health benefits. However, its role in satiety requires elucidation. In the present study we investigated the effect of the addition of GFF in chicken burger on appetite and food intake was investigated. 27 eutrophic adult women (21.69 ± 0.39 kg / m²) participated in this randomized, blinded, crossover clinical study. After an overnight fast of 10-12 hours, the volunteers came to the laboratory to consume three different isocaloric chicken burger formulations containing 0, 10 and 20% GFF, F0 (control), F10 (10% GFF) and F20 (20% GFF), respectively in three experimental sessions. Palatability, satiety quotient, and subjective appetitive responses in the fasting and postprandial periods (up to 240min) were evaluated. In a subsequent stage, 18 women ate the F0, F10 and F20 in three experimental sessions and after 180min received meal consumed *ad libitum* (chicken and vegetable pie). The participant's food intake was recorded during the subsequent 24h. All three hamburger formulations were equally accepted. The average satiety quotient showed greater effect of treatment F20 compared to F0 and F10. The feeling of hunger after consumption of F20 was lower than F10 at 60 and 90 minutes. F20 also resulted in less desire to eat at 30 and 120 minutes than formulations F0 and F10. Carbohydrate intake after F20 intake was lower compared to usual intake. Protein intake was higher after F0 and F10 compared to usual intake. Calorie and macronutrient intake at the next meal (chicken and vegetable pie), served 3 h after chicken burger consumption, was lower at F20 compared to F0. The addition of 20% of GFF presented higher average satiety quotient, lower desire to eat and lower carbohydrate intake within 24h after chicken burger consumption.

Keywords: Flaxseed; Chicken burger; appetite; Food intake; Satiety quotient.

5.1 Introdução

Nas últimas décadas, a prevalência da obesidade está aumentando a um ritmo alarmante em muitas partes do mundo. Cerca de 2 bilhões de pessoas estão acima do peso e um terço delas é obesa (SEIDELL e HALBERSTADT, 2015). O impacto desse aumento crescente à saúde tem sido profundo, uma vez que a obesidade é um importante fator de risco para a maioria das doenças não transmissíveis, incluindo doenças cardiovasculares, cânceres, doenças respiratórias crônicas e diabetes (BOURET, LEVIN e OZANNE, 2015).

A ingestão de dietas inadequadas favorece o ganho de peso. No entanto, as propriedades intrínsecas por alguns alimentos podem limitar naturalmente a ingestão de calorias (AMIN e MERCER, 2016). Assim, torna-se necessária a condução de estudos capazes de elucidar os mecanismos pelos quais esses alimentos podem promover o controle da fome com efeito na saciedade, reduzindo assim, a ingestão alimentar (MERCER, JOHNSTONE e HALFORD, 2015).

A linhaça é considerada um alimento funcional, pois contém alto teor de fibra alimentar, ácidos graxos polinsaturados, proteína, micronutrientes, compostos bioativos e baixo teor de carboidrato disponível (KAJLA, SHARMA e SOO, 2015; KUMAR et al, 2017). Dentre seus componentes, as fibras solúveis têm papel relevante, pois podem atenuar o apetite (MATTILA et al, 2018; VUKSAN et al, 2016). A fibra solúvel exerce efeito fisiológico sobre a saciedade por aumentar a viscosidade do bolo alimentar, reduzir a velocidade de esvaziamento gástrico e reduzir a absorção de nutrientes como gordura e carboidratos, por interferir no processo de mistura peristáltica no intestino delgado para impedir a digestão e a absorção de nutrientes (REBELLO, O'NEIL e GREENWAY, 2016).

Vários autores sugerem que a adição de linhaça em diferentes matrizes alimentares pode afetar positivamente a saciedade (VUKSAN et al., 2016; MONTEIRO et al., 2016; KRISTENSEN et al., 2013; IBRUGGER et al., 2012). No entanto, de acordo com a literatura disponível até o momento, o efeito da adição de linhaça ao produto cárneo no controle do apetite ainda não foi avaliado. Diante disso, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da ingestão de hambúrgueres adicionados de linhaça no apetite e no consumo alimentar de mulheres eutróficas.

5.2 Material e Métodos

5.2.1 Participantes

As participantes foram convidadas através de divulgação oral a estudantes e servidoras do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Campus Rio Pomba, MG. No total foram recrutadas 40 participantes, no entanto, 27 mulheres foram selecionadas pois atenderam aos critérios do estudo, ou seja, adultas (19 a 40 anos) com peso corporal normal (Índice de Massa Corporal, IMC: 18,5-24,9 kg/m²) (WHO, 1995), não tabagistas, não gestantes, não diabéticas, não pré-diabéticas, sem histórico familiar de diabetes e má absorção de lactose, sem uso de medicamentos que afetam o metabolismo, a glicemia e/ou a ingestão alimentar. Todas foram submetidas à avaliação da ingestão alimentar e respostas do apetite.

O tamanho das amostras foi calculado apresentando um poder estatístico de 90% de acordo com Mera, Thompson e Prasad (1998) considerando a ingestão de energia

como principal variável para o protocolo de ingestão de alimentos/apetite para detectar uma redução de 10% na ingestão calórica.

Todas as participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido antes de iniciar o estudo cujo protocolo foi aprovado pelo Comitê de Ética do Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora, Brasil, sob o número (CAAE: 76768617.0.0000.5089) e foi conduzido de acordo com a Declaração de Helsinki.

5.2.2 Procedimento experimental

O estudo foi cross-over, randomizado e simples cego. No início do estudo, as mulheres participantes preencheram um questionário contendo informações pessoais, dados relacionados aos critérios de inclusão, estilo de vida, histórico médico familiar e individual e foram submetidas à avaliação antropométrica e da composição corporal (Anexo B). Foram instruídas a registrar a ingestão alimentar habitual (antes de cada etapa experimental) por meio do registro alimentar de três dias (dois dias de semana e um dia do final de semana) (FISBERG; MARCHIONI e COLUCCI, 2009). A atividade física habitual foi avaliada utilizando o Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ) que quantifica o total de minutos utilizados em atividades físicas semanais e a distribuição do tempo pela intensidade da prática de atividade física, classificados em muito ativo, ativo, irregularmente ativo A e irregularmente ativo B (MATSUTO et al., 2001).

A estatura e o peso das voluntárias que participaram do estudo foram medidos por meio de um estadiômetro fixo na parede (SECA 206®, graduação de 0,1cm, Hamburg, Alemanha) e balança digital de plataforma (Avanutri®, graduação de 0,1kg, Modelo Digital Premium, Rio de Janeiro, Brasil), respectivamente. O IMC foi calculado dividindo o peso em quilogramas pela altura em metros quadrados.

As circunferências da cintura e do quadril foram aferidas (WHO, 2003) utilizando fita métrica inextensível (Sanny Medical, São Paulo, Brasil). A gordura corporal total foi avaliada por bioimpedância elétrica (Bodystat®, modelo 1500, Isle of Man, British Isles) (GONZÁLEZ-CORREA e CAICEDO-ERASO, 2012).

Uma vez selecionadas, as participantes foram orientadas a se abster do consumo de álcool e da realização de exercícios físicos extenuantes nos dias das sessões experimentais e nas 24h que antecederam. O estudo foi realizado em duas etapas, conforme descrito a seguir:

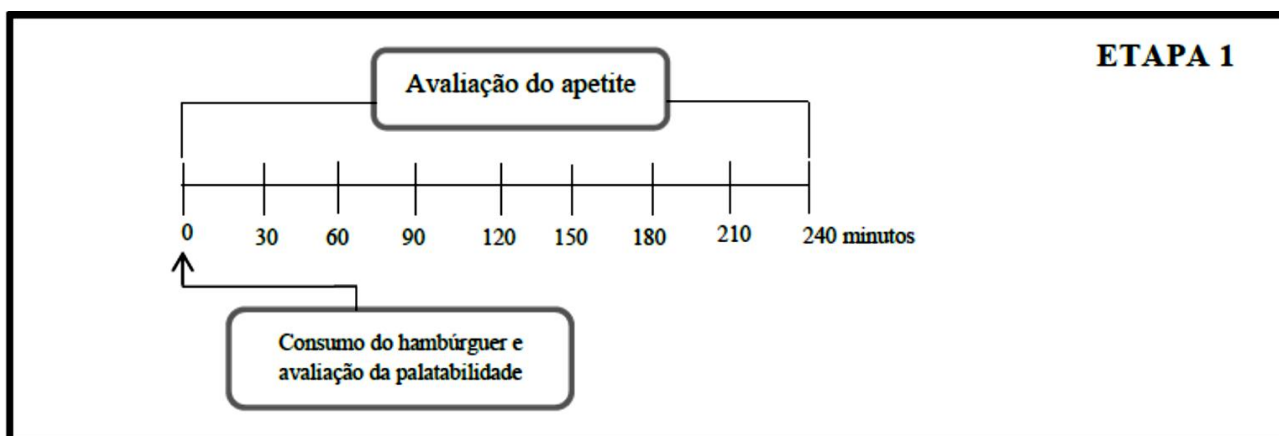
-Etapa 1: realizada nos meses de outubro a novembro de 2018.

O protocolo foi executado em três sessões experimentais, que ocorreram em dias não consecutivos. Em cada sessão as voluntárias se dirigiram ao laboratório após jejum noturno de 10 a 12h. Na noite anterior de cada sessão, todas as voluntárias receberam um kit para consumir, composto de 1 embalagem de macarrão instantâneo e 200mL de néctar de uva (Tial®), com a finalidade de padronização, para que não houvessem diferenças que pudessem interferir nas avaliações do apetite no dia da sessão.

As três amostras de hambúrguer (duas formulações com linhaça – F10 e F20 - e o hamburger sem linhaça - F0: controle) foram avaliadas codificadas com três dígitos e apresentados de forma balanceada. As participantes avaliaram a aceitação de uma amostra de hambúrguer por sessão em ordem randomizada, considerando o quanto gostaram da aparência, do aroma, do sabor e da textura utilizando escalas hedônicas de nove pontos (MEILGAARD; CEVILLE e CARR, 2007) (Anexo C), ocorrida imediatamente após o preenchimento da escala de sensação subjetiva em jejum (tempo 0). Após 30 minutos do consumo do hambúrguer e repetidamente foram preenchidas as escalas de avaliação das sensações subjetivas do apetite e os quocientes de saciedade calculados (detalhes dessas avaliações são mostradas no item 5.2.4). As participantes

também foram orientadas a registrar a ingestão de alimentos nas 24h seguintes ao consumo do hambúrguer. Cada sessão teve a duração de 240min, na qual foi oferecido 100 g de uma das amostras de hambúrguer (com 150mL de água à temperatura ambiente) (Figura 4). Após os 240 minutos, receberam um sanduíche de frango (duas fatias de pão de forma Trigovita®, 25g de requeijão Porto Alegre®, 25g de cenoura ralada e 45g de peito frango cozido Pif Paf® e 200mL de néctar de uva (Tial®) e foram liberadas para exercerem suas atividades diárias normais.

Figura 4. Procedimento experimental do estudo. Etapa 1: 27 participantes

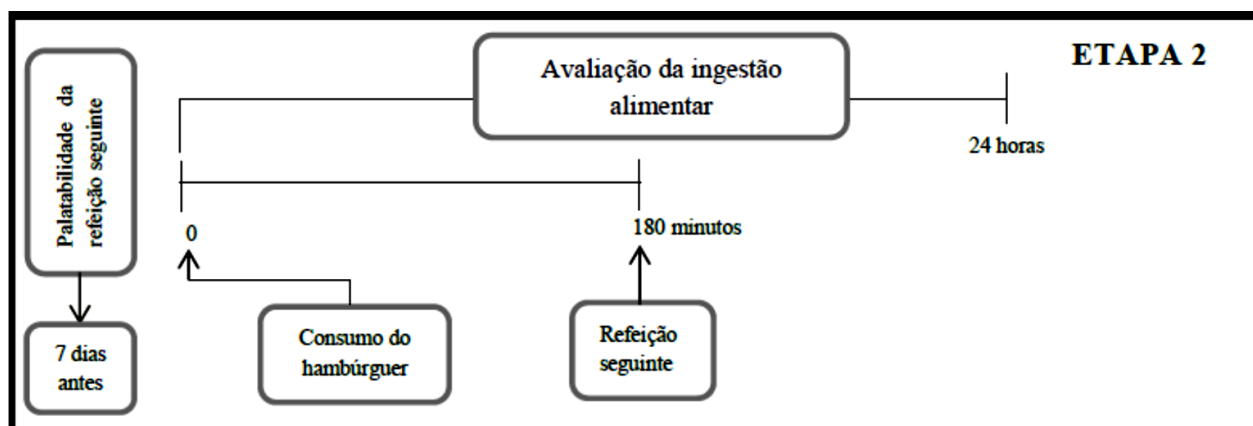


-Etapa 2: realizada nos meses de março a abril de 2019, na qual participaram 18 voluntárias selecionadas da primeira etapa para a avaliação de três amostras de hambúrguer (duas formulações com linhaça – F10 e F20 - e o hamburger sem linhaça - F0: controle), utilizando como critério aquelas que concordaram ser submetidas à avaliação da glicemia capilar. À chegada ao laboratório, receberam única porção de 100g de hambúrguer em ordem randomizada e, três horas após o consumo, as participantes receberam uma preparação padronizada (145g de torta de frango com legumes). Foi solicitado que consumissem até se sentirem plenamente satisfeitas (ingestão *ad libitum*) (Figura 5). As voluntárias foram informadas que poderiam solicitar outra porção da preparação, caso a servida inicialmente não fosse suficiente para atingir a plenitude gástrica. A quantidade da torta de frango (refeição seguinte) ingerida pelas voluntárias foi determinada por diferença entre o peso da porção oferecida e a quantidade restante da preparação após ingestão. Os dados foram analisados por um único indivíduo usando o pacote de software Avanutri® (versão 3.1.5, 2009, Avanutri & Nutrição Serviços e Informática Ltda, Rio de Janeiro, RJ, Brasil).

A torta de frango foi identificada como preferida por meio de questionário e pela escala de palatabilidade de Flint et al. (2000), com pequenas modificações (Anexo D) após consulta preliminar às participantes entre quatro preparações apresentadas (lasanha, macarrão à bolonhesa, sanduíche e torta de frango).

Durante esta etapa do estudo, as participantes permaneceram sentadas no laboratório, sendo proibida a ingestão de alimentos ou bebidas. Entretanto, receberam permissão para ler livros, assistir filmes ou acessar a internet desde que, o conteúdo lido, assistido ou acessado não estivesse relacionado a alimentos/refeições.

Figura 5. Desenho experimental do estudo. Etapa 2: 18 participantes



5.2.3 Produtos utilizados no estudo

5.2.3.1 Hambúrger

Foram processadas três formulações de hambúrguer de peito de frango: sem farinha de linhaça (F0: controle) e com farinha de linhaça (contendo 10 (F10) e 20% (F20) de farinha de linhaça) (Tabela 8) (Apêndice Ia), previamente desenvolvidos e selecionados com base na aceitação e no teor de fibra. A formulação controle não diferiu da F10, e a F20 apresentou o maior conteúdo de fibra alimentar, conforme Cócaro et al. (2019). Porções de 100g foram moldadas por prensa manual (Picelli, Rio Claro, Brasil) em molde de 112mm de diâmetro, acondicionadas em embalagens individuais de polietileno e armazenadas à -18°C até as análises. Assim, as três formulações de hambúrgueres apresentavam volume, aparência, textura e composição nutricional semelhante. A padronização dos macronutrientes como carboidrato, proteína e gordura foi realizada pela adição de maltodextrina, alteração na quantidade de carne de frango e de pele de frango, respectivamente (Tabela 9).

Tabela 8. Formulação isocalórica de hambúrgueres de frango com substituição da pele de frango por farinha de linhaça dourada (FLD)

Ingrediente	Formulação		
	F0	F10	F20
Carne de frango	60,95	58,50	57,00
Pele	23,0	13,25	3,50
Maltodextrina	1,41	0,70	0,00
Tripolifosfato de sódio	0,30	0,30	0,30
Eritorbato de sódio	0,30	0,30	0,30
Glutamato monossódico	0,30	0,30	0,30
Alho	0,75	0,75	0,75
Cebola	1,50	1,50	1,50
Sal refinado	2,20	2,20	2,20
Água	10,54	12,50	14,45
FLD	0,00	10,00	20,00

F0: hambúrguer sem farinha de linhaça (controle), F10: hambúrguer com 10% de farinha de linhaça, F20: hambúrguer com 20% de farinha de linhaça.

Tabela 9. Conteúdo de calorias, macronutrientes e carboidrato disponível (100g do produto) dos hambúrgueres utilizados no estudo

	Formulação		
	F0	F10	F20
Calorias (kcal)	185,10	185,70	186,11
Carboidrato total (g)	1,59	3,21	6,42
Proteína (g)	17,64	17,71	17,69
Lipídio (g)	12,01	12,06	12,11
Carboidrato disponível (g)	1,59	1,58	1,59

F0: sem farinha de linhaça (controle); F10: adição de 10% de farinha de linhaça; F20: adição de 20% de farinha de linhaça.

5.2.3.2 Torta de frango

A elaboração da torta se iniciou com o pré-preparo dos vegetais (batata e cenoura), os quais foram descascados, picados e cozidos em água e sal. Posteriormente, os seguintes ingredientes da massa foram liquidificados: farinha de trigo (Boa Sorte[®]), óleo de soja (Liza[®]), fermento químico (Royal[®]), leite pasteurizado (Soma[®]), sal (Cisne[®]) e ovos. Para o recheio foram utilizados batata, cenoura, tomate, cebola, queijo mussarela (Boreal[®]), filé de frango temperado e cozido desfiado (Pif Paf[®]) e sal (Cisne[®]). A cebola e o tomate foram refogados e acrescidos de frango, mussarela, sal, batata e cenoura (Tabela 10). A massa e o recheio foram acondicionados em embalagens de alumínio (12x9 cm) e assadas durante 30 minutos à temperatura de 180°C (Apêndice Ib).

Tabela 10. Composição nutricional da torta de frango utilizada no estudo[§]

Massa (75 g)	Peso (g)	Calorias (kcal)	Proteína (g)	Carboidrato (g)	Lipídio (g)	Fibra (g)
Farinha de trigo	27,66	98,89	3,31	20,46	0,36	0,14
Óleo vegetal	8,15	73,3	0,00	0,00	8,15	0,00
Fermento químico	2,14	3,98	0,01	0,98	0,00	0,00
Leite pasteurizado	29,16	18,00	0,96	1,36	0,97	0,00
Ovos	7,72	7,37	0,97	0,09	0,35	0,00
Sal	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Recheio (65g)						
Batata	12,59	10,24	0,23	2,25	0,01	0,05
Cenoura	12,59	6,17	0,14	1,22	0,03	0,13
Tomate	6,30	0,84	0,03	0,14	0,01	0,06
Cebola	9,44	3,50	0,10	0,69	0,01	0,06
Mussarela	17,11	55,61	4,67	0,00	4,11	0,00
Peito de frango	11,80	12,21	2,55	0,00	0,22	0,00
Sal	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

[§]Porção de 145g.

5.2.4 Avaliação das sensações subjetivas do apetite e avaliação do quociente de saciedade

As sensações subjetivas do apetite (desejo de comer, fome e plenitude gástrica) foram avaliadas nos tempos 0 (imediatamente antes da ingestão do hambúrguer), 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 minutos após a ingestão de cada formulação de hambúrguer. Para tal, foram utilizadas escalas analógicas visuais de 100mm, ancoradas com as frases "nem um pouco" e "extremamente" nos lados esquerdo e direito, respectivamente (FLINT et al., 2000) (Anexo A). Os dados da avaliação das sensações subjetivas do apetite foram plotados em gráficos. As áreas formadas acima da curva (iAAC) (sensação de fome, desejo de se alimentar) e as áreas formadas abaixo da curva (iAUC) (sensação de plenitude gástrica) foram calculadas pelo método trapezoidal (FAO, 1998), utilizando o programa GraphPad Prism (versão 6.01).

O quociente de saciedade (QS) foi calculado (ARGUIN et al., 2017) considerando o valor médio de cada sensação subjetiva do apetite (SSA) e as calorias fornecidas pelo alimento teste, conforme equação descrita a seguir:

$$QS = \frac{SSA (\text{jejum}) - SSA (60 \text{ minutos após a ingestão do hambúrguer})}{\text{Calorias fornecidas pelo hambúrguer}} \times 100$$

As voluntárias foram classificadas de acordo com o QS médio em que valores $<8\text{mm}/100 \text{ kcal}$ correspondeu ao fenótipo de baixa saciedade, enquanto QS médio $\geq 8\text{mm}/100 \text{ kcal}$ implicou em fenótipo de alta eficiência de saciedade em relação à refeição (hambúrguer) (DRAPEAU et al., 2007).

5.2.5 Análise estatística dos dados

Os dados foram expressos como médias e erros padrão das médias (SEM). A normalidade dos dados e a homocedasticidade foram avaliadas pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. ANOVA de uma via de medidas repetidas foi utilizada para avaliar as áreas incrementais e o quociente de saciedade. As equações de estimações generalizadas (GEE) foram usadas para avaliar as sensações subjetivas do apetite em relação ao tratamento, tempo e a interação tratamento x tempo, considerando as variáveis dependentes: fome, plenitude e desejo de comer. As comparações post hoc foram conduzidas usando o teste de Bonferroni. A ANOVA foi utilizada para ingestão habitual, e os tratamentos, utilizando o teste de Dunnett para detectar diferenças significativas entre os tratamentos e a ingestão habitual. O consumo da torta foi avaliada usando a ANOVA com as comparações post hoc conduzidas pelo teste de Tukey para detectar diferenças significativas entre os tratamentos. Um nível α de 5% foi considerado estatisticamente significativo. As análises estatísticas foram realizadas com o SPSS 17 for Windows (SPSS, Inc., Chicago, IL, EUA).

5.3. Resultados e Discussão

5.3.1 Participantes

O presente estudo foi o primeiro a avaliar os efeitos da farinha de linhaça dourada adicionada ao hambúrguer de frango nas sensações subjetivas de apetite e na ingestão alimentar em humanos.

As características descritivas dos sujeitos do estudo em condições basais estão resumidas na Tabela 11. Ao todo, 27 mulheres jovens e eutróficas participaram da etapa 1, sendo que 18 delas participaram da etapa 2. Todos os dados antropométricos e de composição corporal encontraram-se dentro dos limites normais. A maior parte das participantes é fisicamente ativa, especialmente ao agrupar o percentual de ativas e muito ativas (59,95%).

Tabela 11. Média \pm EP das características das participantes do estudo ao início do estudo ($n=27$)

Características	Sujeitos
Idade (anos)	27,11 \pm 1,21
IMC (kg/m ²)	21,69 \pm 0,39
Cintura (cm)	75,91 \pm 5,82
RCQ (cm)	0,78 \pm 0,00
Gordura corporal (%)	26,21 \pm 4,90
Atividade física habitual* (%)	
Muito ativo	26,62
Ativo	33,33
Irregularmente ativo A	22,22
Irregularmente ativo B	14,81

IMC (índice de massa corporal), RCQ (relação cintura-quadril). *Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ) (Matsuto et al., 2001)

5.3.2 Avaliação da aceitação dos hambúrgueres e palatabilidade da torta de frango com legumes

Os hambúrgueres avaliados pelas 27 voluntárias do estudo não diferiram quanto à palatabilidade. As médias dos parâmetros avaliados se posicionaram entre “gostei ligeiramente” a “gostei muito” na escala utilizada.

A torta de frango também foi avaliada com boa palatabilidade, apresentando características sensoriais avaliadas entre 81,9 e 87,0 mm.

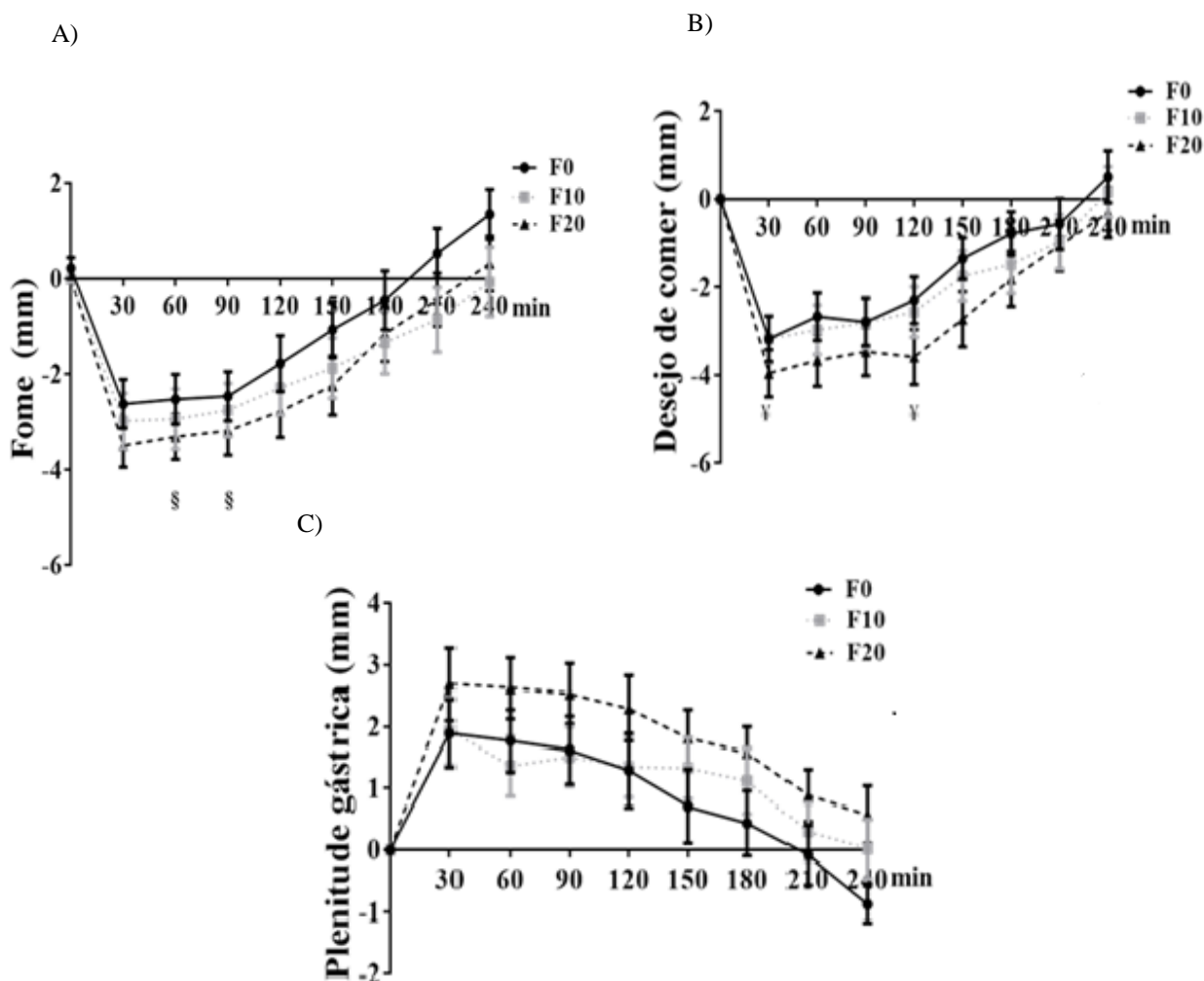
A palatabilidade dos hambúrgueres pode desempenhar papel fundamental na saciedade (YEOMANS E CHAMBERS, 2011; CHAMBERS et al., 2015). De acordo com Sorensen et al. (2003), as propriedades sensoriais do alimentos têm importante papel na maneira como os consumidores selecionam os alimentos e na quantidade que consomem. No presente estudo, a adição de farinha de linhaça em concentração de 10 e 20% não reduziu a palatabilidade dos hambúrgueres de frango em relação àquele sem farinha de linhaça.

De acordo com Kaewmanee et al. (2014), a mucilagem da linhaça é insípida e não exerce influência direta no sabor dos produtos. Entretanto, a substituição de toucinho por 5% de farinha de linhaça em hambúrguer bovino resultou em maior aceitação e maior potencial de mercado (OLIVEIRA et al., 2014). Por outro lado, verificou-se que a adição acima de 6% de linhaça ao hambúrguer bovino reduziu as médias de aceitação (BILEK e TURHAN, 2009), sugerindo que o efeito da linhaça na palatabilidade pode variar em função do tipo de produto em que é adicionada. Diferentemente dos estudos anteriormente citados (OLIVEIRA et al., 2014; BILEK & TURHAN, 2009), no presente estudo foi utilizado carne de frango, a qual apresenta características mais apreciáveis pelos consumidores (BARBUT, 2012). No estudo de Aral et al. (2013) com 1407 consumidores na Turquia, por meio de pesquisa de questionário, verificaram que os fatores mais importantes que afetavam a preferência do consumo de carne de frango foram preço, sabor, valor nutricional, percepção de saúde, taxas de gordura e facilidade de preparo, respectivamente.

5.3.3 Sensações subjetivas do apetite e quociente de saciedade

A sensação de fome após ingestão da formulação F20 foi menor que após F10 aos 60 e 90 minutos. F20 também resultou em menor vontade de comer aos 30 e 120 minutos do que as formulações F0 e F10. A sensação de plenitude gástrica não foi afetada pelas formulações F0, F10 e F20 (Figura 6).

Figura 6. Média \pm EP da (A) sensação de fome, (B) desejo de comer e (C) plenitude gástrica em relação ao baseline, obtidas utilizando escalas visuais analógicas (VAS) nos tempos 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 e 240min após a ingestão dos hambúrgueres F0: controle, F10: 10% e F20: 20% de farinha de linhaça, ($n = 27$). [§]F20 resultou em maior redução da fome do que F10 aos 60 e 90min, [¥]F20 resultou em maior redução do desejo de comer do que F0 e F10 aos 30 e 120min, pelo teste de Bonferroni. EP: erro padrão.



Os resultados mostraram que o quociente de saciedade não diferiu entre as formulações para fome, plenitude e desejo de comer, no entanto, o quociente de saciedade médio (QS médio) foi maior para o tratamento F20 comparado ao F0 e F10, após o estudo da etapa 1. F20 também apresentou o menor percentual de fenótipo de baixa saciedade,

ou seja, apenas 28,40% das participantes apresentaram baixa eficiência de saciedade ao consumir F20 (Tabela 12).

Tabela 12. Média \pm EP dos quocientes de saciedade obtidos em resposta ao consumo dos hambúrgueres testados ($n = 27$)

Quociente de saciedade (mm/100 kcal)	Hambúrgueres testados			p valor
	F0	F10	F20	
QS fome	13,85 \pm 2,76	15,81 \pm 3,39	18,36 \pm 2,50	0,40
QS plenitude gástrica	9,55 \pm 2,76	7,33 \pm 2,64	14,09 \pm 2,65	0,08
QS desejo de comer	14,42 \pm 2,92	16,98 \pm 3,11	19,69 \pm 3,17	0,35
QS médio	12,60 \pm 1,61 ^b	13,38 \pm 1,80 ^b	17,39 \pm 1,60 ^a	0,03
Fenótipo de baixa saciedade (%)	44,44	46,91	28,40	

F0: sem farinha de linhaça, F10: 10% de farinha de linhaça, F20: 20% de farinha de linhaça. Dados na mesma linha com letras sobrescritas diferentes são significativamente diferentes pela ANOVA-RM de um fator seguido do teste de Bonferroni ($p < 0,05$). EP: erro padrão.

É possível que esses efeitos estejam relacionados ao maior teor de fibra alimentar solúvel em F20 em relação aos demais. As fibras alimentares aumentam a distensão gástrica devido à formação de gel no estômago, aumento da viscosidade e retardo da taxa de esvaziamento gástrico (GOFF et al., 2018; TONETTA et al, 2017; REBELLO, O'NEIL; GREENWAY, 2016; SLAVIN; GREEN, 2007) podendo, assim, afetar positivamente os escores de apetite.

A textura apresentada pelos alimentos também pode afetar a fome e desejo de comer, pois a saciedade é mediada pelo tempo em que os alimentos permanecem na boca. Os alimentos que necessitam mais processamento oral induzem uma resposta cefálica mais forte, aumentando a saciedade (WANDERS et al., 2013; de GRAAF, 2012). Ainda, Forde et al. (2013) afirmaram que o tempo de exposição oral-sensorial podem contribuir para uma maior saciedade em refeições isocalóricas.

No presente estudo, a aceitação da textura dos hambúrgueres não foi afetada pela adição de linhaça. Isto sugere que a textura não teve efeito na fome e no desejo de comer verificados para F20 em relação a F10 e F0.

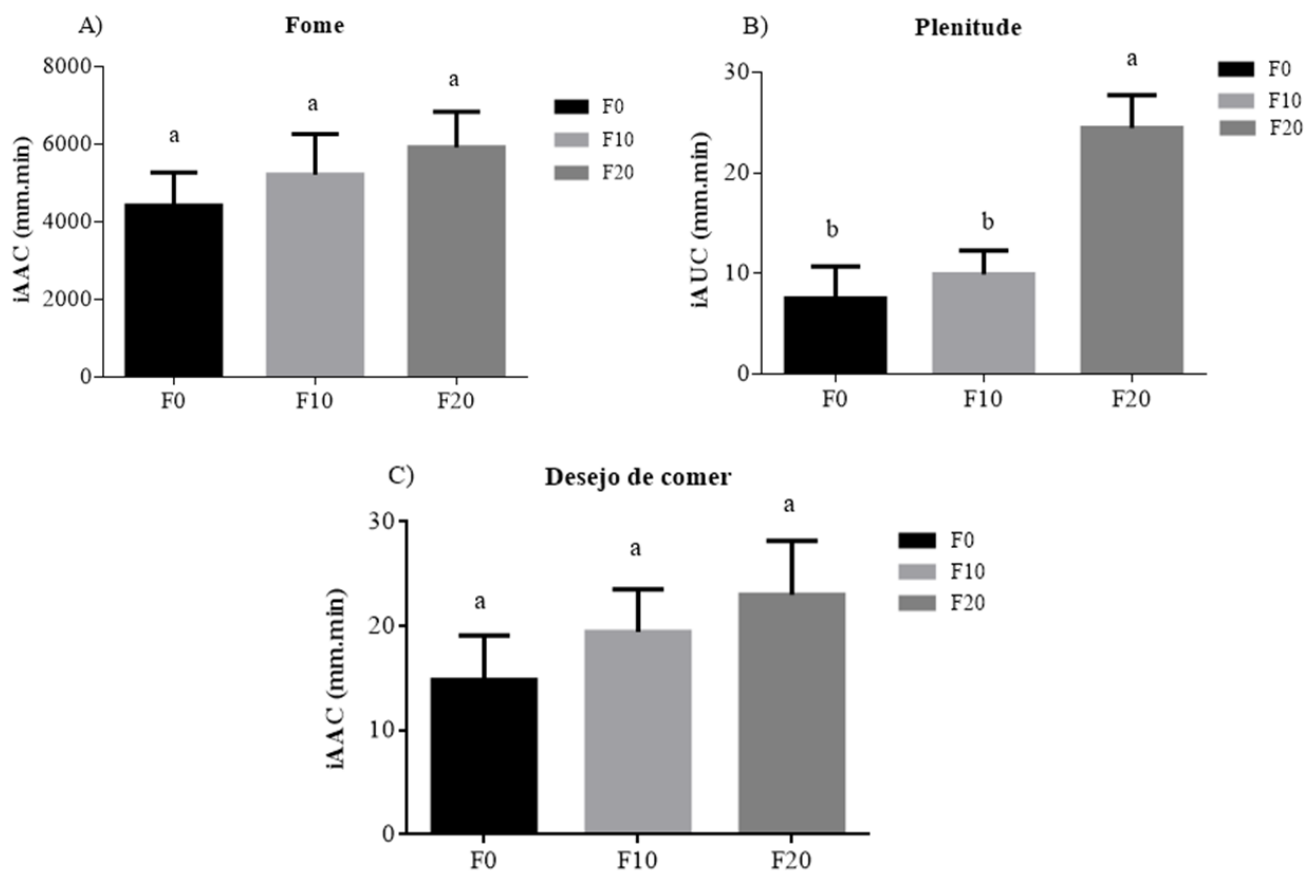
Os resultados alcançados no presente estudo corroboram com os reportados por VUKSAN et al. (2016). Os autores relataram que a ingestão de solução glicosada contendo 31,5g de linhaça proporcionou menos fome e desejo de comer aos 120min do que a solução controle (solução glicosada sem adição de linhaça) em indivíduos com características semelhantes às apresentadas pelos participantes do presente estudo. Entretanto, Cohen et al. (2012) relataram que o consumo de três refeições-teste contendo 10g linhaça integral e desengordurada não promoveu a saciedade em mulheres (48,3 anos e IMC de 32,9 kg/m²) no pós-operatório tardio de by-pass gástrico. Considerando os resultados de Cohen et al. (2012) e Vuksan et al. (2016) e do presente estudo é possível sugerir a necessidade de ingestão de pelo menos 20g da farinha que para exercer efeito nas sensações subjetivas de apetite.

O efeito do consumo de iogurte com baixo teor de gordura contendo 30,0g de diferentes farinhas de linhaça (dourada, marrom integral e marrom desengordurada) foi avaliado em mulheres com excesso de peso e média de idade de 38 anos. Verificou-se que o iogurte com farinha de linhaça marrom desengordurada resultou em menor sensação de apetite e maior saciedade do que a goma-guar e o controle (iogurte com baixo teor de gordura sem adição de linhaça) (MONTEIRO et al., 2016). De acordo com estes autores, esse resultado provavelmente se deve à viscosidade mais elevada e maior quantidade de

proteínas desta linhaça do que os demais tipos testados. Portanto, o tipo de linhaça parece ter efeito na saciedade. Foi verificado no presente estudo, que a formulação F20 resultou em quociente médio de saciedade superior em relação a F0 e F10, sugerindo que o aumento da quantidade de linhaça adicionada à formulação promoveu o aumento da saciedade. Assim, de acordo com os resultados desse estudo, é possível que se tivéssemos testado o efeito da linhaça marrom em vez da dourada, os efeitos sobre a saciedade teriam sido ainda maiores. No estudo de Dalton et al. (2015), em quatro sessões, 30 participantes mulheres com características semelhantes revelaram que 30% apresentou quociente alto de saciedade a uma refeição padronizada, de energia fixa composta de musli e iogurte natural. Esses autores ressaltaram que as participantes categorizadas como fenótipo de alta saciedade, apresentou quociente médio (QS) de 18,5mm/kcal, valor este semelhante ao presente estudo (17,39mm/kcal).

Ao avaliar a área de resposta da área incremental abaixo (iAUC) da curva, a plenitude foi significativamente maior no consumo de F20 quando comparado à F0 e F10. Não houve diferenças significativas nas áreas de resposta das áreas incrementais acima (iAAC) da curva entre as formulações para fome e desejo de comer (Figura 7). Kristensen et al. (2013) observaram menos fome e maior plenitude gástrica através das áreas abaixo da curva de um desjejum contendo pãezinhos adicionados de 2, 4 e 3,4 g de mucilagem de linhaça quando comparado ao controle. Tal diferença entre os estudos pode estar relacionada ao uso de mucilagem, diferente do presente estudo que utilizou linhaça integral. A mucilagem como fibra solúvel foram géis viscosos, resultando na expansão do estômago e aumento da saciedade (Bernaud & Rodrigues, 2013).

Figura 7. Respostas apetitivas após 240min do consumo dos hambúrgueres testados. iAAC: área incremental acima da curva de resposta da VAS. iAUC: área incremental abaixo da curva de resposta da VAS



5.3.4 Ingestão alimentar

A ingestão de carboidrato após F20 foi menor que a ingestão habitual, no entanto, o consumo de proteína foi maior após F0 e F10 comparado à ingestão habitual. A ingestão habitual de lipídios foi menor que aquela verificada após todos os tratamentos e a ingestão habitual de fibra alimentar foi maior que aquela constatada após todos os tratamentos. Entretanto, a ingestão calórica habitual não diferiu da ingestão em resposta aos tratamentos do estudo (Tabela 13). Diante da importância do aumento do consumo de fibra alimentar e menor consumo de lipídeos, era esperado que as formulações adicionadas de FLD afetassem positivamente o consumo dos mesmos. No entanto, os motivos para tais diferenças não são claros e devem ser investigados em estudos futuros.

Tabela 13. Média \pm EP da ingestão habitual e nas 24h após o consumo dos hambúrgueres ($n=27$)

	Ingestão habitual*	Ingestão 24 h**		
		F0	F10	F20
Carboidrato (g/dia)	199,82 \pm 16,09 ^a	175,85 \pm 19,13 ^a	173,84 \pm 16,54 ^a	155,57 \pm 16,41 ^b
Proteína (g/dia)	63,21 \pm 3,62 ^b	85,95 \pm 5,82 ^a	84,93 \pm 6,15 ^a	76,56 \pm 5,87 ^b
Lipídio (g/dia)	51,47 \pm 3,43 ^b	77,40 \pm 5,2 ^a	72,34 \pm 5,75 ^a	66,62 \pm 4,26 ^a
Fibra alimentar (g/dia)	11,53 \pm 1,13 ^a	8,35 \pm 1,47 ^b	8,29 \pm 1,27 ^b	8,42 \pm 1,11 ^b
Calorias (kcal)	1542,33 \pm 81,10 ^a	1743,93 \pm 127,45 ^a	1686,15 \pm 122,42 ^a	1528,50 \pm 113,98 ^a

*Avaliada antes do início do estudo por meio de três registros realizados em dias não consecutivos (dois dias da semana e um dia de final de semana). **Avaliada pelo registro dos tipos e quantidades de alimentos ingeridos nas 24h após o consumo de cada tipo de hambúrguer. Dados seguidos de letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente por ANOVA seguida do teste de Dunnet ($p < 0,05$). EP: erro padrão.

A ingestão calórica e de macronutrientes na refeição seguinte (torta de frango), servida três horas após o consumo do hambúrguer, foi menor em F20 comparado a F0 (Tabela 14). Esse resultado pode estar relacionado ao teor de fibra alimentar do hambúrguer F20.

Tabela 14. Média \pm EP da quantidade de torta consumida, macronutrientes, fibra alimentar e calorias ingeridas na refeição seguinte[§] do consumo do hambúrguer ($n=18$)

	F0	F10	F20
Torta consumida (g)	238,61 \pm 9,39 ^a	228,94 \pm 9,39 ^a	202,78 \pm 9,39 ^b
Carboidrato (g)	46,19 \pm 3,39 ^a	43,55 \pm 3,33 ^{ab}	38,57 \pm 3,42 ^b
Proteína (g)	22,07 \pm 1,62 ^a	20,81 \pm 1,59 ^{ab}	18,43 \pm 1,63 ^b
Lipídio (g)	24,53 \pm 1,80 ^a	23,13 \pm 1,77 ^{ab}	20,49 \pm 1,82 ^b
Fibra alimentar (g)	0,72 \pm 0,05 ^a	0,68 \pm 0,05 ^{ab}	0,60 \pm 0,05 ^b
Calorias (kcal)	493,86 \pm 36,22 ^a	465,61 \pm 35,62 ^{ab}	412,39 \pm 36,55 ^b

[§]torta de frango servida *ad libitum* 180 minutos após o consumo dos hambúrgueres (F0: hambúrguer sem farinha de linhaça (controle), F10: 10% de farinha de linhaça, F20: 20% de farinha de linhaça).

Dados seguidos de letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

As fibras adicionadas aos alimentos podem potencializar a saciedade, por estimular o aumento da mastigação, resultando no término antecipado da refeição (WANDERS et al., 2013; de GRAAF, 2012). Indivíduos de 18 a 40 anos e IMC entre 22 e 30kg/m² ingeriram desjejum contendo pãezinhos com 2,4g de semente ou 2,4g de um gel obtido por hidratação (mucilagem) ou 3,4g de mucilagem de linhaça. A ingestão alimentar foi avaliada após 420 minutos e não houve diferença em relação à saciedade entre os pãezinhos avaliados (KRISTENSEN et al., 2013). Sugere-se, que a diferença entre os resultados do estudo de Kristensen et al. (2013) e os obtidos no presente estudo, esteja associada à quantidade de linhaça ingerida, pois o hambúrguer F20 continha 20g de linhaça, enquanto os pãezinhos continham entre 2,4 e 3,4g da mesma. Apesar do F20 ter resultado em efeitos positivos na fome, no desejo de comer, no quociente médio de saciedade, na ingestão alimentar da refeição seguinte, a ingestão alimentar nas 24h não

diferiu em relação à ingestão habitual. O efeito da adição de 20g de semente de linhaça dourada no consumo alimentar nas variáveis relacionadas à prevenção/controle da obesidade (apetite, ingestão alimentar, peso e composição corporal) deve ser melhor investigado em estudos de maior duração.

5.3 Conclusões

A adição de 20% de farinha de linhaça aos hambúrgueres alterou as respostas apetitivas, pois houve redução da fome e da vontade de comer, maior quociente de saciedade médio e área incremental de plenitude. A ingestão de carboidrato após F20 foi menor que a ingestão habitual, além disso, a ingestão calórica e de macronutrientes na refeição seguinte também reduziu, demonstrando possíveis benefícios na diminuição do apetite e da ingestão alimentar. Estudos de longo prazo são necessários para verificar a viabilidade e os benefícios relacionados ao consumo dessa farinha e de outras com perfil nutricional semelhante na prevenção da obesidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMIN, T.; MERCER, J. G. Hunger and Satiety Mechanisms and Their Potential Exploitation in the Regulation of Food Intake. **Curr Obes Rep**, v. 5, p.106–112, 2016.

ARAL, Y. et al. Consumer preferences and consumption situation of chicken meat in Ankara Province, Turkey. **Turk J Vet Anim Sci**, v. 37, p. 582-587, 2013.

ARGUIN, H. et al. Impact of a non-restrictive satiating diet on anthropometrics, satiety responsiveness and eating behaviour traits in obese men displaying a high or a low satiety phenotype. **British Journal of Nutrition**, v. 118, p. 750–760, 2017.

BARBUT, S. Convenience breaded poultry meat products e new developments. **Trends in Food Science & Technology**, v. 26, p. 14-20, 2012.

BILEK, A. E; TURHAN, S. Enhancement of the nutritional status of beef patties by adding flaxseed flour. **Meat Science**, v. 82, p. 472–477, 2009.

BOURET, S. B.; LEVIN, B.E.; OZANNE, S.E. Gene-environment interactions controlling energy and glucose homeostasis and the developmental origins of obesity. **Physiol Rev**, v. 95, p. 47–82, 2015.

CHAMBERS, L.; McCRICKERD, K.; YEOMANS, M. R. Optimising foods for satiety. **Trends in Food Science & Technology**, v. 41, p. 149-160, 2015.

CÓCARO et al. The addition of golden flaxseed flour (*Linum usitatissimum* L.) in chicken burger: effects on technological, sensory, and nutritional aspects. **Food Science and Technology International**. Doi: 10.1177/1082013219871410.

COHEN, L. et al. Evaluation of the Influence of Whole and Defatted Flaxseed on Satiety, Glucose, and Leptin Levels of Women in the Late Postoperative Stage of Bariatric Surgery. **Obes Surg**, v. 23, p.157–166, 2013.

DALTON, M. et al. Weak satiety responsiveness is a reliable trait associated with hedonic risk factors for overeating among women. **Nutrients**, v. 7, p. 7421-7436, 2015.
de GRAAF, C. Texture and satiation: The role of oro-sensory exposure time. **Physiology & Behavior**, v. 107, p. 496-501, 2012.

DRAPEAU, V. et al. Appetite sensations and satiety quotient: Predictors of energy intake and weight loss. **Appetite**, v. 48, p. 159–166, 2007.

FAO. **Food and agriculture organization of the United Nations**. The role of the glycemic index in food choice. Chapter 4, 1998.

FISBERG, R. M.; MARCHIONI, D. M. L.; COLUCCI, A. C. A. Avaliação do consumo alimentar e da ingestão de nutrientes na prática clínica. **Arq Bras Endocrinol Metab**, v. 53, n. 5, 2009.

- FLINT, A. et al. Reproducibility, power and validity of visual analogue scales in assessment of appetite sensations in single test meal studies. **Int J Obes Relat Metab Disord**, v. 24, n. 1, p. 38–48, 2000.
- FORDE, C. G. et al. Oral processing characteristics of solid savoury meal components, and relationship with food composition, sensory attributes and expected satiation. **Appetite**, v. 60, n.1, p. 208-219, 2013.
- GOFF, H. D. et al. Dietary fibre for glycaemia control: Towards a mechanistic understanding. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, v. 14, p. 39-53, 2018.
- GONZÁLEZ-CORREA, C. H.; CAICEDO-ERASO, J. C. Bioelectrical impedance analysis (BIA): a proposal for standardization of the classical method in adults. **J. Phys. Conf**, v. 407, 2012.
- IBRÜGGER, S. et al. Flaxseed dietary fiber supplements for suppression of appetite and food intake. **Appetite**, v. 58, p. 490-495, 2012.
- KAEWMANEE, T. et al. Characterisation of mucilages extracted from seven Italian cultivars of flax. **Food Chemistry**, v. 148, p. 60-69, 2014.
- KAJLA, P. et al. Flaxseed—a potential functional food source. **J Food Sci Technol**, v. 52, n. 4, p. 1857–1871, 2015.
- KRISTENSEN, M. et al. Flaxseed dietary fibers suppress postprandial lipemia and appetite sensation in young men. **Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases**, v. 23, p. 136-143, 2013.
- KUMAR, S.; MENDIRATTA, S.K.; AGRAWAL, R. K. Quality evaluation of mutton nuggets. **Nutrition & Food Science**, v. 47, n. 1, p. 67-77, 2017.
- MATSUDO, S. et al. Questionário internacional de atividade física (IPAQ): estudo de validade e reprodutibilidade no Brasil. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 6, n. 2, p. 5-18, 2001.
- MATTILA, P.; MÄKINEN, S.; EUROLA, M. Nutritional Value of Commercial Protein-Rich Plant Products. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 73, p. 108–115 2018.
- MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques**. Boca Raton, FL: CRC Press, 2007.
- MERCER, J. G.; JOHNSTONE, A. M. J.; HALFORD, J. C. G. Approaches to influencing food choice across the age groups: from children to the elderly. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 74, p. 149–157, 2015.
- MONTEIRO, W. L. A.; ROSA, G.; LUIZ, R. R. Effects of Different Types of Flaxseed Flour in Appetite and Satiety Sensations Among Overweighed and Obese Women. **International Journal of Cardiovascular Sciences**, v. 29, n. 1, p. 37- 46, 2016.

MERA, R.; THOMPSON, H.; PRASAD, C. How to calculate sample size for an experiment: a case-based description. **Nutr Neurosci**, v. 1, p. 87-91, 1998.

OLIVEIRA, D. F. et al. Golden flaxseed flour as a substitute for animal fat in reduced-sodium beef hamburgers. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 17, n. 4, p. 273-282, 2014.

REBELLO, C. J.; O'NEIL, C. E.; GREENWAY, F. L. Dietary fiber and satiety: the effects of oats on satiety. **Nutrition Reviews**, v. 74, n. 2, p. 131–147, 2016.

SEIDELL, J. C.; HALBERSTADT, J. The occurrence of obesity in an individual or in populations is a result of combinations of factors at multiple levels of influence. **Ann Nutr Metab**, v. 66, n. 2, p. 7–12, 2015.

SLAVIN, J.; GREEN, H. Dietary fibre and satiety. **British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin**, v. 32, n. 1, p. 32–42, 2007.

SORENSEN, L. B. Effect of sensory perception of foods on appetite and food intake: a review of studies on humans. **International Journal of Obesity**, v. 27, p. 1152–1166, 2003.

VUKSAN, V.; CHOLEVA, L.; JOVANOVSKI, E. Comparison of flax (*Linum usitatissimum*) and Salba-chia (*Salvia hispanica* L.) seeds on postprandial glycemia and satiety in healthy individuals: a randomized, controlled, crossover study. **European Journal of Clinical Nutrition**, p. 1–5, 2016.

WANDERS, A. J.; JONATHAN, M. C.; VAN den BORNE, J. J. The effects of bulking, viscous and gel-forming dietary fibres on satiation. **Br J Nutr**, v. 14, n. 109(7), p. 1330-7, 2013.

WHO. **World health organization**. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO expert consultation. WHO Technical Report Series 916, 2003. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/AC911E/AC911E00.htm>>. Acesso em 05 de maio de 2019.

WHO. **World health organization**. Physical Status: The use and interpretation of anthropometry. WHO Technical Report Series 854. Geneva, WHO, 1995. Disponível em: <https://www.who.int/childgrowth/publications/physical_status/en/>. Acesso em 15 de abril de 2019.

YEOMANS, M. R.; CHAMBERS, L. Satiety-relevant sensory qualities enhance the satiating effects of mixed carbohydrate-protein preloads. **Am J Clin Nutr**, v. 94, p. 1410–7, 2011.

CONCLUSÕES GERAIS E RECOMENDAÇÕES

Os resultados dos estudos conduzidos neste trabalho forneceram evidências sobre o potencial de um ingrediente funcional tendo em vista o aumento de compostos bioativos como estratégia tecnológica para redução de gordura saturada, visando a alteração do apetite e aceitação do consumidor. A ocorrência desses fatores é de grande importância, considerando a preocupação crescente da população com o consumo de alimentos mais saudáveis com impacto na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis.

O capítulo I apontou os potenciais benefícios à saúde da linhaça, por meio da revisão de seus nutrientes e as possibilidades do uso como ingrediente, com potencial melhoria da qualidade nutricional e tecnológica dos produtos.

Os estudos realizados no capítulo II evidenciaram a vantagem tecnológica ao adicionar ingrediente funcional como fonte de fibra alimentar, especialmente fibra alimentar solúvel, pois o aumento do rendimento e redução do encolhimento se traduz em menor custo para a indústria e pode impactar positivamente a saúde do consumidor, considerando que diversos estudos relacionam o consumo de fibra alimentar à prevenção de doença coronariana, câncer colorretal, diabetes tipo 2, obesidade, além de alteração na percepção de saciedade.

O capítulo III demonstrou a vantagem da farinha de linhaça dourada nas propriedades tecnológicas do hambúrguer, além de enriquecê-lo com fibra alimentar. A avaliação sensorial demonstrou que a formulação F15 e F20 não foram bem aceitas, indicando a necessidade de reformulação do produto que preservem os benefícios à saúde, mas que sejam sensorialmente agradáveis.

No entanto, a aceitação do consumidor representa um desafio, pois o estilo de vida que se instalou na zona urbana e a farta disponibilidade de produtos de fácil preparo e de forte apelo sensorial, contribuem para o aumento do interesse por estes produtos. Nesse sentido, através do capítulo IV foi possível identificar os atributos sensoriais que dirigiram a preferência do consumidor e as características do produto ideal, fatores fundamentais para favorecer a reformulação de produtos adicionados de ingrediente funcional favorecendo a aceitação do consumidor.

O capítulo V demonstrou que a fibra alimentar solúvel parece desempenhar papel fundamental na modulação da saciedade, alterando a fome, a vontade de comer, o quociente médio de saciedade, assim como menor ingestão *ad libitum*.

Estudos futuros devem investigar as propriedades reológicas da fibra solúvel da linhaça, bem como métodos padronizados para medir a viscosidade. Sugere-se, também, o ensaio da simulação *in vitro* da passagem da fibra solúvel pelo trato gastrointestinal para melhor compreensão do comportamento das referidas fibras alimentares. Tais respostas contribuirão para aprimorar o conhecimento do comportamento da viscosidade, com vistas a potencializar as propriedades tecnológicas desse ingrediente, bem como definir as concentrações a serem adicionadas que contribuam efetivamente para a aceitação e a modulação da saciedade.

Por fim, são necessários estudos destinados à reformulação dos alimentos que possam proporcionar combinação de ingredientes que promovam maior aceitação sensorial de produtos saudáveis.

APÊNDICE I

The addition of golden flaxseed flour (*Linum usitatissimum* L.) in chicken burger: effects on technological, sensory, and nutritional aspects

Elaine Souza Cócara^{1,*}, Laise Freitas Laurindo², Marcela Alcantara¹, Inayara Beatriz Araújo Martins¹, Augusto Aloísio Benevenuto Junior², Rosires Deliza³

¹ Department of Food Technology, Federal Rural University of Rio of Janeiro. Rodovia BR 465, Km 07, s/n - Zona Rural, Seropédica - RJ, 23890-000, Brazil

² Department of Food Science and Technology, Federal Institute of Education Science and Technology of the Southeast of Minas Gerais—Campus Rio Pomba. Avenida José Sebastião da Paixão, s/n. Rio Pomba/MG, 36180-000, Brazil.

³ Embrapa Agroindústria de Alimentos. Av. das Américas, nº 29.501, Guaratiba, Rio de Janeiro/RJ, 23020-470, Brazil.

*Corresponding author: elainecocara@yahoo.com.br

Received 25 September 2018

Received in revised form 30 May 2019;

Accepted 30 July 2019

Available online 28 August 2019

REFERENCE

CÓCARO, E. S.; LAURINDO, L. F.; ALCANTARA, M.; MARTINS, I.B.A.; BENEVENUTO JÚNIOR, A. A.; DELIZA, R. **Food Science and Technology International**. DOI: 10.1177/1082013219871410

ABSTRACT

Five different concentrations of golden flaxseed flour (GFF) (0%: F0 (control), 5%: F1, 10%: F2, 15%: F3, 20%: F4) were used as a functional ingredient to replace the fat in chicken burgers. The products were analyzed for moisture, protein, carbohydrate, fat, ash, shear force, consumer acceptance, and their sensory and technological characteristics. The fat, carbohydrate and protein contents of the raw hamburgers did not differ significantly. An increase in GFF concentration caused a decrease in moisture content and an increase in ash content. The addition of GFF positively affected the technological characteristics and increases in the yield and water retention capacity were observed, together with decreases in shrinkage and mechanical resistance. Formulation F1 presented the highest average acceptance, which did not differ from the F0, and the latter also did not differ from F2. The F3 and F4 formulations differed from the others, with lower average values for acceptance. The CATA (Check-all-that-apply) method revealed that the formulations F0, F1 and F2 were described by sensory terms that corresponded to the desired sensory characteristics. The addition of GFF improved the technological characteristics and the biofunctional potential arising from its bioactive compounds, making it an option as an ingredient for meat products.

Keywords

Vegetables, meat products, sensory analysis, dietary fiber, food ingredie

INTRODUCTION

There has been a significant increase in the consumption of chicken meat in Brazil. The latest report points to a per capita consumption of 41.1 kg / habitant / year, making it one of the most popular protein sources (Associação Brasileira de Proteína Animal, 2017). With the progressive increase in demand for chicken meat, processed products such as hamburgers are gaining importance on the consumer market, as well as allowing for the growth of the fast food industries (Yogesh et al., 2013).

Attention has recently been paid to the physicochemical properties of food with respect to ingredients linked to its physiological properties, due to the growing concern about health. As a consequence, the development and quality improvement of food products with bioactive properties has been observed (Zhang et al., 2010; Yogesh et al., 2015). Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) is one of these foods, showing a unique nutritional profile with a high content of omega-3, lignans, dietary fiber and phenolic compounds (Kasote, 2013, Goyal et al., 2014; Marpalle et al., 2014; Kajla et al., 2015). Dietary fiber and omega-3 fatty acids are related to hypolipidemic and antiatherogenic activities (Martinchick et al., 2012). In addition, they have considerable technological properties, since the fibers, especially the soluble ones, have a high water absorption capacity that positively influence the juiciness and tenderness of the product. The high lipid content provides important sensory characteristics in retaining the flavor and providing a good mouth sensation (Ganorkar and Jain, 2014; Khan and Saini, 2016). Flaxseed flour (Kaur et al., 2013; Marpalle et al., 2015; Čukelj et al., 2017) and flaxseed oil (Aguiar et al., 2011; Ganorkar and Jain, 2014) have been used in bakery products to improve their nutritional and functional values (Mahmoud et al., 2017). However there are few studies on processed meat products such as hamburgers (Bilek and Turhan, 2009; Melendres et al., 2014; Yogesh et al., 2015), especially those using chicken, and most of the studies used beef and a maximum concentration of 15% of flaxseed flour. In addition, Mikhail et al. (2014) reported that the vegetable items most commonly incorporated into these products were oats, wheat, potatoes, carrots, beets, soybeans, peas and cellulose fibers. Meat products contain a high fat concentration, which makes them an important factor triggering chronic non-transmissible diseases such as obesity, atherosclerosis and heart disease (Mahmoud et al., 2017). The development of chicken burgers with a lower fat content and the addition of flaxseed flour is an alternative that could add nutritional and technological value to the product, due to the high fiber content of flaxseed, which contributes to the prevention of the above-mentioned chronic non-transmissible diseases. Thus, the present study evaluated the effect of GFF on the development of biofunctional chicken burgers investigating the technological characteristics, and the nutritional and sensory properties of the products.

MATERIAL AND METHODS

Raw materials and hamburger processing

Frozen chicken breasts (-18° C) with skin, inspected by the Federal Inspection Service (SIF) were purchased from the local market in Rio Pomba/ MG, Brazil.

The golden flaxseed samples were donated by Vitao Alimentos (Curitiba, PR). They were cultivated in Panambi/RS, an area with a subtropical climate and altitude of 480 m, between May and June/ 2016 and harvested in November, December/ 2016 and January/2017.

The golden flaxseed was milled in a Brabender Quadrumat Junior roller mill (Brabender, Duisburg, Germany) with a 0.59 mm particle size, packed in plastic bags and stored at -18 ° C until added to the hamburgers. The composition was previously determined and the results were: 6.72 ± 0.34 % moisture, 3.49 ± 0.21 % ash, 37.05 ± 5.15 % lipids, 20.33 ± 0.77 % protein, 32.41 ± 4.25 % carbohydrate and 24.67±3.83 % dietary fiber.

The defrosted chicken breasts were submitted to a cleaning procedure, including skin and bone removal and aponeurosis. The meat and skin were ground separately in a semi-industrial grinder (CAF-model 22STB) with 8 mm and 5 mm discs, respectively. The hamburgers were formulated by mixing the ground chicken breast and skin with GFF according to the proportions described in Table 1, and manually mixed for 10 minutes in a white, rectangular plastic tray (51 x 33 x 9 cm). The remaining ingredients were added in the following order: salt, water, garlic, onion, sodium erythorbate, sodium tripolyphosphate, monosodium glutamate and GFF. One hundred gram (100 g) portions of the chicken hamburgers were molded in a 112 mm diameter mold (Picelli, Rio Claro, Brazil), packed in individual polyethylene packages and stored at -18 ° C until analyzed.

Table 1. Formulation of the chicken hamburgers with the replacement of chicken skin by golden flaxseed flour (GFF)

Ingredients	Formulations (%)				
	F0	F1	F2	F3	F4
Chicken breast	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0
Skin	23.0	18.0	13.0	8.0	3.0
Sodium tripolyphosphate	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Sodium glutamate	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Sodium erythorbate	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Garlic	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Onion	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Refined salt	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Water	11.65	11.65	11.65	11.65	11.65
GFF	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0

F0 = control, F1 = formulation with 5% flaxseed flour, F2 = formulation with 10% flaxseed flour, F3 = formulation with 15% flaxseed flour, F4 = formulation with 20% flaxseed flour

Hamburger chemical composition

The chemical composition (moisture, protein, lipid and ash) of the hamburgers was determined using the AOAC (2016) methods. The carbohydrate content was determined by difference.

Nutritional value and dietary fiber

The nutritional value of the hamburgers was calculated considering an 80 g portion (Brazil, 2003), based on the GFF fiber content and taking into account that the recommended average daily intake of dietary fiber for adults is 25 g (Institute of Medicine, 2002). The four hamburger formulations with added GFF were classified into categories according to USDA (2005), that is, to be considered a source of fiber they should provide from 5 to 10% of the Dietary Reference Intake (DRI), to be considered a good source of fiber, from 10 to 20% of the DRI and an excellent source more than 20% of the DRI.

Technological characterization

To evaluate the cooking yield, the burgers were grilled on an electric grill (FH-3030C, Fun Kitchen, China) for three minutes with a final internal temperature of 80°C, measured at the geometric center of each sample (Berry, 1992) using a digital spit thermometer (Incoterm, 6132, Porto Alegre, Brazil). The cooking yield was calculated by considering the initial (raw sample) and final (cooked sample) weights, and expressed as a percentage of the initial weight (Berry, 1992), as follows:

$$\text{Cooking yield (\%)} = (\text{final weight}/\text{initial weight}) \times 10$$

The percent shrinkage was calculated based on the diameter of the burger before and after cooking (Berry, 1992), i.e.:

$$\text{Shrinkage (\%)} = (\text{diameter of the raw sample} - \text{diameter of the cooked sample}) / \text{diameter of the raw sample} \times 100$$

The water holding capacity (WHC) of the hamburgers was calculated according to the methodology of Troy et al. (1999):

$$\text{WHC} = 1 - (\text{weight of raw sample (g)} - \text{weight of cooked sample (g)}) / \text{total water content of the sample}$$

Shear force

The shear force was evaluated using a texturometer (Brookfield, model CT3-50K, Illinois, USA) equipped with a Warner-Bratzler blade, compression speed of 3 mm / s, full cut and 5 g of trigger force. The cooked samples (2.5 cm × 1.0 cm × 1.0 cm) were analyzed at 25° C (Jeong, et al., 2004). The shear force was expressed in Newton (N) and corresponds to the maximum peak force of the texture plot.

Sensory evaluation

The study was approved by the Ethics Committee of the Center for Higher Education of Juiz de Fora – CESJF (CAAE: 76768617.0.0000.5089).

The five chicken hamburger formulations were evaluated by 100 hamburger consumers (18 to 65 years old) recruited at Embrapa Agroindústria de Alimentos / RJ (64.35% women). About 20 grams of each sample were monadically offered to the consumers, coded with three-digit numbers and following a balanced presentation order. White bread and mineral water were offered to the participants to rinse the mouth between samples. The consumers were asked to evaluate the overall acceptance of the samples

using a 9-point horizontal hedonic scale (Meilgaard et al., 2007) ranging from "disliked extremely" (1) to "liked extremely" (9) and the sensory attributes using the CATA (Check-all-that-apply) question methodology (Ares and Jaeger, 2013). The terms used in the CATA questions were previously identified by hamburger consumers using experimental samples. Eighteen terms related to the sensory characteristics of the samples were identified, as follows: characteristic appearance, agreeable appearance, moist appearance, golden surface, cereal aroma, chicken aroma, seasoning aroma, salty taste, too salty, chicken taste, cereal flavor, residual flavor, balanced seasoning, juicy, soft texture, dry, crumbly, gumminess. Consumers were asked to mark all terms considered appropriate to describe each of the hamburgers. The presentation order of the sensory terms was also balanced within and across consumers. The data were collected using the Fizz software.

Statistical analysis

An analysis of variance at the 0.05 probability level was used to evaluate differences amongst the formulations for the investigated parameters, followed by the Tukey test whenever significance was observed. The data from the CATA questions were analyzed by the Cochran's test. All statistical analyses were carried out using the R (R Core Team, 2016) software.

RESULTS AND DISCUSSION

Physicochemical, technological attributes and shear force of the chicken burgers

The replacement of chicken skin by GFF caused a reduction in moisture content and an increase in ash content ($P < 0.05$), but the lipid, protein and carbohydrate contents of the chicken burgers were not altered ($P > 0.05$) (Table 2).

Table 2. Physicochemical parameters and instrumental texture evaluation of the chicken burgers formulated with GFF

Parameters	Formulations				
	F0	F1	F2	F3	F4
Moisture (%)	66.79±1.70 ^a	64.00±0.78 ^{ab}	63.00±1.27 ^{bc}	62.22±0.61 ^{bc}	60.18±0.65 ^c
Protein (%)	15.51±0.98 ^a	15.84±0.61 ^a	16.39±0.76 ^a	17.16±2.53 ^a	17.21±2.20 ^a
Carbohydrate [§] (%)	5.50±2.96 ^a	8.15±0.43 ^a	7.75±0.83 ^a	7.60±4.06 ^a	9.46±3.64 ^a
Fat (%)	9.10±0.77 ^a	8.66±1.44 ^a	9.41±1.81 ^a	9.37±1.51 ^a	9.40±1.57 ^a
Ash (%)	3.15±0.12 ^b	3.33±0.14 ^b	3.44±0.10 ^{ab}	3.63±0.10 ^a	3.73±0.05 ^a
WHC [£] (%)	32.33±4.00 ^c	40.97±4.27 ^c	61.85±11.71 ^b	81.78±5.70 ^a	86.81±1.47 ^a
Cooking Yield ^{§§} (%)	80.69±1.64 ^c	86.46±1.12 ^b	89.25±1.73 ^{ab}	90.33±0.52 ^a	91.57±0.59 ^a
Shrinkage ^{§§} (%)	13.43±2.18 ^a	11.79±0.77 ^{ab}	9.77±1.19 ^{bc}	6.64±0.65 ^{cd}	5.95±1.02 ^d
Shear force ^{§§} (N)	8.74±0.65 ^a	6.93±1.09 ^{ab}	5.41±0.39 ^b	4.76±1.17 ^b	5.25±0.89 ^b

F0 = control, F1 = formulation with 5% flaxseed flour, F2 = formulation with 10% flaxseed flour, F3 = formulation with 15% flaxseed flour, F4 = formulation with 20% flaxseed flour; WHC: water holding capacity.

Values with the same superscript in the same line are not significantly different ($p > 0.05$) according to the Tukey test.

[§] estimated by difference

^{§§} Attributes evaluated in cooked samples

The lipid content did not vary amongst the treatments since both ingredients (GFF and chicken skin) have similar fat contents, i.e. the flaxseed has 37.05% and the chicken skin 37.17%, according to data reported by Tan et al. (2014).

Although a higher protein content was expected as the GFF content of the formulation increased, since flaxseed has a high protein content (20-30%) (Martinchick et al., 2012; Goyal et al., 2014), this was not observed. The replacement of chicken skin by GFF did not cause a change in the protein content, possibly due to failures in handling the sample. Similar results were reported by Bilek and Turhan (2009) and Yogesh et al. (2015) working with different additions of flaxseed flour to hamburger, i.e. no differences in the protein content were observed. However, no further explanations or discussion were provided by the authors.

The carbohydrate content did not differ between the treatments, possibly due to the high standard deviations found in some of the measurements, which could have been decreased by increasing the number of repetitions. However, a trend to increase the carbohydrate content as the level of GFF addition increased was observed.

As expected, the moisture content of the hamburgers differed amongst the formulations due to the addition of GFF, since GFF has a lower moisture content than chicken skin. The results obtained by López-Vargas et al. (2014) also reported that the addition of passion fruit albedo flour to hamburgers reduced the moisture content. The GFF added to the treatments contributed to an increase in the ash content, since flaxseed is a good source of phosphorus, magnesium and calcium, and has a large amount of potassium (Morris, 2007). These results disagree with those of Melendres et al. (2014). This authors did not report any difference ($P < 0.05$) when adding up to 10% of flaxseed meal to the hamburger, but they did not discuss this result.

The replacement of chicken skin by GFF positively affected ($P < 0.05$) the cooking yield, shrinkage, water holding capacity and shear force (Table 2), due to the high soluble fiber content. The hydrophilic constituents of the fibers in contact with the water form gels that result in greater water retention in the food (Aleson-Carbonell et al., 2005). The results of the present study and those reported by Afshari et al. (2015) and Guedes-Oliveira et al. (2016) demonstrated that the replacement of fat by vegetable ingredients in hamburgers yielded a juicier and more tender product, suggesting that the addition of these ingredients positively affects the capacity of meat products to retain water.

The control treatment (F0) showed the greatest shrinkage, which did not differ from that of F1 (5% GFF) due to the highest chicken skin content, which contributed to an excessive fat separation and increased water release during cooking (Ali et al., 2011). Studies developed by Yi et al. (2012), Melendres et al. (2014) and Akesson (2015) also reported that samples containing fat substitutes shrank less during cooking.

Nutritional assessment and dietary fiber of the chicken burgers

The results of the nutritional assessment of the chicken burgers showed that formulations F2, F3 and F4 could be considered as "*sources and good sources of fibers*" (Table 3) by applying the USDA (2005) criteria. According to Brazilian legislation (Brazil, 2012), the minimum content required to allege such a functional claim is 2.5 g of fiber / serving, and formulations F3 and F4 met this requirement. The GFF added to the product favors fiber intake, thus contributing to improved bowel function and increased satiety (Rebello et al., 2016).

Table 3. GFF and fiber contents in the formulations, nutritional value/serving[§] and classification of the hamburgers according to the amounts of fiber

Fiber DRI = 25 g§§					
Formulation	GFF (%)	Dietary fiber (%)	g fiber/ serving§	% DRI	Classification
F1	5	1.23	0.98	3.92	-
F2	10	2.46	1.97	7.88	Source
F3	15	3.70	2.96	11.84	Good source
F4	20	4.93	3.95	15.80	Good source

[§] 80 g portion

^{§§} Considering the DRI (Dietary Reference Intake) for adults of both genders (Institute of Medicine, 2002).

Sensory evaluation results

Table 4 shows the results of the acceptance test and of the CATA method. Differences ($P < 0.05$) were observed amongst the average overall acceptances of the hamburgers, which varied from “disliked slightly” to “liked moderately”. The results can be considered positive, since the formulation with the addition of 5% of GFF (F1) presented the highest mean, not differing significantly from the control (F0), although F2 also did not differ from F0. It is worth emphasizing that consumers are more exposed to bakery products with added functional ingredients, since they are more available on the market. This does not happen with meat products, and at the moment there is only one restructured chicken-based product that is breaded with different grains - Multigrain® Nuggets®. However, these can only be found in large cities and in specific supermarkets, thus only reaching a small part of the population. These results contradict the study by Melendres et al. (2014) who reported that the addition of flaxseed flour (0 – 10%) negatively affected the overall acceptance of the product. The authors attributed such results to oxidation of the polyunsaturated fatty acids present in flaxseed.

Tabela 4. Average overall acceptance and frequency of mention of each term of the CATA questions used to describe the chicken burger samples

	Formulations				
	F0	F1	F2	F3	F4
Acceptance [§]	6.4±2.00 ^{ab}	7.0±1.67 ^a	5.7±1.98 ^b	4.8±2.30 ^c	4.0±2.26 ^c
CATA terms ^{§§}					
Characteristic* appearance	60 ^{ab}	68 ^a	51 ^b	52 ^b	49 ^b
Agreeable appearance	55 ^b	70 ^a	47 ^{bc}	36 ^c	45 ^{bc}
Moist appearance	36 ^b	55 ^a	68 ^a	57 ^a	33 ^b
Golden surface	30 ^c	83 ^a	81 ^a	65 ^b	66 ^b
Cereal aroma	3 ^c	5 ^c	15 ^b	27 ^a	39 ^a
Chicken aroma	70 ^a	68 ^a	52 ^b	44 ^{bc}	36 ^c
Seasoning aroma ^{ns}	31 ^a	30 ^a	27 ^a	24 ^a	31 ^a
Salty taste	49 ^{ab}	56 ^a	40 ^{bc}	41 ^{bc}	31 ^c
Too salty ^{ns}	17 ^a	22 ^a	19 ^a	19 ^a	13 ^a
Chicken taste	89 ^a	76 ^b	61 ^c	42 ^d	33 ^d
Cereal flavor	0 ^d	6 ^c	20 ^b	40 ^a	50 ^a
Residual flavor	3 ^c	5 ^c	23 ^b	30 ^b	45 ^a
Balanced seasoning	53 ^{ab}	61 ^a	41 ^{bc}	35 ^{bc}	33 ^c
Juicy	45 ^b	69 ^a	51 ^b	43 ^b	41 ^b
Soft Texture ^{ns}	60 ^a	72 ^a	60 ^a	59 ^a	64 ^a
Dry	18 ^a	4 ^b	2 ^b	2 ^b	6 ^b
Crumbly	3 ^d	27 ^c	62 ^a	66 ^a	43 ^b
Gumminess	3 ^d	13 ^c	48 ^b	65 ^a	58 ^{ab}

F0 = control (no GFF), F1 = 5% GFF, F2 = 10% GFF, F3 = 15% GFF, F4 = 20% GFF.

[§] Evaluated using 9-point hedonic scales varying from 1: disliked extremely to 9: liked extremely. Means in the same line with different letters are different ($p \leq 0.05$) according to the Tukey test.

^{§§}CATA (Check-all-that-apply). Values in the same line with different letters are different ($p \leq 0.05$) according to the Cochran test.

^{ns}No significant differences ($p > 0.05$)

The formulation F1 did not differ from F0 (control) for the following attributes: characteristic appearance, cereal aroma, chicken aroma, seasoning aroma, salty taste, very salty, residual flavor, balanced seasoning and tender texture, due to the addition of only a small amount of GFF as a chicken skin replacement. F1 was also associated with the term gold surface suggesting that color was an important attribute influencing consumer acceptance. F1 still differed ($P < 0.05$) from the other hamburgers regarding the attributes of nice appearance and juiciness. According to several authors (Morón-Fuenmayor and Zamorano-García, 2004; Hautrive et al., 2008), the attributes that influence consumer acceptance of meat and meat products, such as color, juiciness and tenderness, depend on the ability to retain water. The control sample (F0) differed ($P < 0.05$) from the formulations with added GFF for the sensory characteristic of dryness.

The soluble flaxseed fiber is a hydrocolloid with high water retention capacity, volume increasing ability and high viscosity in aqueous solution (Sharma et al., 2014), being more noticeable sensorially speaking at high concentrations, as can be observed in formulations F2, F3 and F4. As can be seen in Table 4, formulations F3 and F4 were described by the terms cereal aroma, cereal flavor and gumminess, and obtained the lowest acceptance averages, suggesting that the participants considered these characteristics undesirable, occurring when high concentrations of GFF was used in the formulation. Formulation F4 obtained the largest number of mentions in the CATA questions for the term residual flavor differing from the others, due to the high concentration of GFF in the product. Alves et al. (2017) reported similar results when describing a study on the addition of low levels of jabuticaba flour as a bioactive ingredient in restructured ham, associated with positive attributes such as a shiny surface, characteristic flavor and a tender texture. On the other hand, high concentrations of the jabuticaba flour were associated with undesirable characteristics. According to Fuchs et al. (2018) the addition of functional ingredients such as GFF in amounts that enhance the nutritional quality is associated with a decrease in acceptability of the food, particularly due to the flavor of the final product.

Figure 1 shows the results of the correspondence analysis (CA) when applied to the CATA questions for the five samples of chicken burgers with added GFF. The first two components explained 94.85% of the total data variance, demonstrating that the consumers were able to discriminate and describe the samples. The first dimension separated the samples according to the GFF concentration, and as it increased, the consumers perceived the cereal aroma, cereal flavor, residual flavor, crumbleness and gumminess in the chicken hamburgers, especially those with the addition of 15 and 20% of GFF. On the other hand, the chicken flavor attribute was perceived in the control (F0) and in the formulation with 5% of GFF, revealing that the GFF affected the intensity of the chicken flavor at concentrations above 5%. Deliza et al. (2002) obtained similar results working with beef patties with added textured soy protein (TSP), i.e. the beef flavor decreased with the addition of 30% TSP to the patties.

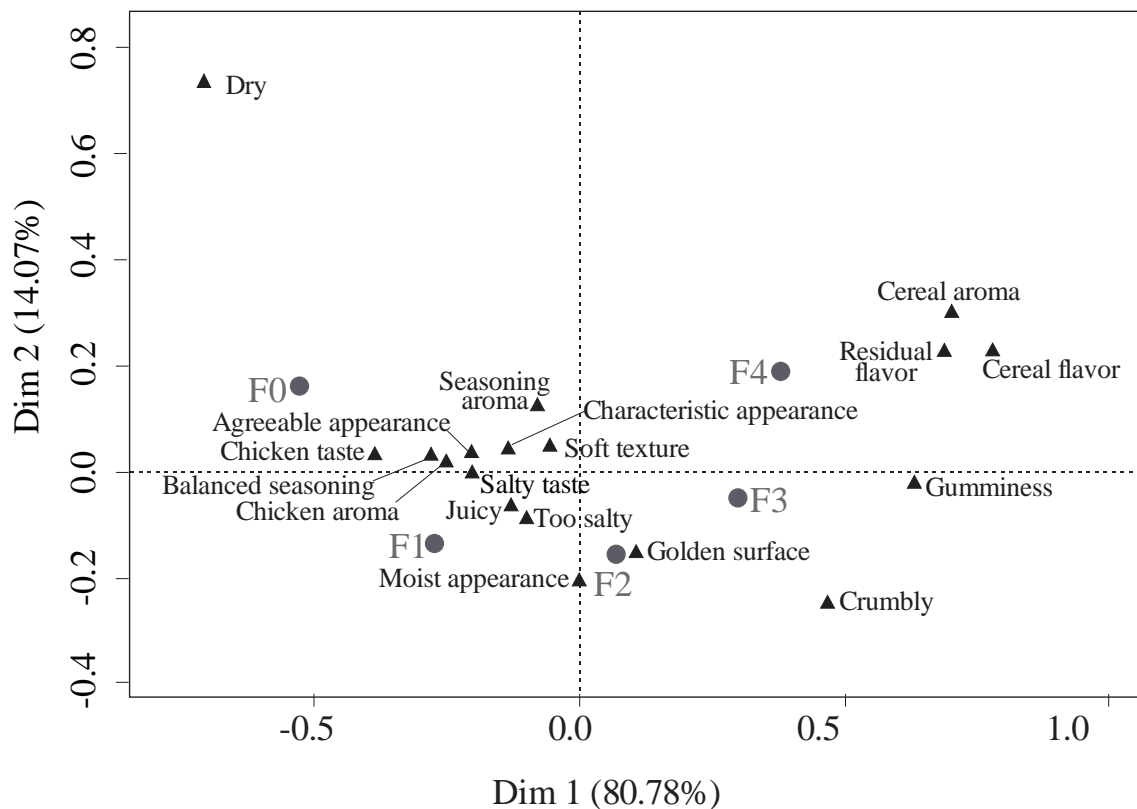


Fig. 1. Representation of the CATA terms for the chicken burger samples with added GFF when submitted to the Correspondence Analysis (CA).

CONCLUSIONS

GFF may be an appropriate technological and nutritional fat replacer for chicken burgers, according to the different levels investigated in the present study. However, taking into account the sensory evaluation results, the formulation with the addition of 5% of GFF, which obtained the highest average acceptance scores, has the potential to achieve success on the market, especially if marketing strategies focused on the information concerning the nutritional benefits of the product are considered.

DECLARATION OF CONFLICTING INTERESTS

The author(s) declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

FUNDING

The author(s) received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

DECLARATION

I declare that the data related to my article may be requested through the email elainecocar@yahoo.com.br, as I will make available the spreadsheets containing the results of the study.

REFERENCES

- Afshari R, Hosseini H, Khaksar R, Mohammadifar MA, Amiri Z and Komeili R. (2015). Investigation of the effects of inulin and b-glucan on the physical and sensory properties of low-fat beef burgers containing vegetable oils: Optimization of formulation using d-optimal mixture design. *Food Technology and Biotechnology* 53(4): 436-44.
- Aguiar AC, Boroski M, Monteiro ARG, Souza NE and Visentainer JV. (2011). Enrichment of whole wheat flaxseed bread with flaxseed oil. *Journal of Food Processing and Preservation* 35:605-609.
- Akesowan A. (2015). Optimization of light pork burgers formulated with canola oil and linseed/sunflower seed/almond (LSA) mix. *Journal of Animal and Plant Sciences* 25(1): 268-277.
- Aleson-Carbonell L, Fernández-López J, Pérez-Alvarez JÁ and Kuri V. (2005). Characteristics of beef burger as influenced by various types of lemon albedo. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 6: 247–255.
- Ali RFM, El-Anany AM and Gaafar AM (2011) Effect of potato flakes as fat replacer on the quality attributes of low-fat beef patties. *International Journal of Food Science and Technology* 3(3): 173–180.
- Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). (2016). *Official methods of analysis*. 20 th ed. Washington, MD: AOAC International.
- Ares G and Jaeger SR. (2013). Check-all-that-apply questions: Influence of attribute order on sensory product characterization. *Food Quality and Preference* 28(1): 141-153.
- Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA) (2017). *Relatório anual da ABPA*. São Paulo: ABPA, 1-133.
- Berry BW. (1992). Low fat level effects on sensory, shear, cooking, and chemical properties of ground beef patties. *Journal of Food Science* 57(3): 537-540.
- Bilek AE and Turhan S. (2009). Enhancement of the nutritional status of beef patties by adding flaxseed flour. *Meat Science* 82: 472–477.
- Brasil. (2012). Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC nº 54 de 12 de Novembro de 2012. Aprova o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 13 nov, 2012.
- Brasil. (2003). Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC Nº 359 de 23 de Dezembro de 2003. Aprova o Regulamento Técnico de porções de alimentos embalados para fins de rotulagem nutricional. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 26 dez, 2003.
- Čukelj N, Novotni D, Sarajlija H, Drakula S, Voučko B and Čurić, D. (2017). Flaxseed and multigrain mixtures in the development of functional biscuits. *LWT – Food Science and Technology* 86: 85-92.
- de Carvalho Alves AP, Marques TR, de Carvalho TCL, Pinheiro ACM, Ramos EM and Corrêa AD. (2017). Elaboration and acceptability of restructured hams added with jabuticaba skin. *Food Science and Technology* 37(2): 232-238.
- Deliza R, Sena Saldivar SO, Germani R, Benassi VT and Cabral LC. (2002). The effects of colored textured soybean protein (TSB) on sensory and physical attributes of ground beef patties. *Journal of Sensory Studies* 17: 121-132.
- Fuchs RHB, Ribeiro RP, Bona E, Kitzberger CSG, Souza C and Matsushita, M. (2018). Sensory characterization of Nile tilapia croquettes enriched with flaxseed flour using free-choice profiling and common componentes and specific weights analysis. *Journal of Sensory Studies* 33(3): 1-6.

- Ganorkar PM and Jain RK. Effect of flaxseed incorporation on physical, sensorial, textural and chemical. (2014). *International Food Research Journal* 21(4): 1515-1521.
- Goyal A, Sharma V, Upadhyay N, Gill S and Sihag, M. (2014). Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food. *Journal of Food Science and Technology* 51(9):1633–1653.
- Guedes-Oliveira JM, Salgado RL, Lima BRC, Guedes-Oliveira J and Conte-Junior CA. Washed cashew fiber (*Anacardium occidentale* L.) as fat replacer in chicken patties. *LWT- Food Science and Technology* 71: 268-273.
- Hautrive TP, Oliveira VR, Silva ARD, Terra NN and Campagnol PCB. (2008). Análise físico-química e sensorial de hambúrguer elaborado com carne de avestruz. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 28: 95-101.
- Institute of Medicine. (2002). Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids. Part 1. Washington, D.C.: National Academy Press, p. 9-32.
- Jeong JY, Lee ES, Paik HD, Choi JH and Kim CJ. (2004). Microwave cooking properties of ground pork patties as affected by various fat levels. *Journal of Food Science* 69(9): 708-712.
- Kajla P, Sharma A and Sood DR. Flaxseed—a potential functional food source. (2015). *Journal of Food Science and Technology* 52(4):1857–1871.
- Kasote DM. (2013). Flaxseed phenolics as natural antioxidants. *International Food Research Journal* 20 (1): 27-34.
- Kaur A, Sandhu V and Sandhu KS. (2013). Effects of flaxseed addition on sensory and baking quality of whole wheat bread. *International Journal of Food Nutrition and Safety* 4(1): 43-54.
- Khan A and Saini CS. (2016). Effect of roasting on physicochemical and functional properties of flaxseed flour. *Cogent Engineering* 3: 1-14.
- López-Vargas JH, Fernández-López J, Pérez-Álvarez JP and Viuda-Martos M. (2014). Quality characteristics of pork burger added with albedo-fiber powder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) co-products. *Meat Science* 97: 270–276.
- Mahmoud MH, Abou-Arab AA and Abu-Salem FM. (2017). Quality Characteristics of Beef Burger as Influenced by Different Levels of Orange Peel Powder. *American Journal of Food Technology* 12(4): 262-270.
- Marpalle P, Sonawane SK, LeBlanc JG and Arya SS. (2015). Nutritional characterization and oxidative stability of α -linolenic acid in bread containing roasted ground flaxseed. *LWT- Food Science and Technology* 61: 510-515.
- Marpalle P, Sonawane SK and Arya SS. (2014). Effect of flaxseed flour addition on physicochemical and sensory properties of functional bread. *LWT- Food Science and Technology* 58: 614-619.
- Martinchik AN, Baturin A, Zubtsov VV, Molofeev V and Pitaniia V. (2012). Nutritional value and functional properties of flaxseed. *Voprosy Pitaniia* 81: 4-10.
- Meilgaard M, Civille GV and Carr BT. (2007). Sensory evaluation techniques. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Melendres MV, Camou JP, Olivera NGT, Almora EA, Mendoza DG, Reyes LA, et al. (2014). Response surface methodology for predicting quality characteristics of beef patties added with flaxseed and tomato paste. *Meat Science* 97: 54–61.
- Mikhail WZA, Sobhy HM, Khallaf MF, Hala MZ, Ali HMZ, El-askalany SA, et al. (2014). Suggested treatments for processing high nutritive value chicken Burger. *Annals of Agricultural Science* 59(1): 41-45.

- Morón-Fuenmayor OE and Zamorano-García L. (2004) Pérdida por goteo en diferentes carnes crudas. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 11(1): 125-127.
- Morris DH. (2007). Flax – a health and nutrition primer. 4^a ed. Canadá: Flax Council of Canada. 140 p.
- R Development Core Team. (2016). A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Viena: the R Foundation for Statistical Computing. Available at < <http://www.R-project.org>>. Accessed at: 12 marc 2018.
- Rebello CJ, O’Neil CE and Greenway FL. Dietary fiber and satiety: the effects of oats on satiety. *Nutrition Reviews* 74(2): 131-147.
- Sharma H, Sharma BD, Mendiratta SK, Talukder S and Ramasamy G. (2014). Efficacy of flaxseed flour as bind enhancing agente on the quality of extended restructured mutton chops. *Asian Australas. Journal of Animal Science* 27(2): 247-255.
- Tan SM, Lee SM and Dykes GA. (2014). Fat contributes to the buffering capacity of chicken skin and meat but enhances the vulnerability of attached Salmonella cells to acetic acid treatment. *Food Research International* 66: 417-423.
- Troy DJ, Desmond EM and Buckley DJ. (1999). Eating quality of low-fat beef burgers containing fat-replacing functional blends. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 79: 507-516.
- USDA. (2005). Dietary Guidelines for Americans. www.health.gov/dietaryguidelines/dga2005/document/default.htm.
- Yi HC, Cho H, Hong JJ, Ryu RK, Hwang KT and Regenstein JM. (2012). Physicochemical and organoleptic characteristics of seasoned beef patties with added glutinous rice flour. *Meat Science* 92: 464–468.
- Yogesh K, Langoo BA, Sharma SK and Yadav DN. (2015) Technological, physico-chemical and sensory properties of raw and cooked meat batter incorporated with various levels of cold milled flaxseed powder. *Journal of Food Science and Technology* 52 (3): 1610–1617.
- Yogesh K, Ahmad G, Manpreet G, Mangesh K and Das P. (2013). Characteristics of chicken nuggets as affected by added fat and variable salt contents. *Journal of Food Science and Technology* 50 (1): 191–196.
- Zhang W, Xiao S, Samaraweera H, Lee EJ and Ahn DU. (2010). Improving functional value of meat products. *Meat Science* 86: 15–31.

APÊNDICE II

a)



b)



a) Foto dos hambúrgueres testados no estudo do apetite e ingestão alimentar

b) Foto da torta de frango servida 3h após a ingestão de um dos tipos de hambúrgueres testados no estudo

ANEXOS

ANEXO A

Fichas individuais para avaliação subjetiva do apetite

Nome: _____ Data: _____ Horário: _____

Favor marcar nas escalas abaixo o que melhor reflete a sua resposta para cada uma das questões abaixo:

1. Você sente fome nesse momento?

Nem um pouco

Extremamente

2. Você tem a sensação de estômago cheio nesse momento?

Nem um pouco

Extremamente

3. Você sente vontade de comer nesse momento?

Nem um pouco

Extremamente

4. Você tem vontade de comer alguma coisa salgada?

Nem um pouco

Extremamente

5. Você tem vontade de comer alguma coisa com muita gordura?

Nem um pouco

Extremamente

6. Você tem vontade de comer alguma coisa doce?

Nem um pouco

Extremamente

ANEXO B

Questionário Anamnese Alimentar

Iniciais:	ID da voluntária:
Responsável:	
DADOS PESSOAIS:	
Data de nascimento: ___/___/___ Sexo: () Masculino () Feminino	
Telefones de contato: _____	
E-mail: _____	
Escolaridade (anos de estudo): _____	
Estado civil: _____ Número de filhos: _____	
HISTÓRIA CLÍNICA:	
Você tem ou já teve alguma das doenças indicadas a seguir?	
() Tireoide (hipo ou hipertireoidismo, câncer)	
() Síndrome do ovário policístico	
() Problema nos rins	
() Doença do fígado	
() Doença ou na vesícula ou retirada	
() Doenças intestinais (Doença Celíaca, Diverticulite, Doença de Crhon, Síndrome de intestino irritável ou outra)	
() Transtornos alimentares (anorexia, bulimia, compulsão alimentar)	
() Doença psiquiátrica diagnosticada (depressão, distúrbio de ansiedade generalizado, distúrbio do pânico, transtorno bipolar, esquizofrenia)	
() Colesterol alto	
() Triglicérides alto	
() Diabetes	
() Pressão alta	
() Câncer	
() Outras Quais _____	
() Não	
Sua menstruação veio regularmente, sem alterações de fluxo e data, nos últimos 3 meses?	
() Sim () Não DUM: ___/___/___	
Você toma algum medicamento ou chá para emagrecer?	
() Sim () Não Quais e em que doses? _____	
Você considera que seu intestino funciona bem ou é preguiçoso? _____	
Com qual frequência vai ao banheiro evacuar? _____	
Você pratica algum tipo de atividade física regularmente? () Sim () Não	
Qual e frequência? _____	
Você aumentou ou diminuiu seu nível de atividade física nos últimos meses?	
() Sim () Não () Aumentou () Diminuiu	
Mudança: _____	
Você está fazendo alguma dieta para perder peso? () Sim () Não	
Qual? _____ Duração: _____	
Você é vegetariano? () Sim () Não	
Nos últimos 3 meses você :	
Ganhou peso: () Sim () Não	
Perdeu peso: () Sim () Não Quantos quilos? _____	

HABITOS ALIMENTARES:

Você tem alergia alimentar? (principalmente leite e derivados, corantes, frutos do mar, castanhas, amendoim, soja, linhaça)

() Sim () Não A qual alimento? _____

Você tem aversão alimentar? (Principalmente a coco, castanha, soja, amendoim, frutos do mar, azeite de oliva ou alguma fruta, legume ou vegetal)

() Sim () Não A qual alimento? _____

Você sente dores de cabeças, náuseas, tem diarreia ou gases quando come algum alimento específico? (Principalmente frituras, queijos amarelos e massa com molho branco)

() Sim () Não A qual alimento? _____

Você tem hábito de consumir produtos congelados?

() nuggets frango () almôndegas () hambúrguer () quibes

() salsichas () croquetes () steaks frango () outros _____

Você consome bebida alcoólica? () Sim () Não

Se sim: qual tipo: _____ com que frequência? _____ Quantidade? _____

Você consome café? () Sim () Não

Se sim, com que frequência? _____ Quantidade? _____

Você consome refrigerante tipo cola () Sim () Não

Se sim, com que frequência? _____ Quantidade? _____

Você consome chás? () Sim () Não

Se sim, com que frequência? _____ Quantidade? _____

Você foi ou é tabagista (fumante) () Sim () Não

Se sim, com que frequência? _____

Você consome algum desses alimentos?

() Aveia () Chia () linhaça () quinoa () amaranto (outros) _____ () não

Se sim, com que frequência? _____ Quantidade? _____

ANTROPOMETRIA

Peso: _____

Estatura: _____

IMC: _____

% gordura corporal (BIA): _____ Água corporal total (kg): _____ (%): _____

ANEXO C

Ficha de avaliação da aceitação do hambúrguer

Consumidor: _____ Idade: _____ Data: _____

Você vai receber uma amostra de hambúrguer de frango. Por favor, prove-a e marque na escala abaixo o quanto você gostou do produto.

- 9 – Gostei extremamente
- 8 – Gostei muito
- 7 – Gostei moderadamente
- 6 – Gostei ligeiramente
- 5 – Não gostei, nem desgostei
- 4 – Desgostei ligeiramente
- 3 – Desgostei moderadamente
- 2 – Desgostei muito
- 1 – Desgostei extremamente

Amostra	Aparência	Aroma	Sabor	Textura

O que você mais gostou no hambúrguer? _____

O que você não gostou no hambúrguer? _____

ANEXO D

Ficha de avaliação da palatabilidade da torta de frango com legumes

Consumidor: _____ Idade: _____ Data: _____

Marque com um risco na posição que você julga ser a mais adequada para os seguintes itens em relação à torta de frango.

	Aparência	
Ruim	_____	Boa
	Aroma	
Ruim	_____	Boa
	Sabor	
Ruim	_____	Boa
	Palatabilidade	
Ruim	_____	Boa