

Camila Vespúcio Bis

**Efeito das fibras alimentares como substitutos de gordura em
hambúrguer de carne bovina e paio**

São José do Rio Preto

2016

Camila Vespúcio Bis

Efeito das fibras alimentares como substitutos de gordura em hambúrguer de carne bovina e paio

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Alimentos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Andrea Carla da Silva Barretto.

São José do Rio Preto

2016

Bis, Camila Vespúcio.

Efeito das fibras alimentares como substitutos de gordura em hambúrguer de carne bovina e paio / Camila Vespúcio Bis. -- São José do Rio Preto, 2016

116 f. : il., tabs.

Orientador: Andrea Carla da Silva Barretto

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas

1. Tecnologia de alimentos. 2. Óleos e gorduras. 3. Substitutos de gordura. 4. Fibras na nutrição humana. 5. Carne. 6. Físico-química.

I. Barretto, Andrea Carla da Silva. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. III. Título.

CDU – 664.31

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do IBILCE
UNESP - Câmpus de São José do Rio Preto

Camila Vespúcio Bis

Efeito das fibras alimentares como substitutos de gordura em hambúrguer de carne bovina e paio

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Alimentos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Andrea Carla da Silva Barretto.

UNESP- São José do Rio Preto, SP

Orientadora

Prof^a. Dr^a Natália Soares Janzantti

UNESP- São José do Rio Preto, SP

Prof. Dr^o Marco Antonio Trindade

USP- Pirassununga, SP

São José do Rio Preto, 15 de fevereiro de 2016.

*Dedico este trabalho a minha família: meus pais, Edivaldo e Viviane, minha irmã
Carolina e meu noivo Jhones por todo o apoio e carinho.*

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado força diante das dificuldades e por ter me guiado ao longo do projeto para trilhar o caminho mais correto possível.

A Prof. Dra. Andrea Carla de Silva Barretto pela oportunidade, pela confiança pelos ensinamentos, pelo convívio nesta jornada e pela excelente orientação neste trabalho.

A todos os membros da banca pelas correções e sugestões que ajudaram a valorizar ainda mais este trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de mestrado concedida (processo nº 131182/2014).

Ao meus pais e minha irmã pelo incentivo e por sempre acreditarem na minha capacidade.

Ao meu noivo pela paciência, incentivo e ajuda durante todo o projeto.

Às estagiárias Yara Trevisan e Gabriela Zampieri pela inestimável ajuda na execução de etapas do projeto.

Ao Frigorífico Olhos d'água, em especial ao Guilherme pela doação das matérias primas cárneas utilizadas no projeto.

Aos técnicos dos laboratórios do Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos, Alana, Ginaldo, Luiz e Tânia.

Aos companheiros do programa de pós graduação, Jenifer Henck, Tiago Barretto, Julaisa Guazi, e Denise da Costa pela ajuda.

RESUMO

As fibras alimentares têm mostrado bom desempenho tecnológico e sensorial quando utilizadas como substituto de gordura em produtos cárneos. O objetivo do estudo foi avaliar o efeito de quatro fibras alimentares como substituto de gordura em produtos cárneos (hambúrguer e paio-linguiça cozida mista). Duas fibras alimentares solúveis (inulina e frutooligossacarídeo) e duas insolúveis (fibra de aveia e fibra de trigo) foram adicionadas nas proporções de 3 e 6%, em hambúrguer de carne bovina com redução de gordura. C2 teve adição de 10% de toucinho e C1 teve adição de 20% de toucinho. A metodologia de superfície de resposta foi utilizada para avaliar a adição de fibra de aveia e inulina em paio com redução de gordura. Os produtos cárneos obtidos foram submetidos às análises de caracterização centesimal, perda de peso no cozimento, cor instrumental, perfil de textura, estabilidade à oxidação lipídica, pH, avaliação microbiológica e análise sensorial. No hambúrguer a adição de 6% das fibras insolúveis aumentou o rendimento e a dureza dos tratamentos, e a adição da inulina proporcionou as melhores médias de aceitação sensorial em todos os atributos avaliados. A fibra de aveia e fibra de trigo adicionada a 6% diminuíram a aceitação sensorial dos hambúrgueres com redução de gordura. Em relação ao paio, a fibra de aveia adicionada a 6% junto com 3% de inulina aumentou significativamente o rendimento em relação aos controles. A redução no teor de gordura diminuiu o rendimento do produto. Para a dureza e mastigabilidade observou-se um efeito linear da fibra de aveia, ou seja quanto maior a adição de fibra de aveia no paio, maior o valor encontrado para estes parâmetros. Os resultados de cor e pH não foram afetados pela adição de fibras alimentares utilizadas no paio. Não houve comprometimento da aceitação sensorial com a adição de inulina até 6% e fibra de aveia até 2% em paio com redução de gordura.

Palavras-Chave: Substituto de gordura, Fibras solúveis e insolúveis, Análise físico-química; Análise sensorial; Produtos cárneos reestruturados.

ABSTRACT

Dietary fiber have presented good technological and sensory results performance when used as animal fat substitute in meat products. The aim of the study was to evaluate the effect of four dietary fiber as a fat substitute in meat products (beef burger and pork and beef cooked sausage). Two soluble dietary fiber (inulin and fructooligosaccharides) and two insoluble fiber (oat and wheat) were added in the proportions of 3 and 6% in low fat beef. C2 was added 10% of pork back fat and C1 20% of pork back fat. The statistical design was used to evaluation the effect of oat fiber and inulin in low fat pork and beef coked sausage. The meat products were submitted to chemical analyzes, cooking losses, objective color, texture profile, TBARS value, pH, microbiological and sensory evaluation. In beef burger the addition of 6% of insoluble fibers increases the yield and the hardness of the treatments. The oat fiber and wheat fiber added to 6% affected negatively the sensory acceptance of the burgers with fat reduction, and the inulin added to 6% shows improvement in the sensory acceptability. Relative to the prok and beef cooked sausage, oat fiber added to 6% along with 3% inulin significantly increased the yield compared to controls. The reduction in fat content influenced negatively on product yield. Hardness and chewiness were affected by the amount of oat fiber added. The color results and pH were not affected by the addition of dietary fiber in pork and beef sausage. There wasn't significantly affected in sensory acceptance by the addition of inulin (6%) and oat fiber (2%) in low fat beef and pork cooked sausage.

Keywords: Fat substitutes, Soluble and Insoluble fiber, Physico-chemical analysis; Sensory analysis; Restructured meat products.

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1- Formulação dos hambúrgueres de carne bovina controle e com 50% de redução de gordura.	32
Tabela 2- Níveis de variação das variáveis do planejamento experimental.	35
Tabela 3- Variáveis reais e codificadas do planejamento experimental.	36
Tabela 4- Formulação dos tratamentos dos paos controle e com redução de gordura. .	37
Tabela 5- Avaliação das fibras alimentares quanto ao teor de umidade, capacidade de retenção de água (CRA) e pH.	44
Tabela 6- Determinação de umidade, gordura, proteína e cinzas das matérias-primas cárneas.	45
Tabela 7- Teores de umidade, cinzas, proteína, gordura e carboidrato dos tratamentos de hambúrguer de carne bovina.	47
Tabela 8- Medições de pH dos tratamentos crus em diferentes tempos de estocagem. .	50
Tabela 9- Estabilidade à oxidação lipídica dos hambúrgueres de carne bovina crus durante estocagem sob congelamento (valores de TBARS em mg de malonaléido / kg de amostra).	51
Tabela 10- Perfil de textura para hambúrgueres de carne bovina cozidos.	53
Tabela 11- Valor L* da determinação da cor instrumental dos hambúrgueres crus de carne bovina.	56
Tabela 12- Valor a* da determinação da cor instrumental dos hambúrgueres crus de carne bovina.	58
Tabela 13- Valor b* para determinação da cor instrumental dos hambúrgueres crus de carne bovina.	60
Tabela 14- Resultados microbiológicos dos hambúrgueres de carne bovina com 5 dias de estocagem sob congelamento	62
Tabela 15- Resultado da análise sensorial de aceitação: cor, sabor, textura e aceitação global para os hambúrgueres de carne bovina.	63
Tabela 16- Determinação de umidade, gordura, proteína e cinzas das matérias-primas cárneas.	66
Tabela 17- Composição centesimal dos paos controles e com redução de gordura.	67
Tabela 18- Rendimento linguiça mista cozida- paio.	69

Tabela 19- Determinação do pH dos tratamentos paio controles e com redução de gordura.	72
Tabela 20- Determinação do valor de oxidação lipídica nos tempos zero e 30 dias.....	73
Tabela 21- Perfil de textura para os paios controles e com redução de gordura.	75
Tabela 22- Determinação da cor instrumental, com os valores L*, a* e b*, dos paios controles e com redução de gordura	82
Tabela 23- Resultados microbiológicos dos paios controles e com redução de gordura.	84
Tabela 24- Resultado da análise sensorial de aceitação: Cor, Sabor, Textura e aceitação global para os tratamentos dos paios controles e com redução de gordura.	85
Tabela 25- Análise dos efeitos para o rendimento do delineamento fatorial 2 ²	107
Tabela 26- Análise dos efeitos para o valor de oxidação lipídica (0 Dia) do delineamento fatorial 2 ²	107
Tabela 27- Análise dos efeitos para o valor de oxidação lipídica (30 Dias) do delineamento fatorial 2 ²	107
Tabela 28- Análise dos efeitos para a dureza do delineamento fatorial 2 ²	108
Tabela 29- Análise dos efeitos para a coesividade do delineamento fatorial 2 ²	108
Tabela 30- Análise dos efeitos para a elasticidade do delineamento fatorial 2 ²	108
Tabela 31- Análise dos efeitos para a mastigabilidade do delineamento fatorial 2 ²	109
Tabela 32- Análise dos efeitos para o valor L* do delineamento fatorial 2 ²	109
Tabela 33- Análise dos efeitos para o valor a* do delineamento fatorial 2 ²	109
Tabela 34- Análise dos efeitos para o valor b* do delineamento fatorial 2 ²	110
Tabela 35- Análise dos efeitos para o atributo sensorial de cor do delineamento fatorial 2 ²	110
Tabela 36- Análise dos efeitos para o atributo sensorial de sabor do delineamento fatorial 2 ²	110
Tabela 37- Análise dos efeitos para o atributo sensorial de textura do delineamento fatorial 2 ²	111
Tabela 38- Análise dos efeitos para o atributo sensorial de aceitação global do delineamento fatorial 2 ²	111
Tabela 39- Análise de variância para o rendimento do delineamento fatorial 2 ²	112
Tabela 40- Análise de variância para o valor de oxidação lipídica (Zero Dia).	112

Tabela 41- Análise de variância para o valor de oxidação lipídica (30 Dia).....	112
Tabela 42- Análise de variância para a dureza do delineamento fatorial 2 ²	113
Tabela 43- Análise de variância para a coesividade do delineamento fatorial 2 ²	113
Tabela 44- Análise de variância para a elasticidade do delineamento fatorial 2 ²	113
Tabela 45- Análise de variância para a mastigabilidade do delineamento fatorial 2 ² . .	114
Tabela 46- Análise de variância para o valor L* do delineamento fatorial 2 ²	114
Tabela 47- Análise de variância para o valor a* do delineamento fatorial 2 ²	114
Tabela 48- Análise de variância para o valor b* do delineamento fatorial 2 ²	115
Tabela 49- Análise de variância para o atributo sensorial de cor do delineamento fatorial 2 ²	115
Tabela 50- Análise de variância para o atributo sensorial de sabor do delineamento fatorial 2 ²	115
Tabela 51- Análise de variância para o atributo sensorial de textura do delineamento fatorial 2 ²	116
Tabela 52- A Análise de variância para o atributo sensorial de aceitação global do delineamento fatorial 2 ²	116

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estrutura química da Inulina.	23
Figura 2. Estruturas dos principais frutooligossacarídeos (A)1-Kestose; (B)Nistose; (C)Frutofuranosil nistose.	23
Figura 3. Rendimento e encolhimento no cozimento dos hambúrgueres.....	48
Figura 4. Amostras de hambúrguer de carne bovina, da formulação C1 até T8.	56
Figura 5. Intenção de compra para os hambúrgueres de carne bovina controle e com redução de gordura.	65
Figura 6. Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) para o rendimento do delineamento 2 ² em função das variáveis fibra de aveia e inulina.	71
Figura 7. Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) para a dureza do delineamento 2 ² em função das variáveis fibra de aveia e inulina.	76
Figura 8. Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) para a coesividade do delineamento 2 ² em função das variáveis fibra de aveia e inulina.	78
Figura 9. Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) para a elasticidade do delineamento 2 ² em função das variáveis fibra de aveia e inulina.	79
Figura 10. Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) para a mastigabilidade do delineamento 2 ² em função das variáveis fibra de aveia e inulina.	80
Figura 11. Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) para o atributo sensorial textura do delineamento 2 ² em função das variáveis fibra de aveia e inulina.	86
Figura 12. Intenção de compra para os paíes controles e com redução de gordura	88

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1. Objetivo geral	15
2.2. Objetivos específicos.....	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
3.1. Hambúrguer.....	16
3.2. Linguíça mista cozida- Paio.....	17
3.3. Reformulação de produtos cárneos	17
<i>3.3.1. Redução de gordura</i>	<i>18</i>
3.4. Fibras alimentares	19
<i>3.4.1. Fibra alimentar solúvel e fibra alimentar insolúvel.....</i>	<i>21</i>
<i>3.4.1.1. Inulina e Frutooligossacarídeo (FOS)</i>	<i>22</i>
3.5. Fibras alimentares como substitutos de gordura	25
4. MATERIAL E MÉTODOS	30
4.1. Avaliação das fibras alimentares solúveis e insolúveis.....	30
<i>4.1.1. Capacidade de retenção de água (CRA)</i>	<i>30</i>
<i>4.1.2. pH</i>	<i>30</i>
<i>4.1.3. Umidade.....</i>	<i>31</i>
4.2. Aplicação de quatro fibras alimentares em hambúrguer de carne bovina.....	31
<i>4.2.1. Composição centesimal da matéria-prima carne.....</i>	<i>31</i>
<i>4.2.2. Elaboração de hambúrguer controle e com redução de gordura</i>	<i>31</i>
<i>4.2.2.1. Matéria-prima carne dos hambúrgueres de carne bovina.....</i>	<i>31</i>
<i>4.2.2.2. Formulações dos hambúrgueres bovinos</i>	<i>32</i>
<i>4.2.2.3. Métodos analíticos e frequência das determinações.....</i>	<i>33</i>
<i>4.2.2.4. Procedimento de cozimento</i>	<i>34</i>
4.3. Otimização da adição de duas fibras alimentares em paio.....	34
<i>4.3.1. Elaboração dos paios controles e com redução de gordura</i>	<i>34</i>
<i>4.3.1.1. Matéria-prima carne dos paios controles e com redução de gordura</i>	<i>34</i>
<i>4.3.1.2. Delineamento experimental.....</i>	<i>35</i>
<i>4.3.1.3. Formulações dos paios controles e com redução de gordura</i>	<i>36</i>

4.3.1.4. Métodos analíticos e frequência das determinações.....	38
4.4. Metodologia das análises.....	38
4.4.1. <i>Determinação de umidade</i>	38
4.4.2. <i>Determinação de proteína</i>	38
4.4.3. <i>Determinação de lipídios</i>	39
4.4.4. <i>Determinação de Cinzas</i>	39
4.4.5. <i>Determinação de carboidrato</i>	39
4.4.6. <i>Determinação de pH</i>	39
4.4.7. <i>Determinação da cor instrumental</i>	40
4.4.8. <i>Avaliação microbiológica</i>	40
4.4.9. <i>Avaliação da estabilidade à oxidação lipídica</i>	40
4.4.10. <i>Perda no cozimento- Rendimento e encolhimento</i>	41
4.4.11. <i>Determinação do teste de perfil de textura (TPA)</i>	41
4.4.12. <i>Análise sensorial - teste de aceitação e intenção de compra</i>	42
4.5. Análise estatística	43
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
5.1. Avaliação das fibras alimentares	44
5.1.1. <i>Avaliação das fibras alimentares CRA, umidade e pH</i>	44
5.2. Aplicação de quatro fibras alimentares em hambúrguer de carne bovina.....	45
5.2.1. <i>Composição centesimal da matéria-prima carne utilizada no hambúrguer</i>	45
5.2.2. <i>Composição centesimal dos hambúrgueres crus</i>	46
5.2.3. <i>Perdas no cozimento dos hambúrgueres cozidos de carne bovina</i>	47
5.2.4. <i>Determinação de pH dos hambúrgueres crus de carne bovina</i>	49
5.2.5. <i>Oxidação Lipídica dos hambúrgueres crus de carne bovina</i>	51
5.2.6. <i>Análise do Perfil de Textura (TPA) dos hambúrgueres cozidos</i>	53
5.2.7. <i>Determinação da cor experimental dos hambúrgueres crus de carne bovina</i>	55
5.2.8. <i>Análise microbiológica dos hambúrgueres crus de carne bovina</i>	61
5.2.9. <i>Análise sensorial dos hambúrgueres cozidos de carne bovina</i>	62
5.3. Otimização da adição de duas fibras alimentares em paio.....	66
5.3.1. <i>Composição centesimal das matérias-primas carnes utilizadas no paio</i>	66
5.3.2. <i>Composição centesimal dos Paio</i>	67
5.3.3. <i>Rendimento dos paio controles e com redução de gordura</i>	69

5.3.4. <i>Determinação de pH dos paios controles e com redução de gordura</i>	71
5.3.5. <i>Oxidação Lipídica dos paios controles e com redução de gordura</i>	73
5.3.6. <i>Análise do Perfil de Textura (TPA) dos paios controles e redução de gordura..</i>	75
5.3.7. <i>Determinação da cor experimental dos paios controles e redução de gordura..</i>	80
5.3.8. <i>Avaliação microbiológica dos paios controles e com redução de gordura</i>	83
5.3.9. <i>Análise sensorial dos paios controles e com redução de gordura</i>	84
6. CONCLUSÃO	89
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
ANEXO I- Ficha sensorial hambúrguer bovino e paio.....	104
ANEXO II- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE	105
ANEXO III	106
ANEXO IV	107
ANEXO V	112

1. INTRODUÇÃO

A mudança na demanda do consumo, a aceleração do ritmo urbano e o aumento da concorrência global estão incentivando o setor de produtos cárneos a desenvolver novas tecnologias e utilizar novos ingredientes (WEISS et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2013). O número de pessoas que buscam um estilo de vida mais saudável, com alimentação balanceada, optando por alimentos com teores reduzidos de gordura e enriquecidos com ingredientes com propriedades funcionais tem aumentado nos últimos anos (ARIHARA, 2006; TALUKDER, 2015).

De acordo com Fernández-Ginés et al. (2005) a carne e os produtos cárneos são essenciais na dieta de diversos países. Carne e produtos cárneos são importantes fontes de proteína, gordura, aminoácidos essenciais, minerais, vitaminas e outros nutrientes. Com o crescente aumento na diversidade deste tipo de produto, que não demandam muito tempo para seu preparo, disponíveis no mercado, os hambúrgueres, linguças, empanados, salames, mortadelas e salsichas se tornaram o lanche de muitas famílias do mundo (OLIVEIRA et al., 2013).

No entanto, a alta concentração de gordura saturada nestes produtos tem preocupado os consumidores, que procuram, cada vez mais, produtos com apelo saudáveis (WEISS et al., 2010, HYGREEVA et al., 2014). Neste contexto, o hambúrguer é um dos produtos cárneos utilizados nos testes de substitutos de gordura (SOUZA et al., 2012), pela sua facilidade de processamento (OLIVEIRA et al., 2013) e alta aceitação entre os consumidores.

A gordura de origem animal está relacionada a diversas doenças crônicas, o que incentiva os pesquisadores a buscarem novos ingredientes que possam atuar como substitutos desse tipo de gordura em produtos cárneos (SANTOS JÚNIOR et al., 2009; TALUKDER, 2015). O aumento na demanda por produtos com redução no teor de gordura, em função da necessidade de dietas mais saudáveis, impulsionou o desenvolvimento de novos produtos que utilizam substituto de gordura na formulação tradicional (SCHMIELE et al., 2015).

A redução no conteúdo de gordura de produto cárneo pode modificar propriedades importantes como a dureza e cor do alimento e, provavelmente, diminuir sua aceitação entre os

consumidores (SEABRA et al., 2002; SCHMIELE et al., 2015). O parâmetro textura do produto é o mais afetado pelas modificações na formulação com redução de gordura.

Com isso, diversos estudos avaliam a utilização de ingredientes não cárneos como substitutos de gordura, tais como amido, proteína de soja e do soro do leite, sementes, hidrocolóides e fibras dietéticas, podendo ser as fibras solúveis e insolúveis (AMERICAN DIET ASSOCIATION, 1998; LÓPEZ-VARGAS et al., 2014). Os substitutos de gordura desempenham importantes funções tecnológicas na indústria alimentícia, com resultados satisfatórios na produção de alimentos de baixo teor calórico (TROY et al., 1999).

Devido as suas propriedades funcionais e tecnológicas, as fibras alimentares têm sido utilizadas como substituto de gordura em diversos produtos cárneos (SCHMIELE et al., 2015; WEISS et al., 2010; TALUKDER, 2015) com a finalidade de adotar estratégias integradas que gerem a produção de produtos acessíveis, e ao mesmo tempo formulações saudáveis, com propriedades benéficas a saúde do consumidor. Além disso, a adição de fibras alimentares ajuda a modificar as características tecnológicas e sensoriais gerais de um sistema cárneo, tais como capacidade de retenção de água (CRA), capacidade de retenção de gordura (CRO) e perfil de textura (PETRACCI et al., 2013).

A fibra corresponde a um ingrediente alimentar não digerível que inclui polissacarídeos não amiláceos, oligossacarídeos ou lignina (KACZMARCZYK et al., 2012), apresentando um bom desempenho no aumento do rendimento de produto cozido e também na capacidade de retenção da água, o que pode resultar na redução do custo de produção (FERNÁNDEZ-GINÉS et al., 2009). Diante disto, a aplicação de fibras alimentares em produtos cárneos tem sido estudada por ser uma alternativa de ingrediente mais saudável, e com melhoramento de resultados tecnológicos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar a influência da adição de fibras alimentares solúveis e insolúveis, em diferentes proporções (3 e 6%), em produtos cárneos: hambúrguer de carne bovina e paio, com redução de 50% de gordura adicionada sobre as propriedades tecnológicas e sensoriais, comparando com amostras controle.

2.2. Objetivos específicos

Avaliar a influência de duas fibras solúveis (inulina e frutooligossacarídeos) e duas fibras insolúveis (fibra de aveia e fibra de trigo) sobre as propriedades de cor, pH, teste do perfil de textura, avaliação microbiológica, rendimento, encolhimento e estabilidade à oxidação lipídica do hambúrguer de carne bovina durante estocagem sob congelamento.

Avaliar a aceitação sensorial do hambúrguer de carne bovina, comparando com formulações controle sem adição de fibra alimentar.

Avaliar a influência da adição de uma fibra solúvel (inulina) e uma fibra insolúvel (fibra de aveia) sobre as propriedades de cor, perfil de textura, rendimento, estabilidade à oxidação lipídica, pH, avaliação microbiológica do paio durante estocagem sob refrigeração, utilizando planejamento estatístico.

Avaliar a aceitação sensorial do paio, comparando com formulações controle sem adição de fibra alimentar.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O consumo de produtos cárneos de conveniência, ou seja, produtos prontos ou semi-prontos para consumo, vem aumentando nos últimos anos em função das alterações no estilo de vida dos consumidores. Neste contexto, os diversos tipos de hambúrgueres e de linguças cozidas se destacam pela facilidade de preparo e pela vida de prateleira estendida. Com isso, esses produtos se tornaram alvos de pesquisadores dispostos a melhorar suas formulações testando ingredientes com características benéficas aos consumidores além de reduzir o teor de gordura.

3.1. Hambúrguer

Pelo Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade entende-se por hambúrguer o produto cárneo industrializado, obtido de carne moída de animais de açougue, adicionado ou não de tecido adiposo e ingredientes, moldado e submetido a processo tecnológico adequado. Trata-se de produto cru, semi-frito, cozido, frito, congelado ou resfriado de acordo com sua classificação (BRASIL, 2000b).

As características sensoriais do hambúrguer envolvem textura, cor, sabor e odor próprios. Devem atender as seguintes características físico-químicas: teor máximo de gordura de 23,0%; teor de proteína mínima de 15,0%; teor de carboidratos totais máximo de 3,0%; teor de cálcio máximo base seca de 0,1% em hambúrguer cru e de 0,45% em hambúrguer cozido (BRASIL, 2000b).

De acordo com Oliveira et al. (2013), diversos estudos têm demonstrado a possibilidade de substituição de ingredientes na formulação de hambúrgueres, com a intenção de incorporar substâncias com propriedades funcionais; portanto, substâncias que possam contribuir para a saúde e o bem-estar dos consumidores.

3.2. Linguiça mista cozida- Paio

A linguiça é o produto cárneo industrializado, obtido de carnes de animais de açougue, adicionados ou não de tecidos adiposos, ingredientes, embutido em envoltório natural ou artificial, e submetido ao processo tecnológico adequado. As linguiças podem ser classificadas em produtos fresco, seco, maturado, cozido dependendo da tecnologia de fabricação adotada (Brasil, 2000a).

De acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade, as linguiças cozidas podem conter no máximo 35% de gordura, 60% de umidade e no mínimo 14% de proteína. O uso de carne mecanicamente separada em linguiças cozidas é limitado em 20% (BRASIL, 2000a).

A linguiça Paio é definida como um produto obtido a partir da mista de carnes suína, e/ou carne suína e carne bovina (no máximo de 20%), embutida em tripas natural ou artificial comestível, curado e adicionado de ingredientes, submetida a ação do calor com defumação (BRASIL, 2000a).

3.3. Reformulação de produtos cárneos

O mercado atual de produtos cárneos processados é bastante exigente quanto às características sensoriais. Entre as características sensoriais mais valorizadas pelos consumidores se destacam a suculência e a maciez (LAWRIE & LEDWARD, 2006). Os alimentos e a função que cada componente exerce no organismo, principalmente com relação a sua parte funcional, têm despertado um grande interesse dos estudiosos e da indústria alimentícia que se volta para atender a demanda da crescente população interessada em obter hábitos mais saudáveis (BEZERRA & NÖRNBERG, 2013).

Tanto a carne e como seus derivados podem ser modificados pela adição de ingredientes considerados benéficos para a saúde, eliminando ou reduzindo os componentes que são considerados “nocivos”. Desta maneira, uma série de alimentos pode ser obtido sem alterar a sua base, e serem considerados "saudáveis". Com isso, tornar os produtos cárneos mais

saudáveis é uma estratégia importante para o mercado e é considerada um desafio para os pesquisadores da área e indústria de alimentos (JIMÉNEZ-COMENERO et al., 2001).

Olmedilla-Alonso et al. (2013) citam que a carne e produtos cárneos podem também representar uma classe de alimentos com compostos bioativos disponíveis, sem alteração da dieta, pela quantidade e frequência que são consumidos, além da diversidade na apresentação e alta aceitação pelo consumidor.

Em função do elevado teor de gordura presente nos produtos cárneos tradicionais e a busca crescente dos consumidores por uma alimentação mais saudável, as indústrias alimentícias começam a oferecer uma variedade de novos produtos, que se encaixam na nova dieta do consumidor (MUGUERZA et al., 2001).

Uma série de ingredientes como óleos vegetais (PELSER et al., 2007; VURAL, 2003), óleos de peixe e extratos naturais com propriedades antioxidantes (VALENCIA et al., 2008), produtos vegetais (SERDAROGLU & DEGIRMENCIOGLU, 2004; TURHAN et al., 2005) e fibras alimentares (JO et al., 2003; GÖK et al., 2011; MANSOUR & KHALIL, 1999; BARRETTO et al., 2015; SCHMIELE et al., 2015) foram adicionados aos produtos cárneos crus e cozidos, para melhorar suas propriedades tecnológicas e nutricionais.

3.3.1. Redução de gordura

A indústria introduziu várias modificações para reduzir os efeitos prejudiciais de alto nível de gordura em produtos cárneos. Por isso, vários estudos têm sido realizados sobre produtos cárneos tradicionais com teor reduzido de gordura e colesterol (PIÑERO et al., 2008; LORENZO & FRANCO, 2012; LORENZO et al., 2012). Tais tentativas incluem a substituição de parte da gordura animal por misturas de amido ou gomas (ALVAREZ & BARBUT, 2013; BORTNOWSKA et al., 2014; CHOI et al., 2013), por óleos vegetais (COFRADES et al., 2013; COFRADES et al., 2014; SALCEDO-SANDOVAL et al., 2013), e a substituição por diferentes fibras alimentares (CHOE et al., 2013; PIÑERO et al., 2008; BARRETTO et al., 2015; SCHMIELE et al., 2015). A fibra alimentar tem sido utilizada com grande sucesso no aumento

do rendimento, na redução de custo da formulação, na melhoria da textura e além de seus benefícios para a saúde do consumidor (TALUKDER, 2015).

Em produtos alimentícios a gordura contribui com o sabor, odor, textura e aparência. A gordura modifica a percepção de compostos de sabor, influencia a intensidade e a liberação dos sabores, assim como afeta sua distribuição e migração pela boca (JIMENEZ-COLMENERO et al., 2001; BORDERÍAS et al., 2005; GÓMEZ & LORENZO, 2013). Assim, a redução de gordura pode influenciar significativamente a aceitabilidade de um produto.

Sendo assim, os principais problemas dos produtos cárneos com baixo teor de gordura e aumento no teor de água adicionada, estão relacionados com as perdas excessivas no cozimento e armazenamento, além do aspecto sensorial (ULLOA, 1999, YOO et al., 2007, JIMENEZ-COLMENERO, 2000).

A gordura melhora a palatabilidade e aumenta a suculência do produto cárneo, o que torna difícil a sua substituição. Produtos cárneos com baixo teor de gordura, que não apresentaram características sensoriais agradáveis não serão aceitos pelos consumidores, independentemente do apelo saudável, já que o sabor, textura e outras características sensoriais são importantes. (JIMENEZ COLMENERO, 2000).

3.4. Fibras alimentares

De acordo com *American Association of Cereal Chemists* (AACC), fibra alimentar é definida pela parte comestível de plantas ou carboidratos análogos que são resistentes à digestão e a absorção no intestino delgado com fermentação completa ou parcial no intestino grosso (AACC, 2001). Ao contrário de outros nutrientes, a fibra não é hidrolisada pelas enzimas do estômago e do intestino delgado e, portanto, atinge o cólon sem ser degradada (PROSKY, 2001).

De acordo com a legislação brasileira vigente (BRASIL, 2001a), fibra alimentar é qualquer material comestível que não seja hidrolisado pelas enzimas endógenas do trato

digestivo humano, determinado segundo os métodos publicados pela AOAC em sua edição mais atual.

A fibra alimentar desempenha um papel importante em muitos processos fisiológicos e na prevenção de doenças de diferentes etiologias. A fibra alimentar está naturalmente presente em cereais, legumes, frutas e nozes, e sua quantidade e composição diferem de alimento para alimento (RODRÍGUEZ et al., 2006).

Diversos autores citam que o consumo de fibra alimentar reduz o risco de ocorrência de doenças cardiovasculares, diabetes, hipertensão, obesidade, bem como algumas patologias gastrintestinais e certos tipos de câncer (WOOD, 1993; OLIVEIRA et al., 2013; TALUKDER, 2015).

As fibras alimentares oferecem as vantagens de inibir sua hidrólise, a digestão e absorção no intestino delgado humano, aumentando o volume fecal, estimulando a fermentação colônica, diminuindo a glucose no sangue (reduzindo a resposta de insulina), e reduzindo os níveis de colesterol (FUENTES-ZARAGOZA et al., 2010, RODRÍGUEZ et al., 2006). O consumo de fibras tem sido recomendado devido aos atributos benéficos à saúde como a redução do tempo de trânsito intestinal, prevenção da constipação e redução no risco de doenças crônicas como o diabetes tipo 2, doenças cardiovasculares, controle da obesidade e alguns tipos de câncer (BORDERÍAS et al., 2005, DECKER & PARK, 2010).

Um produto com alto teor de fibra deverá ter o mínimo de 5 g de fibra alimentar por porção do alimento, enquanto o produto fonte de fibra deverá ter um teor mínimo de 2,5g de fibra alimentar por porção do alimento (BRASIL, 2012).

A quantidade sugerida de ingestão de fibra alimentar recomendada pela *Food and Drug Administration (FDA)* é de 20 a 30 g por dia. Como os hábitos alimentares e a forma de alimentação mudaram, o indivíduo tem consumido quantidade insuficiente de fibra alimentar (HUANG et al., 2011). De acordo com Viuda-Martos et al. (2010), em países industrializados o consumo de fibras alimentares é menor que 25 g / pessoa / dia, e mostra que um caminho para aumentar a quantidade de fibras alimentares ingeridas na dieta, sem modificar radicalmente o hábito de consumo é consumir alimentos enriquecidos com fibras. Os produtos cárneos com adição de fibras alimentares têm sido estudados em diferentes aspectos (ARIHARA, 2006;

BARRETTO et al., 2015; CÁCERES et al., 2004; BORDERÍAS et al., 2005; ALMEIDA, 2011; ÁLVAREZ & BARBUT, 2013; BEZERRA & NÖRNBERG, 2013; CHOE et al., 2013; CHOI et al., 2013; FERNÁNDEZ-LÓPEZ et al., 2008; HUANG et al., 2011; SCHIMIELE et al., 2015) podendo auxiliar nesta tarefa.

A fibra alimentar pode ser utilizada no enriquecimento de produtos ou como ingrediente, pois é constituída de polissacarídeos, lignina, oligossacarídeos resistentes e amido resistente, entre outros (CHO & DREHER, 2001). A origem da fibra alimentar é importante, porque as diferenças na estrutura e constituição de células vegetais podem afetar as propriedades das fibras (ALESÓN-CARBONELL et al., 2005). Tais propriedades, quando incorporadas aos produtos cárneos, podem ser tecnológicas ou fisiológicas, que variam muito em função do tipo de fibra alimentar. Pode-se citar como propriedades tecnológicas a capacidade de retenção de água, capacidade de ligação com gordura, viscosidade, capacidade de formação de gel, capacidade quelante, auxilia na fermentação e influencia na textura do produto. Enquanto as propriedades fisiológicas incluem a redução no colesterol, alteração na resposta glicêmica, mudança no funcionamento do intestino e outros efeitos benéficos a saúde (BORDERÍAS et al., 2005).

De maneira geral, estas propriedades permitem inúmeras aplicações na indústria de alimentos, substituindo gordura ou atuando como agente estabilizante, espessante, emulsificante; desta forma, podem ser aproveitadas na produção de diferentes produtos: bebidas, sopas, molhos, sobremesas, derivados de leite, biscoitos, massas, pães e produtos cárneos (CHO & DREHER, 2001).

3.4.1. Fibra alimentar solúvel e fibra alimentar insolúvel

Com base nas diferenças da solubilidade, a fibra alimentar pode ser categorizada como solúvel em água e insolúvel em água. Fibra insolúvel em água é frequentemente usada na prevenção e tratamento de doenças do cólon, da prisão de ventre e outras doenças relacionadas, assim como na regularização do peso corporal (NGUYEN et al.2004). Fibra alimentar solúvel

é benéfica no tratamento diabetes, redução do colesterol e gordura no sangue (GANJI & KIES, 1996; SCHULZE et al., 2004; MEIER & GASSUL, 2004), podendo também reduzir o risco de doenças cardiovasculares (PEREIRA et al., 2004, TALUKDER, 2015), doenças coronárias como hipertensão, obesidade e diabetes (HAULY & MOSCATTO, 2002).

A classificação das fibras alimentares está diretamente relacionada com suas propriedades físico-químicas e seus efeitos nutricionais. Fibras solúveis formam uma rede de gel (alginatos, carragenas e pectinas) ou uma rede de espessantes (goma xantana, algumas hemiceluloses) em algumas condições físico-químicas, e dessa forma ligam-se a água. Fibras insolúveis possuem forte capacidade higroscópica, favorecendo o aumento da capacidade de absorção de água e podem absorver acima de 20 vezes seu peso em água e também apresenta capacidade de absorver gordura (THEBAUDIN et al., 1997).

A fração insolúvel possui propriedades que incluem a capacidade de reter água, aumentar o volume fecal, diluir substâncias carcinogênicas presentes no conteúdo do intestino grosso, reduzir o tempo de trânsito no cólon e o contato entre os carcinógenos (JÚNIOR, 2008).

Em processamento de alimentos, a fração solúvel das fibras alimentares demonstra uma maior capacidade de proporcionar viscosidade, capacidade de formar gel e / ou agir como emulsificantes, quando comparada com a parte insolúvel. Além de não interferir negativamente na textura e no sabor, e ser de fácil incorporação em alimentos processados (ELLEUCH et al., 2011).

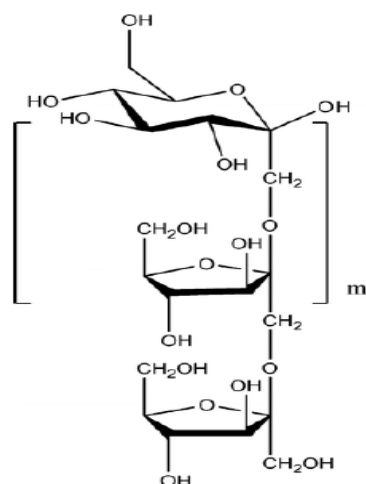
A recomendação diária de fibras insolúveis é de 20-30 g/dia, sendo que para as fibras alimentares solúveis a recomendação é de 6 g/dia (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2007).

3.4.1.1. Inulina e Frutooligossacarídeo (FOS)

A inulina (Figura 1) representa um polímero de frutose, já o frutooligossacarídeo (Figura 2) é um oligômero de frutose. Ambos apresentam moléculas unidas entre si por ligações glicosídicas do tipo β (2-1) e são vastamente encontrados em plantas na forma de carboidratos

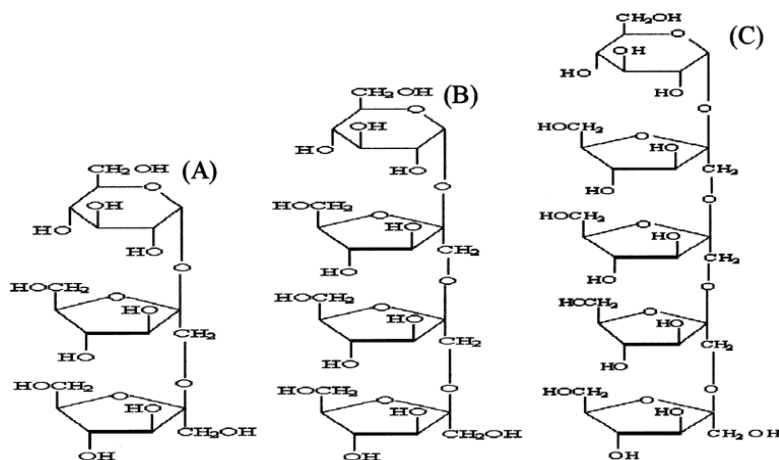
de reserva (HAULY & MOSCATTO, 2002). Os frutooligossacarídeos (FOS) estão presentes em inúmeros vegetais como aspargos, beterrabas, alho, chicória, cebola, trigo, cevada e centeio (WANG, 2009). A inulina está presente em diversos vegetais como cebola, alho-porró, alho, aspargo, alcachofra, chicória, yacon entre outros (VORAGEN, 1998). Estes carboidratos têm sido utilizados em alimentos tanto com as funções de prebióticos como fibras alimentares solúveis. Estas classificações podem ser feitas em função da não digestibilidade pelas enzimas do trato digestivo humano, o estímulo seletivo do crescimento e atividade de bactérias intestinais benéficas a saúde do hospedeiro (bactérias probióticas), baixo valor calórico e influência sobre a função intestinal e sobre os níveis lipídicos e de glicose (MENDOZA et al., 2001; HAULY & MOSCATTO, 2002; GLIBOWSKI & PIKUS, 2011).

Figura 1. Estrutura química da Inulina.



Fonte: HAULY, M. C. de O.; & MOSCATTO, J. A. Inulina e Oligofrutoses: uma revisão sobre propriedades funcionais, efeito prebiótico e importância na indústria de alimentos. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 23, n. 1, p. 105-118, 2002.

Figura 2. Estruturas dos principais frutooligossacarídeos (A)1-Kestose; (B)Nistose; (C)Frutofuranosil nistose.



Fonte: HAULY, M. C. de O.; & MOSCATTO, J. A. Inulina e Oligofrutoses: uma revisão sobre propriedades funcionais, efeito prebiótico e importância na indústria de alimentos. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 23, n. 1, p. 105-118, 2002.

Os frutooligossacarídeo (FOS) são constituídos de cadeias com um grau de polimerização (GP) de 3 a 10 unidades, enquanto a inulina apresenta um grau de polimerização variando de 2 a 60 unidades. Esta diferença no tamanho das cadeiras causa variações nos atributos funcionais e tecnológicos destes compostos (HAULY e MOSCATTO, 2002). Tanto a inulina quanto os frutooligossacarídeos são consideradas fibras alimentares de cadeia curta com propriedades prebióticas.

A inulina é mais viscosa, menos solúvel em água do que o frutooligossacarídeo e vem sendo utilizada como substituto de gordura de diversos produtos alimentícios, com resultados tecnológicos satisfatórios. Os frutooligossacarídeos apresentam propriedades tecnológicas mais específicas como: agente de corpo em produtos lácteos, agente umectante em produtos de panificação, diminui o ponto de congelamento de sobremesa congelada, além de agir como aglutinantes em barras de cereais (VANDRESEN, 2011).

A inulina purificada vendida comercialmente é um pó branco que apresenta odor e sabor neutros. Sua solubilidade em água aumenta de 6% para 35% com o aumento da temperatura de 10°C para 90 °C, o que pode dificultar o emprego desta fibra alimentar em temperatura ambiente (VANDRESEN, 2011). De acordo com estudo realizado por Dan et al.

(2009), a inulina extraída de chicória (99% de pureza) apresentou uma capacidade de ligação com a água de 1,37 g/ml.

Tanto a inulina quanto o frutooligossacarídeo são fibras alimentares solúveis estáveis até em pH ácido e temperaturas superiores a 140°C (BORNET, 1994).

As fibras alimentares solúveis, tais como inulina e frutooligossacarídeos diminuem o colesterol sérico e as concentrações do colesterol LDL, podendo prevenir o desenvolvimento de doenças coronárias como hipertensão, obesidade e diabetes (ANDERSON, 1990). A ingestão destas fibras alimentares solúveis ajuda no aumento da absorção de minerais, principalmente o cálcio (OHTA et al., 1994).

3.4.1.2. Fibra de aveia e fibra de trigo

As fibras de cereais, como a fibra de aveia e fibra de trigo, possuem uma grande proporção de fibra insolúvel, apresentam vantagens tecnológicas e fisiológicas em relação as fibras alimentares solúveis, pois são constituídas principalmente de celulose e hemicelulose. Ainda possuem elevada capacidade de ligação com água e de retenção de gordura além de não atribuem sabor a formulação (BARRETTO, 2007).

A celulose é o polímero mais abundante da natureza e o polissacarídeo estrutural mais importante das plantas. Quimicamente é formado por mais de 10.000 unidades de glicose (GP) unidas por ligação β -1-4 e apresentam cadeias lineares essencialmente. Em função de sua estrutura linear, apresenta baixa solubilidade em água (FENNEMA, 2000).

3.5. Fibras alimentares como substitutos de gordura

A utilização de fibra alimentar em produtos cárneos vem como uma alternativa de substitutos de gorduras por apresentarem propriedades tecnológicas que auxiliam na textura, aumentam a habilidade de ligar água, mantendo um bom rendimento e reduzindo o custo da

formulação (CÁCERES et al., 2004; BORDERÍAS et al., 2005; ÁLVAREZ & BARBUT, 2013).

As pesquisas para utilização de fibras alimentares em produtos cárneos têm sido realizadas para redução do teor de gordura do produto utilizando a fibra alimentar como ingrediente alternativo para manutenção ou incremento da textura e ao mesmo tempo oferecer um produto cárneo mais saudável e contendo fibras alimentares (JANUZZI, 2007).

As fibras alimentares podem também ser exploradas como uma forma de enriquecimento nutricional dos produtos cárneos (FERNÁNDEZ-GINÉS et al., 2005) devido ao efeito benéfico na saúde do consumidor.

A fibra alimentar é o principal ingrediente em alimentos funcionais, constituindo mais de 50% do total dos ingredientes usados em todo o mundo, e tem sido incorporada a todo tipo de alimento e bebidas, como fator de qualidade nutricional muito apreciado pelos consumidores (SAURA-CALIXTO, 2006).

De acordo com Fernández-López et al. (2008), as fibras alimentares são um dos ingredientes funcionais mais comumente utilizado em produtos alimentícios e vem sendo aplicada como substituto de gordura, agente redutor de gordura durante o processo de fritura, no aumento do volume, agente de corpo e estabilizante. Estas modificações incluem a utilização de ingredientes não cárneos que podem auxiliar na obtenção de uma textura desejável e aumentar a capacidade de retenção de água (AKO, 1998; KEETON, 1994).

Devido às suas propriedades funcionais e tecnológicas reconhecidas, as fibras alimentares são consideradas substitutos de gordura com várias aplicações na indústria de carnes (COFRADES et al., 2008; DECKER & PARK, 2010; ALMEIDA, 2011; ÁLVAREZ & BARBUT, 2013; BEZERRA & NÖRNBERG, 2013; SCHMIELE et al., 2015). Algumas aplicações de fibras alimentares têm sido bem-sucedidas em função do aumento no rendimento, na redução do custo de formulação e na melhora da textura de produtos cárneos (FERNÁNDEZ-GINÉS et al., 2004; MANSOUR & KHALIL, 1999; PIÑERO et al., 2008).

Dentre as fibras alimentares utilizadas como ingredientes em alimentos cárneos industrializados, destacam-se a adição de farelo de arroz, fibra solúvel de aveia (β -glucana), farelo de aveia, fibra de soja, fibra de ervilha, fibra de coco, inulina, fibra de trigo (GARCIA et

al., 2002; SEABRA et al., 2002; QUEIROZ et al., 2005; PIÑERO et al., 2008; GANJI et al., 1996; HUANG et al., 2011; SANTOS JÚNIOR et al., 2009; MANSOUR & KHALIL, 1999) como alternativas para um produto mais saudável.

Keenan et al. (2014) estudaram a adição de inulina em salsichas com redução de gordura e concluíram que a inulina auxilia na redução da perda de água durante o cozimento e aumenta a estabilidade da emulsão, mas aumenta a dureza e modifica negativamente a qualidade sensorial.

Garcia et al. (2002) avaliaram a adição de 1,5 e 3% de fibra de laranja, fibra de beterraba, fibra de trigo, fibra de aveia e fibra de ervilha em salame, e observaram, que as amostras com adição de 1,5% das fibras de fruta e de cereais apresentaram resultados sensoriais satisfatórios, enquanto as amostras com 3% tiveram um aumento na dureza e uma diminuição nos resultados sensoriais. Os autores citam ainda que a fibra de laranja apresentou as propriedades sensoriais similares ao produto comercial.

Cyrino & Barretto (2006) relatam algumas razões para se utilizar fibras alimentares em produtos cárneos, já que são ingrediente com grande benefício à saúde, apresentam baixo valor calórico, excelente capacidade de retenção de água, odor neutro e melhora no fatiamento de produtos, sendo assim, podem ser utilizados como substitutos parciais da gordura.

Almeida (2011) concluiu que ao adicionar diferentes níveis de farinha de aveia em hambúrguer de carne caprina a capacidade de retenção de água das amostras não foi alterada. Além disso, o autor observou que com 4% da farinha de aveia a perda no cozimento foi menor ($p \leq 0,05$) do que o grupo controle.

Em estudo realizado na produção de hambúrguer bovino com redução de 10% de gordura e adição de 13,45% de fibra solúvel de aveia, observou-se uma diminuição ($p \leq 0,05$) nas perdas de água durante o cozimento, aumentando a retenção de água e de gordura, quando comparada com a amostra controle (20% de gordura). No entanto a adição de fibra alimentar afetou de maneira negativa a aceitação sensorial da amostra (PIÑERO et al., 2008).

Huang et al. (2011) observaram, ao testar três fibras alimentares (3,5% e 7%) como substituto de gordura em salsicha, que a adição da fibra de trigo e da fibra de aveia aumentaram significativamente a dureza das amostras em relação ao tratamento controle, enquanto a amostra

com adição de inulina não influenciou os parâmetros da textura. Os autores concluíram, ainda, que quanto maior a quantidade de fibra alimentar adicionada maior a influência na textura.

O aumento da ingestão de fibras alimentares tem proporcionado o desenvolvimento de procedimentos tecnológicos para obtenção de concentrados de fibras a partir de uma gama de matérias-primas, entre as quais estão os subprodutos industriais (PÉREZ & SÁNCHEZ, 2001).

De acordo com Thebaudin et al. (1997), as fibras alimentares são desejáveis não apenas por suas propriedades nutricionais, mas também por apresentarem propriedades funcionais, tecnológicas e econômicas. A utilização de fibras interfere na capacidade de retenção de água, capacidade de ligação com gordura, viscosidade, geleificação, capacidade quelante, capacidade fermentativa, textura e outras propriedades. A capacidade de retenção de água é considerada a mais importante propriedade do ponto de vista tecnológico. Quando na forma de pó, as fibras que são fundamentalmente celulósicas, ligam-se várias vezes o seu peso em água e esta capacidade é relativa ao comprimento e espessura de suas partículas. O pH do meio geralmente influencia a capacidade de retenção de água (BORDERÍAS et al., 2005).

As fibras alimentares podem auxiliar na estabilidade das emulsões, no aprisionamento da gordura junto com a matriz proteica, e quando utilizadas como substituto de gordura no desenvolvimento de mortadela com redução de 50% obteve boa aceitação sensorial (BARRETTO, 2007).

Ainda, de acordo com Borderías et al. (2005), a capacidade da fibra em se ligar com a gordura depende mais da porosidade da fibra do que da afinidade molecular. Por esta razão, para prevenir a absorção da gordura na fritura de produtos, quando fibras são usadas, é aconselhável adicionar inicialmente água à fibra, para que os poros inchem.

Durante a cura a seco, as fibras dietéticas resultaram na mudança do pH, atividade de água e teor de nitrito residual (FERNANDEZ-LOPEZ et al. 2008). A adição de fibras dietéticas solúveis melhoraram a formação do gel e a dureza de salsichas de peixe com baixo teor de gordura sem influenciar nos atributos de textura e cor das amostras (CARDOSO et al., 2008).

Outras propriedades tecnológicas citadas por Borderías et al. (2005) são a modificação do sabor e textura, o controle da cristalização do açúcar e a estabilização de produtos congelados. Uma característica importante é a capacidade das fibras de evitar a deformação e

encolhimento de produtos reestruturados durante o cozimento. Além disso, algumas fibras possuem capacidade antioxidante quer em armazenamento refrigerado ou congelado.

No Brasil, a utilização de fibras em produtos cárneos é promissora, e sua procura é devido principalmente à alta capacidade de retenção de água e possibilidade de redução de custos na formulação final (BARRETTO, 2007).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Avaliação das fibras alimentares solúveis e insolúveis

As fibras alimentares solúveis e insolúveis utilizadas no processamento foram avaliadas quanto a capacidade de retenção de água, pH e umidade.

4.1.1. Capacidade de retenção de água (CRA)

A análise de capacidade de retenção de água foi realizada conforme descrito por Furlán et al. (2014). O método é composto pela mistura de 1 grama de fibra alimentar com 10 mL de água destilada seguida da centrifugação (Centrifuga refrigerada marca Beckman Coulter modelo Avanti J-26XP) da mistura à 5 °C, utilizando uma rotação de 5.000 rpm durante 30 minutos. Após este tempo, retirou-se o sobrenadante e pesou-se o sedimentado. O cálculo foi realizado utilizando a Equação 1.

$$\%CRA = \frac{Peso_{Sedimentado} - Peso_{Amostra}}{Peso_{Amostra}} \quad (1)$$

4.1.2. pH

O valor de pH foi medido através do pHmetro digital PG 1800, da marca GEHAKA, por sonda, em triplicata, para cada amostra de fibra alimentar. Foram pesadas 10 g de cada fibra alimentar e diluídas em 100 mL de água destilada. Esta mistura foi agitada até que as partículas ficassem uniformemente dispersas (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

4.1.3. *Umidade*

A determinação do teor de umidade das fibras alimentares foi feita de acordo com AOAC (2007), secagem em estufa à 105 °C, até peso constante, totalizando aproximadamente 6 horas.

4.2. **Aplicação de quatro fibras alimentares em hambúrguer de carne bovina**

4.2.1. *Composição centesimal da matéria-prima cárnea*

A determinação dos teores de umidade, gordura, proteína e cinzas da carne bovina e gordura suína foi realizada antes do processamento das amostras afim de caracterizar a matéria-prima utilizada. As determinações estão descritas no item 4.4.

4.2.2. *Elaboração de hambúrguer de carne bovina controle e com redução de gordura*

4.2.2.1. Matéria-prima cárnea dos hambúrgueres de carne bovina

Foram utilizadas carne de dianteiro bovino (acém e paleta) com a retirada da gordura aparente, e gordura suína (toucinho) na elaboração dos hambúrgueres de carne bovina controle e com redução de gordura, obtidas no Frigorífico Olhos D'água (Ipuã, Brasil) que opera sob supervisão do Serviço de Inspeção Federal (SIF).

4.2.2.2. Formulações dos hambúrgueres bovinos

As formulações de hambúrguer de carne bovina foram processadas no Laboratório de Tecnologia de Carnes e Derivados do Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos, situado na Universidade Estadual Paulista- Campus São José do Rio Preto (São Paulo, Brasil), seguindo as Boas Práticas de Fabricação (BPF). Os hambúrgueres foram processados e armazenados para avaliação, de acordo com as formulações apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Formulação dos hambúrgueres de carne bovina controle e com 50% de redução de gordura.

Ingredientes	C1(%)*	C2(%)*	T1(%)*	T2(%)*	T3(%)*	T4(%)*	T5(%)*	T6(%)*	T7(%)*	T8(%)*
Carne acém e paleta bovina	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Toucinho	20	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Água	8,1	18,1	15,1	12,1	15,1	12,1	15,1	12,1	15,1	12,1
Sal	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Eritorbato de sódio	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Glutamato monossódico	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Pimenta Branca	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Fruto oligossacarídeo	-	-	3	6	-	-	-	-	-	-
Inulina	-	-	-	-	3	6	-	-	-	-
Fibra de aveia	-	-	-	-	-	-	3	6	-	-
Fibra de trigo	-	-	-	-	-	-	-	-	3	6
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

*C1: 20 % Gordura sem adição de fibras; C2: 10 % Gordura sem adição de fibra; T1: 10% gordura e 3% de frutooligossacarídeo; T2:10% gordura e 6% de frutooligossacarídeo; T3:10 % de gordura e 3% de inulina; T4: 10% gordura e 6% de inulina; T5: 10% gordura e 3% de fibra de aveia; T6: 10% gordura e 6% de fibra de aveia; T7: 10% de gordura e 3% de fibra de trigo; T8: 10% gordura e 6% de fibra de trigo.

O sal utilizado foi obtido em supermercado local. Todos os aditivos foram obtidos através de doação por empresa do ramo frigorífico.

A inulina é uma fibra alimentar solúvel composta da mistura de polímeros de frutose extraídos de plantas com o grau de polimerização entre 2 e 60 (MENDOZA et al., 2001). A inulina foi fornecida pela empresa Clariant (Suzano, Brasil), a qual representa a empresa Orafiti®. O frutooligossacarídeo, Nutraflora® P95 (frutooligossacarídeo de cadeia curta-95%) foi fornecido pela empresa Ingredion® (Mogi Guaçu, Brasil). É um polissacarídeo de cadeia curta composto por 36,6% de 1-kestose (GF2- 1 molécula de glicose ligada em duas moléculas de frutose), 49,7% de nistose (GF3 – 1 molécula de glicose ligada em 3 moléculas de frutose) e 9,5% frutofuranosil nistose (GF4 – 1 molécula de glicose ligada em 4 moléculas de frutose) em que as unidades de frutose são ligadas na posição β (1-2) da sacarose. A fibra de trigo WC 200 foi fornecida pela empresa Nutrassim, (Extrema, Brasil) e a fibra de aveia foi fornecida pela empresa JRS Rettenmeyer® (São Paulo, Brasil).

As matérias primas cárneas foram moídas (carne bovina- disco 5 mm e gordura suína- disco 8mm) e misturadas aos demais ingredientes conforme formulação correspondente, apresentada na Tabela 1. Os hambúrgueres foram formatados com o auxílio de uma hamburgueira, embalados individualmente com o auxílio de sacos plástico transparente e congelados. Todos os tratamentos foram mantidos na câmara de congelamento a -18°C e o período de estocagem das amostras foi de 90 dias, com intervalos de avaliação de 0, 15, 30, 60 e 90 dias. Este processamento foi realizado duas vezes.

4.2.2.3. Métodos analíticos utilizados na avaliação das amostras de hambúrguer de carne bovina e frequência das determinações

Foram realizadas em cada formulação de hambúrguer de carne bovina: perda por cozimento: 0 e 30 dias, determinação de pH: 0, 30, 60 e 90 dias; análise de perfil de textura: 15 dias; determinação de cor: 30, 60 e 90 dias; composição centesimal: 15 dias; análise sensorial

(teste de aceitação e intenção de compra): 15 dias, avaliação microbiológica: 0 dia e estabilidade à oxidação lipídica: 0, 30, 60 e 90 dias. As metodologias utilizadas estão detalhadas no item 4.4.

4.2.2.4. Procedimento de cozimento

Paras as análises em que os tratamentos de hambúrguer de carne bovina foram utilizados cozidos, as amostras foram retiradas da embalagem plástica, posicionadas em assadeiras forradas com papel alumínio, com uma distância de 5 cm entre elas, e cobertas com papel alumínio. O processo de cozimento foi realizado em forno industrial a gás da marca PASSIANI (Itajobi, Brasil) a uma temperatura de 150 °C por 15 minutos, para que a temperatura interna atingisse 75 °C.

4.3. **Otimização da adição de duas fibras alimentares em paio.**

4.3.1. *Elaboração dos paios controles e com redução de gordura*

Duas fibras alimentares (fibra de aveia e inulina) foram utilizadas como substituo de gordura suína em paio, o qual foi adicionado de carne suína, carne bovina e carne mecanicamente separada de frango. Para a determinação dos ensaios foi utilizada a metodologia de superfície de resposta.

4.3.1.1. Matéria-prima cárnea dos paios controles e com redução de gordura

O recorte magro bovino, retalho suíno e gordura suína (Toucinho) foram doados pelo Frigorífico Olhos D'água (Ipuã, Brasil) e a carne mecanicamente separada de frango foi obtida

no Frigorífico Céu Azul (Guapiaçu, Brasil), sendo que ambos operam sob supervisão do Serviço de Inspeção Federal (SIF).

Foi realizada a caracterização da matéria-prima carne quanto ao teor de umidade, gordura, cinzas e proteína, seguindo as metodologias descritas no item 4.4.

A porcentagem utilizada de cada matéria prima na formulação foi determinada através de testes preliminares realizados no Laboratório de Tecnologia de Carne e Derivados do Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (IBILCE) da Universidade Estadual Paulista (UNESP).

4.3.1.2. Delineamento experimental

O delineamento experimental foi utilizado com a finalidade de analisar o efeito de cada variável sobre as características físico-químicas e tecnológicas do paio, em diferentes combinações. As variáveis independentes utilizadas no processo foram as fibras alimentares inulina e fibra aveia e a Tabela 2 apresenta seus níveis de variação.

Tabela 2. Níveis de variação das variáveis do planejamento experimental.

Variáveis	Níveis				
	$-\alpha$ (-1,41)	-1	0	1	$+\alpha$ (+1,41)
X_1 = fibra de aveia (%)	0	0,87	3	5,12	6
X_2 = inulina (%)	0	0,87	3	5,12	6

A Tabela 3 ilustra a matriz do delineamento fatorial completo dos tratamentos de paio com redução parcial de gordura suína avaliando duas variáveis independentes (inulina e fibra de aveia), codificadas e reais, totalizando 12 ensaios.

Para a definição dos ensaios foi utilizado planejamento experimental 2^2 , com duas variáveis independentes, 5 níveis e quatro repetições do ponto central. A quantidade adicionada de fibra alimentar em cada ensaio foi descontada da quantidade de água da formulação.

Tabela 3. Variáveis reais e codificadas do planejamento experimental.

Ensaio	Aleatorização	Variáveis codificadas		Variáveis reais	
		X ₁	X ₂	X ₁ (%)	X ₂ (%)
1	4	-1	-1	0,87	0,87
2	8	1	-1	5,12	0,87
3	5	-1	1	0,87	5,12
4	10	1	1	5,12	5,12
5	6	0	0	3	3
6	11	0	0	3	3
7	2	0	0	3	3
8	12	0	0	3	3
9	1	-1,41	0	0	3
10	7	1,41	0	6	3
11	3	0	-1,41	3	0
12	9	0	1,41	3	6

4.3.1.3. Formulações dos paio controle e com redução de gordura

As formulações de todos os tratamentos de paio estão apresentadas na Tabela 4, incluindo C1 (com adição de 20% de toucinho suíno) e C2 (sem adição de toucinho suíno) sem adição de fibras alimentares, que foram utilizados como ensaios controle.

Os ingredientes foram pesados e misturados conforme formulação correspondente. Em seguida, a massa foi embutida em tripa natural bovina com o auxílio de uma embutidora tipo canhão da marca CAF (Rio Claro, Brasil). Os paio foram amarrados em gomos de 15 cm e foram submetidos ao processo de cozimento com temperatura controlada e escalonada (60°C por 20 minutos/ 80°C até a temperatura interna atingir 72°C) em forno a gás da marca PASSIANI (Itajobi, Brasil). Os tratamentos foram resfriados em água corrente e embalados a vácuo em sacos plásticos transparente, com peso final de 500g e estocadas sob temperatura de refrigeração a 4°C durante todo o tempo de avaliação (60 dias).

Tabela 4. Formulação dos tratamentos dos paios controle e com redução de gordura.

Ingrediente	C1	C2	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Recorte Bovino	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Retalho Suíno Magro	10	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Toucinho	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CMS Frango	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Água Gelada	22,985	22,985	21,245	16,995	16,995	12,745	16,985	16,985	16,985	16,985	19,985	13,985	19,985	13,985
Proteína Texturizada Soja	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Condimento	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Sal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Glutamato monossódico	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Pirofosfato ácido de sódio	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Aroma natural de Fumaça	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Eritorbato de sódio	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Corante	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Nitrito de sódio	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Fibra de aveia	-	-	0,87	5,12	0,87	5,12	3	3	3	3	0	6	3	3
Inulina	-	-	0,87	0,87	5,12	5,12	3	3	3	3	3	3	0	6
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

4.3.1.4. Métodos analíticos utilizados na avaliação das amostras dos paios controle e com redução de gordura e frequência das determinações

Foram realizadas em todos os tratamentos: perda por cozimento: durante o processamento, determinação de pH: 0 e 30 dias; análise do perfil de textura: 15 dias; determinação de cor; composição centesimal: 15 dias; avaliação microbiológica: 0 e 30 dia; estabilidade à oxidação lipídica: 0 e 30 dias; análise sensorial (teste de aceitação e intenção de compra): 15 dias. As metodologias utilizadas estão detalhadas no item 4.4.

4.4. Metodologia das análises

4.4.1. Determinação de umidade

A determinação de umidade foi realizada de acordo com AOAC (2007), que consiste em secagem em estufa a 105 °C até peso constante. A análise foi realizada em triplicata.

4.4.2. Determinação de proteína

O teor de proteína foi determinado através da avaliação do nitrogênio total da amostra pelo método KJELDAHL. Método estes que consiste na determinação do conteúdo de nitrogênio das amostras e multiplicado por um fator de conversão para quantificação das proteínas (AOAC, 2007). O fator utilizado foi de 6,25. A análise foi realizada em triplicata.

4.4.3. Determinação de lipídios

A determinação de lipídeos foi realizada pelo método Bligh & Dyer (1959). A análise foi realizada em triplicata.

4.4.4. Determinação de Cinzas

A determinação do teor de cinzas foi realizada pelo método de secagem em mufla a 550 °C até peso constante (AOAC, 2007), sendo que a análise foi realizada em triplicata.

4.4.5. Determinação de carboidratos

A determinação do teor de carboidratos foi feita por diferença, de acordo com a Equação 2.

$$\text{Teor de Carboidrato}\% = 100 - [(U\%) + (C\%) + (P\%) + (G\%)] \quad (2)$$

Sendo que:

U%- Teor de umidade em %

C%- Teor de cinzas em %

P%-Teor de proteína em %

G%-Teor de gordura em %

4.4.6. Determinação de pH

O valor de pH foi medido através do pHmetro digital PG 1800, da marca GEHAKA, com sonda de penetração, em triplicata, na mesma peça de cada formulação.

4.4.7. Determinação da cor instrumental

A análise da cor instrumental foi determinada em espectrofotômetro, modelo ColorFlex45/0 (Hunterlab, Estados Unidos), com configurações iluminantes D65, ângulo do observador 10°, com o Software Universal versão 4.10. O sistema de especificação de cor foi o CIELAB e os parâmetros obtidos foram valor L*, a* e b*. Foram realizadas 6 leituras da mesma amostra de hambúrguer de carne bovina. As amostras de paio foram cortadas ao meio e foram realizadas 3 medições em cada metade.

4.4.8. Avaliação microbiológica

As análises microbiológicas foram feitas seguindo os padrões microbiológicos estabelecidos na legislação brasileira vigente (BRASIL, 2001b), em todos os tratamentos. As análises realizadas foram: coliformes a 45°C, *Estafilococos* coagulase positiva, *Clostridium* a 46°C e presença de *Salmonella sp* em 25g de amostra.

4.4.9. Avaliação da estabilidade à oxidação lipídica

As substâncias que reagem ao ácido tiobarbitúrico (valores de TBARS) foram determinadas de acordo com Vyncke (1970) para todos os tratamentos. O valor de TBARS foi calculado a partir da curva de malonaldeído (MA) e expresso em mg MA/ kg amostra e o experimento foi feito em triplicata. As concentrações foram determinadas a 532 nm e a curva padrão foi preparada usando 1,1,3,3 tetraetoxipropano (TEP).

Nas amostras de paio, por ser um produto com a adição de nitrito de sódio em sua formulação, utilizou-se o acréscimo de 0,5% do reagente sulfanilamida em HCl 20% v/v, para minimizar a interferência deste composto na reação com o ácido tiobarbitúrico (ZIPSER & WATTS, 1962).

4.4.10. *Perda no cozimento- Rendimento e encolhimento*

Na determinação das perdas causadas pelo cozimento foram realizados os testes de perda por cocção e porcentagem de encolhimento de acordo com Berry (1992) e modificações propostas por Seabra et al. (2002). A perda na cocção foi quantificada, em triplicata, por meio da diferença de peso das amostras antes e após o cozimento e resfriamento até temperatura ambiente, este valor foi subtraído de 100 para obter-se a porcentagem de perda causada pela cocção das amostras. Já a porcentagem de encolhimento está expressa pela diferença no diâmetro do hambúrguer de carne bovina cru e cozido.

4.4.11. *Determinação do teste de perfil de textura (TPA)*

A análise do perfil de textura (TPA) foi realizada na amostra cozida, com o auxílio do equipamento texturômetro TA-XT/Plus/50 (Godalming, Inglaterra) e programa Texture Expert (StableMicro Systems, Godalming, Inglaterra). As amostras foram moldadas com o auxílio de um cortador de aço inox circular de diâmetro 2 cm. O probe cilíndrico utilizado foi de 2,5 cm de diâmetro e foram realizadas 6 repetições em cada tratamento.

Os parâmetros avaliados foram obtidos a partir da curva de TPA obtida para cada tratamento, sendo dureza definida pelo pico de força durante o primeiro ciclo de compressão, coesividade calculada pela razão entre a área da segunda curva sob a área da primeira curva de compressão, elasticidade calculada pela razão entre o tempo do segundo ciclo de compressão sob o tempo do primeiro ciclo de compressão e mastigabilidade obtida da multiplicação dos valores de dureza, além da coesividade e elasticidade (COELHO et al., 2007).

De acordo com CIVILLE & SZCZESNIAK (1973), as definições dos parâmetros de textura são:

- Dureza: Força necessária para atingir uma determinada deformação;
- Coesividade: Resistência das ligações internas constituintes do produto;
- Elasticidade: Taxa na qual um material deformado volta a sua forma original após uma força de deformação;

- Mastigabilidade: Energia necessária para tornar-se um alimento sólido pronto para deglutição.

4.4.12. *Análise sensorial - teste de aceitação e intenção de compra*

Os testes de análise sensorial foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (IBILCE) da Universidade Estadual Paulistas “Júlio de Mesquita Filho”. Foram realizados teste de aceitação e intenção de compra para os dois produtos cárneos, com a participação de 74 potenciais consumidores de hambúrguer de carne bovina e 71 para o paio, não treinados, conforme recomendações de Meilgaard et al. (1999). Parecer aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa nº 948.501- do Instituto de Biociência, Letras e Ciências Exatas. As amostras foram apresentadas aos consumidores codificadas com números de três dígitos, em blocos casualizados, de forma monádica, em cabines individuais sob luz branca.

Os hambúrgueres de carne bovina foram cozidos conforme processamento descrito no item 4.2.2.4, cortados em formato triangular de aproximadamente 4 cm e mantidos em temperatura média de 60 °C em banho-maria a 90 °C.

Os paios foram cortados em fatias de 2 cm e depois cortados novamente em quatro pedaços, aquecidos em panela elétrica por 5 minutos e mantidos em temperatura média de 60 °C.

Os atributos sensoriais avaliados foram cor, sabor, textura e aceitação global, utilizando-se escala hedônica estruturada de 9 pontos. As fichas sensoriais utilizadas na análise de aceitação do hambúrguer bovino e do paio encontram-se no anexo I, seguidas do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (anexo II).

Primeiramente cada voluntário recebeu o TCLE, foi orientado a ler, preencher, manter uma via em sua posse e entregar a outra via ao pesquisador. Após esta etapa o consumidor recebeu a primeira amostra, juntamente com um copo de água e um biscoito do tipo água, e foi orientado a consumir o biscoito entre as amostras. As sessões foram divididas, sendo que em

cada sessão o consumidor recebeu apenas 5 ou 4 amostras, dependendo do produto cárneo analisado.

4.5. Análise estatística

Para verificar o efeito da adição das diferentes fibras alimentares nas formulações de hambúrguer de carne bovina sobre as propriedades estudadas, os dados foram avaliados por meio da análise de variância (ANOVA), e a diferença entre as médias dos resultados foram avaliados pelo teste de Tukey, a um nível de confiança de 5%. Os resultados foram comparados entre os produtos com redução de gordura e adição de fibras e o hambúrguer de carne bovina controle. O software utilizado foi o MiniTab 16. Foram realizados dois processamentos de experimento.

O planejamento experimental utilizado nos ensaios dos paíes com redução de gordura foi o delineamento fatorial completo 2^2 com duas variáveis independentes. Os dados obtidos do planejamento foram avaliados pela análise dos efeitos e considerados significativos a $p \leq 0,05$. Os efeitos significativos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as respostas com R^2 maior do que 60% foram considerados significativos, sendo possível gerar o gráfico de superfície. Os dados obtidos para tratamentos controles foram comparados com os obtidos nos tratamentos com adição de fibra alimentar, utilizando a análise de variância seguida do teste das médias (teste de Tukey a 5%). Os softwares utilizados foram o Minitab 16 e Statistica 7.0.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Avaliação das fibras alimentares

5.1.1. Avaliação das fibras alimentares quanto a capacidade de retenção de água (CRA), umidade e pH

As fibras alimentares utilizadas neste projeto foram caracterizadas quanto o teor de umidade, pH e capacidade de retenção de água, e os resultados obtidos nesta caracterização estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Avaliação das fibras alimentares quanto ao teor de umidade, capacidade de retenção de água (CRA) e pH.

Fibras Alimentares	Umidade (%) ¹	CRA (g _{água} /g _{amostra}) ¹	pH ¹
Inulina	3,05 ± 0,21 ^d	1,19 ± 0,16 ^c	5,12 ± 0,03
Frutooligossacarídeo	4,13 ± 0,08 ^c	0,69 ± 0,12 ^c	5,70 ± 0,01
Fibra de aveia	7,49 ± 0,32 ^a	4,17 ± 0,13 ^b	6,11 ± 0,05
Fibra de trigo	6,00 ± 0,53 ^b	6,92 ± 0,64 ^a	6,87 ± 0,06

¹Média ± desvio padrão.

^{a,b,c,d} De acordo com o teste de Tukey, as amostras na mesma coluna com letras iguais não apresentam diferença significativa entre si (p>0,05).

Com os resultados de umidade, observa-se que as fibras alimentares insolúveis (fibra de aveia e fibra de trigo) apresentaram maior teor de umidade quando comparadas com as fibras solúveis (inulina e frutooligossacarídeo). Os valores de umidade de todas as fibras alimentares foram considerados baixos, porém estão de acordo com as informações apresentadas nas especificações do fornecedor, como mostra o anexo III.

Em relação à capacidade de retenção de água, as fibras insolúveis apresentaram valores maiores quando comparados com as fibras solúveis. As fibras solúveis (inulina e frutooligosacarídeo) utilizadas são de cadeia curta e para formar gel precisam estar em uma concentração mínima de 30% de sólidos em solução aquosa (HAULY & MOSCATTO, 2002).

A fibra de trigo se destacou, dentre as amostras analisadas, apresentando maior capacidade de retenção de água sendo diferente significativamente das demais fibras alimentares analisadas. Em relação ao pH das fibras alimentares, todas estavam de acordo com as especificações dos fornecedores (Anexo III).

5.2. Aplicação de quatro fibras alimentares em hambúrguer de carne bovina

5.2.1. Composição centesimal da matéria-prima carne utilizada no hambúrguer de carne bovina

Os resultados da composição centesimal da matéria-prima carne utilizada na produção dos hambúrgueres de carne bovina são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Determinação de umidade, gordura, proteína e cinzas das matérias-primas carnes.

Matéria Prima	Umidade (%) ¹	Gordura (%) ¹	Proteína (%) ¹	Cinzas (%) ¹
Carne Bovina Moída	72,11 ± 0,81	4,36 ± 0,38	22,81 ± 0,89	0,49 ± 0,01
Toucinho Suíno Moído	18,85 ± 0,30	70,85 ± 0,09	9,8 ± 0,64	0,46 ± 0,09

¹ Média ± desvio padrão.

De acordo com a tabela brasileira de composição dos alimentos (TABELA, 2011), para carne bovina moída (acém e paleta), em média, o teor de umidade é 71,7, o teor de proteína (20,4%), o teor de gordura (6,7) e o teor de cinza é de 0,9%. Para o toucinho suíno moído os valores de composição centesimal são: umidade (27%); proteína (11,5%); gordura (60,3%) e

cinzas (0,3%). Com base nestes dados, observa-se que os valores obtidos na composição da matéria-prima estão semelhantes com valores citados.

5.2.2. Composição centesimal dos hambúrgueres crus de carne bovina

A Tabela 7 apresenta os resultados obtidos da composição centesimal realizada nos 10 tratamentos de hambúrguer de carne bovina, os quais não apresentaram diferença ($p > 0,05$) para teores de cinzas e proteínas. Isto pode ser justificado pelo uso da mesma quantidade de matéria-prima carne em todos os tratamentos. Os valores encontrados para tais parâmetros estão de acordo com o exigido pelo padrão de identidade e qualidade do hambúrguer (proteína: mínimo de 15%) (BRASIL, 2000b).

O teor de umidade apresentou diferença ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos, sendo que C1 teve o menor valor, enquanto o C2 apresentou o maior valor para umidade. A diferença observada na análise do teor de umidade é justificada pelas diferentes quantidades adicionadas de água em cada formulação, que foi ajustada conforme observado na Tabela 1.

Em relação ao teor de gordura, C1 foi diferente ($p \leq 0,05$) de todos os demais tratamentos e foi obtida uma redução superior a 50% entre C1 e os demais tratamentos. Todos os tratamentos, exceto C1, tiveram um teor de gordura entre 6,36 e 7,47%.

Pode-se observar que nos tratamentos com adição de 3% de fibras alimentares (solúveis e insolúveis) o teor de carboidratos ficou entre 6,41 e 7,88%, enquanto os tratamentos que tiveram adição de 6% destas fibras alimentares apresentaram valores maiores (entre 8,91 e 10,5%). Não foi feito a determinação de teor de fibras nos tratamentos pois, como relatado por BARRETTO (2007), não é possível a determinação de fibras alimentares em produtos cárneos pelo método de HORWITZ (2000) e PROSKY et al. (1992).

Tabela 7. Teores de umidade, cinzas, proteína, gordura e carboidrato dos tratamentos de hambúrguer de carne bovina.

Tratamento ¹	Umidade % ²	Cinzas % ²	Proteína % ²	Gordura % ²	Carboidrato%
C1	63,46 ± 0,04 ^d	2,13 ± 0,03 ^a	17,03 ± 0,14 ^a	13,21 ± 0,29 ^a	4,17
C2	69,24 ± 0,10 ^a	2,09 ± 0,04 ^a	17,38 ± 0,36 ^a	6,71 ± 0,38 ^b	4,58
T1	68,02 ± 0,54 ^{ab}	2,05 ± 0,04 ^a	16,80 ± 0,39 ^a	6,72 ± 0,23 ^b	6,41
T2	65,45 ± 0,36 ^{bcd}	2,16 ± 0,01 ^a	16,91 ± 0,20 ^a	6,36 ± 0,98 ^b	9,33
T3	65,86 ± 0,50 ^{bcd}	2,09 ± 0,18 ^a	16,94 ± 0,16 ^a	7,47 ± 0,79 ^b	7,76
T4	64,46 ± 0,47 ^d	2,02 ± 0,01 ^a	16,16 ± 0,11 ^a	7,31 ± 0,38 ^b	10,05
T5	65,78 ± 0,63 ^{bcd}	2,05 ± 0,04 ^a	16,98 ± 0,04 ^a	7,75 ± 0,49 ^b	7,88
T6	64,80 ± 0,72 ^d	2,01 ± 0,01 ^a	17,11 ± 0,25 ^a	6,54 ± 0,36 ^b	9,54
T7	67,69 ± 0,71 ^{abc}	2,05 ± 0,04 ^a	16,70 ± 0,37 ^a	7,38 ± 0,68 ^b	6,17
T8	65,17 ± 0,09 ^{cd}	2,15 ± 0,02 ^a	17,16 ± 0,30 ^a	6,61 ± 0,39 ^b	8,91

(¹)C1: 20 % Gordura sem adição de fibras; C2: 10 % Gordura sem adição de fibra; T1: 10% gordura e 3% de frutooligossacarídeo; T2:10% gordura e 6% de frutooligossacarídeo; T3:10 % de gordura e 3% de inulina; T4: 10% gordura e 6% de inulina; T5: 10% gordura e 3% de fibra de aveia; T6: 10% gordura e 6% de fibra de aveia; T7: 10% de gordura e 3% de fibra de trigo; T8: 10% gordura e 6% de fibra de trigo. (²) Média ± desvio padrão. ^{abcd} De acordo com o teste de Tukey, as amostras na mesma coluna com letras iguais não apresentam diferença significativa entre si (p>0,05).

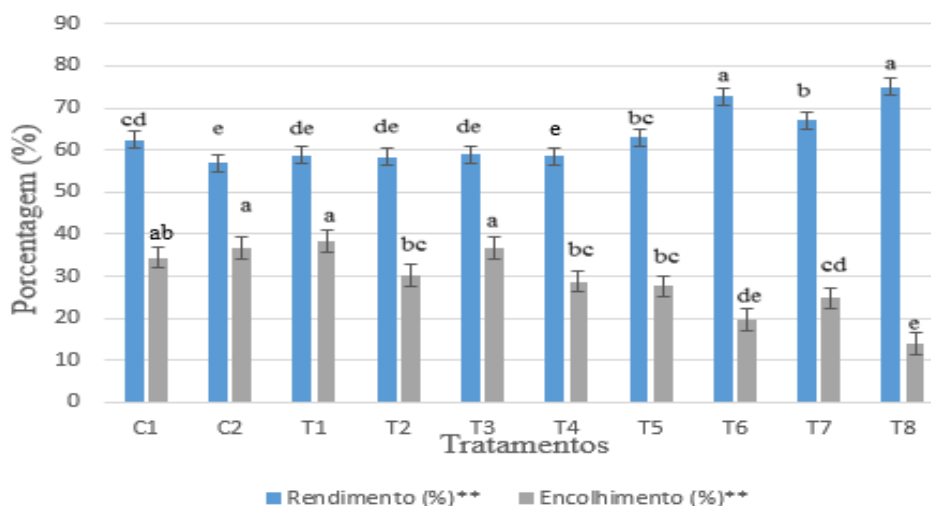
5.2.3. Perdas no cozimento dos hambúrgueres cozidos de carne bovina

Os resultados obtidos nas análises de perda no cozimento (rendimento e encolhimento) para todos os tratamentos do hambúrguer de carne bovina, são ilustrados pela Figura 3.

O tratamento C2 apresentou o menor rendimento em relação aos demais tratamentos em função da baixa quantidade de gordura (10%) e água adicionadas e por não apresentar adição de fibras alimentares. Além de C2, o tratamento T4 também apresentou baixo rendimento, não apresentando diferença (p>0,05) de C2.

Os tratamentos com adição de fibras solúveis (T1, T2, T3 e T4) não apresentaram diferença ($p>0,05$) para rendimento, quando comparada com C2, o que indica que a adição das fibras solúveis inulina e frutooligossacarídeo não afetou ($p>0,05$) o rendimento dos hambúrgueres de carne bovina.

Figura 3. Rendimento e encolhimento no cozimento dos hambúrgueres de carne bovina.



C1: 20 % Gordura sem adição de fibras; C2: 10 % Gordura sem adição de fibra; T1: 10% gordura e 3% de frutooligossacarídeo; T2:10% gordura e 6% de frutooligossacarídeo; T3:10 % de gordura e 3% de inulina; T4: 10% gordura e 6% de inulina; T5: 10% gordura e 3% de fibra de aveia; T6: 10% gordura e 6% de fibra de aveia; T7: 10% de gordura e 3% de fibra de trigo; T8: 10% gordura e 6% de fibra de trigo. ^{abcde}De acordo com o teste de Tukey, as amostras da mesma cor com letras iguais não apresentam diferença significativa entre si ($p>0,05$).

Seabra et al. (2002), em estudos com hambúrgueres de carne bovina, concluiu que quanto menor o teor de gordura maior é o encolhimento, variando de 18,3%, 16,0% e 15,1% para hambúrgueres com 1,3%, 5,2% e 21,3% de gordura, respectivamente.

Os tratamentos que apresentaram o maior rendimento foi T8 (com 6% de fibra de trigo) e T6 (6% de fibra de aveia) e diferiram ($p>0,05$) de todos os demais tratamentos. Os tratamentos T5 e T7, com adição de 3% de fibra insolúvel também apresentaram valores elevados de rendimento, não diferindo entre si. Tal resultado indica que a adição das fibras insolúveis (fibra

de trigo e fibra de aveia) afetou, de forma positiva, o rendimento das amostras de hambúrguer de carne bovina, atingindo valores de 74% de rendimento.

Mansour & Khalil (1999) observaram em hambúrguer de carne bovina, que a adição de diferentes tipos de fibras de trigo diminuiu a perda durante o cozimento. Os autores atribuíram este fato a alta capacidade de ligação da água com a fibra de trigo.

Alguns autores afirmam que as vantagens na utilização de fibra ou farelo de aveia incluem sua superior capacidade de reter umidade e evitar que o produto resseque durante o cozimento, além da capacidade de reter o aroma da carne (MEINHOLD, 1991; PSZCZOLA, 1991).

O efeito contrário se observa no parâmetro encolhimento, sendo que as amostras com fibras insolúveis (fibra de trigo e fibra de aveia) apresentaram um encolhimento menor ($p \leq 0,05$) do que o encolhimento apresentado nas amostras controle e nos tratamentos com adição de fibras solúveis (inulina e frutooligossacarídeo).

Na medida em que as fibras alimentares (inulina, fibra de aveia e fibra de trigo) são adicionadas em maior quantidade (de 3% para 6%) o encolhimento dos tratamentos é menor, exceto nos tratamentos T1 e T2 (com adição de frutooligossacarídeo).

Troy et al. (1999) constataram que a diferença na redução do diâmetro de hambúrgueres bovinos durante o cozimento se mostrou relativamente menor do que no tratamento com redução de gordura e adição de fibra de aveia.

5.2.4. Determinação de pH dos hambúrgueres crus de carne bovina

Os resultados obtidos na determinação do pH estão apresentados na Tabela 8. Observa-se que em 0 dia, apenas os tratamentos com adição de 6% de fibra insolúveis apresentaram diferença ($p \leq 0,05$) de C1 e C2, indicando uma diminuição do pH das fibras de aveia e de trigo na concentração utilizada.

Tabela 8. Medições de pH dos tratamentos crus em diferentes tempos de estocagem

Tratamento ¹	0 Dia ²	30 Dias ²	60 Dias ²	90 Dias ²
C1	6,07 ± 0,31 ^a	5,92 ± 0,12 ^a	6,09 ± 0,03 ^{de}	6,10 ± 0,21 ^a
C2	6,09 ± 0,12 ^a	6,01 ± 0,18 ^a	6,06 ± 0,02 ^e	6,14 ± 0,19 ^a
T1	5,88 ± 0,05 ^{ab}	6,00 ± 0,08 ^a	6,12 ± 0,05 ^d	6,14 ± 0,18 ^a
T2	5,74 ± 0,19 ^{ab}	6,03 ± 0,10 ^a	6,06 ± 0,03 ^e	6,08 ± 0,21 ^a
T3	5,75 ± 0,23 ^{ab}	6,06 ± 0,12 ^a	6,18 ± 0,02 ^c	6,08 ± 0,16 ^a
T4	5,85 ± 0,14 ^{ab}	6,07 ± 0,10 ^a	6,21 ± 0,01 ^{bc}	6,12 ± 0,19 ^a
T5	5,80 ± 0,13 ^{ab}	5,89 ± 0,27 ^a	6,25 ± 0,01 ^{ab}	6,19 ± 0,24 ^a
T6	5,70 ± 0,14 ^b	6,11 ± 0,10 ^a	6,24 ± 0,01 ^{ab}	6,17 ± 0,22 ^a
T7	5,77 ± 0,07 ^{ab}	6,09 ± 0,12 ^a	6,28 ± 0,01 ^a	6,11 ± 0,18 ^a
T8	5,67 ± 0,25 ^b	6,04 ± 0,16 ^a	6,27 ± 0,01 ^a	6,06 ± 0,17 ^a

¹ C1: 20 % Gordura sem adição de fibras; C2: 10 % Gordura sem adição de fibra; T1: 10% gordura e 3% de frutooligossacarídeo; T2: 10% gordura e 6% de frutooligossacarídeo; T3: 10 % de gordura e 3% de inulina; T4: 10% gordura e 6% de inulina; T5: 10% gordura e 3% de fibra de aveia; T6: 10% gordura e 6% de fibra de aveia; T7: 10% de gordura e 3% de fibra de trigo; T8: 10% gordura e 6% de fibra de trigo. ² Média ± desvio padrão. ^{abcde}De acordo com o teste de Tukey, as amostras na mesma coluna com letras iguais não apresentam diferença significativa entre si (p>0,05).

Após 30 dias de estocagem sob congelamento, todos os tratamentos apresentaram resultados estatisticamente iguais as formulações controle. Comportamento diferente foi observado após 60 dias, sendo que as formulações com inulina, fibra de trigo e fibra de aveia apresentaram diferença (p≤0,05) de C1, já que os valores de pH foram acima de 6,18, considerado um pH próximo a neutralidade.

Com 90 dias de vida de prateleira, as amostras de hambúrguer de carne bovina mantiveram o pH próximo a 6,10, valor encontrado na medição de C1, sendo assim, nenhum tratamento apresentou diferença (p>0,05) em relação ao controle.

5.2.5. Oxidação Lipídica dos hambúrgueres crus de carne bovina

Os resultados da oxidação lipídica avaliada nos tratamentos de hambúrguer de carne bovina em quatro tempos (0, 30, 60 e 90 dias) de estocagem sob congelamento estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Estabilidade à oxidação lipídica dos hambúrgueres de carne bovina crus durante estocagem sob congelamento (valores de TBARS em mg de malonaldeído/kg de amostra).

Tratamento ¹	0 Dia ²	30 Dias ²	60 Dias ²	90 Dias ²
C1	0,213 ± 0,06 ^a	0,573 ± 0,03 ^a	0,665 ± 0,08 ^a	0,854 ± 0,01 ^a
C2	0,146 ± 0,04 ^a	0,128 ± 0,01 ^b	0,173 ± 0,02 ^b	0,092 ± 0,02 ^c
T1	0,154 ± 0,02 ^a	0,158 ± 0,02 ^b	0,151 ± 0,03 ^b	0,206 ± 0,08 ^c
T2	0,184 ± 0,01 ^a	0,148 ± 0,03 ^b	0,167 ± 0,04 ^b	0,097 ± 0,02 ^c
T3	0,199 ± 0,01 ^a	0,122 ± 0,02 ^b	0,157 ± 0,02 ^b	0,139 ± 0,04 ^c
T4	0,230 ± 0,01 ^a	0,118 ± 0,01 ^b	0,110 ± 0,02 ^b	0,076 ± 0,01 ^c
T5	0,177 ± 0,09 ^a	0,122 ± 0,01 ^b	0,096 ± 0,02 ^b	0,427 ± 0,04 ^b
T6	0,090 ± 0,02 ^a	0,148 ± 0,01 ^b	0,179 ± 0,01 ^b	0,419 ± 0,08 ^b
T7	0,157 ± 0,06 ^a	0,149 ± 0,01 ^b	0,081 ± 0,03 ^b	0,413 ± 0,01 ^b
T8	0,116 ± 0,03 ^a	0,205 ± 0,02 ^b	0,145 ± 0,02 ^b	0,426 ± 0,05 ^b

¹ C1: 20 % Gordura sem adição de fibras; C2: 10 % Gordura sem adição de fibra; T1: 10% gordura e 3% de frutooligosacarídeo; T2: 10% gordura e 6% de frutooligosacarídeo; T3: 10 % de gordura e 3% de inulina; T4: 10% gordura e 6% de inulina; T5: 10% gordura e 3% de fibra de aveia; T6: 10% gordura e 6% de fibra de aveia; T7: 10% de gordura e 3% de fibra de trigo; T8: 10% gordura e 6% de fibra de trigo. ²Média ± desvio padrão. ^{ab}De acordo com o teste de Tukey, as amostras na mesma coluna com letras iguais não apresentam diferença significativa entre si (p>0,05).

Pode-se observar que no tempo zero (logo após a fabricação) as amostras não apresentaram diferença (p>0,05) entre si. Fato que não se repete após 30, 60 e 90 dias de estocagem sob congelamento, sendo que C1 (com adição de 20% de gordura e sem adição de

fibras) apresentou diferença ($p \leq 0,05$) quando comparado com os demais tratamentos, provavelmente devido a maior quantidade de gordura adicionada em C1.

Todos os valores de TBARS obtidos no experimento ficaram abaixo de 0,854 mg de malonaldeído/kg de amostra, que, de acordo com Arganosa et al. (1987) valores menores do que 1 mg de malonaldeído/kg de amostra não alteram as propriedades sensoriais do produto como sabor e odor residual de ranço que são característicos da oxidação lipídica, além de não ser um risco para a saúde do consumidor (TORRES & OKANI, 1997).

Os resultados apresentados na Tabela 9 indicam que a adição de fibras alimentares solúveis (inulina e frutooligossacarídeo) e insolúveis (fibra de aveia e fibra de trigo) na proporção de 3% e 6% não altera, de maneira significativa, a oxidação lipídica dos hambúrgueres de carne bovina produzidos com adição de apenas 10% de gordura (C2- com adição de 10% de gordura e sem adição de fibras), no prazo de 60 dias de estocagem.

Almeida (2011) observou na produção de hambúrguer caprino com adição de diferentes níveis de farinha de aveia, que mesmo após 5 meses de estocagem os tratamentos não apresentaram diferença nos valores de oxidação lipídica ($p > 0,05$) quando comparadas com o controle.

Após 90 dias de estocagem sob congelamento, os tratamentos com adição de fibras insolúveis se diferenciaram ($p \leq 0,05$) das fibras solúveis e de C2, sendo que todos os tratamentos se mantiveram diferentes ($p \leq 0,05$) do C1, indicando que as fibras insolúveis aceleraram a oxidação lipídica com 90 dias de estocagem sob temperatura de congelamento.

As fibras alimentares insolúveis catalisaram a oxidação lipídica após 90 dias estocagem sob congelamento possivelmente devido a sua maior capacidade de retenção de água (aproximando a gordura) quando comparada com os hambúrgueres de carne bovina com redução de gordura adicionados de fibras alimentares solúveis.

O tratamento controle C1 obteve maiores valores de oxidação lipídica em 30, 60 e 90 dias de estocagem possivelmente devido a maior quantidade de gordura adicionada a formulação.

De acordo com os resultados apresentados por Aleson-Carbonell et al. (2005), a adição de fibra de aveia (7%) e albedo de limão (7%) em salsichas, sozinhas ou em combinação, influenciou de maneira positiva a oxidação lipídica, indicando um efeito antioxidante destas fibras alimentares, em comparação com a amostras controle e com o tratamento adicionado apenas de farinha de trigo (7%).

5.2.6. Análise do Perfil de Textura (TPA) dos hambúrgueres cozidos de carne bovina

A Tabela 10 apresenta os resultados médios para dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade dos diferentes tratamentos de hambúrgueres de carne bovina.

Tabela 10. Perfil de textura para hambúrgueres de carne bovina cozidos.

Tratamento ¹	Dureza ² (N)	Coesividade ²	Elasticidade ²	Mastigabilidade ² (N/cm)
C1	38,65 ± 6,55 ^{abc}	0,89 ± 0,04 ^{abc}	0,72 ± 0,07 ^a	24,29 ± 3,40 ^{ab}
C2	41,94 ± 5,51 ^{ab}	0,97 ± 0,08 ^a	0,72 ± 0,08 ^a	28,82 ± 2,93 ^a
T1	31,92 ± 7,04 ^{bcd}	0,93 ± 0,07 ^{abc}	0,63 ± 0,07 ^a	13,22 ± 7,72 ^c
T2	33,79 ± 5,16 ^{bcd}	0,86 ± 0,06 ^{abc}	0,69 ± 0,10 ^a	17,22 ± 6,97 ^{bc}
T3	27,06 ± 4,16 ^d	0,94 ± 0,08 ^{ab}	0,56 ± 0,14 ^a	14,14 ± 4,26 ^c
T4	28,90 ± 6,41 ^{cd}	0,92 ± 0,04 ^{abc}	0,59 ± 0,05 ^a	14,20 ± 3,63 ^c
T5	32,25 ± 5,70 ^{bcd}	0,83 ± 0,05 ^{cd}	0,60 ± 0,81 ^a	15,71 ± 2,13 ^{bc}
T6	38,63 ± 6,71 ^{abc}	0,68 ± 0,03 ^e	0,63 ± 0,04 ^a	16,69 ± 3,32 ^{bc}
T7	41,61 ± 4,46 ^{ab}	0,85 ± 0,08 ^{bcd}	0,58 ± 0,17 ^a	20,34 ± 6,04 ^{abc}
T8	45,26 ± 6,58 ^a	0,75 ± 0,06 ^e	0,65 ± 0,04 ^a	21,84 ± 4,08 ^{abc}

¹ C1: 20 % Gordura sem adição de fibras; C2: 10 % Gordura sem adição de fibra; T1: 10% gordura e 3% de frutooligossacarídeo; T2: 10% gordura e 6% de frutooligossacarídeo; T3: 10 % de gordura e 3% de inulina; T4: 10% gordura e 6% de inulina; T5: 10% gordura e 3% de fibra de aveia; T6: 10% gordura e 6% de fibra de aveia; T7: 10% de gordura e 3% de fibra de trigo; T8: 10% gordura e 6% de fibra de trigo. ² Média ± desvio padrão. ^{abcd} De acordo com o teste de Tukey, as amostras na mesma coluna com letras iguais não apresentam diferença significativa entre si (p>0,05).

Para a elasticidade os tratamentos não apresentaram diferença ($p>0,05$), indicando que a adição de fibras solúveis (inulina e frutooligossacarídeo) e fibras insolúveis (fibra de aveia e fibra de trigo) em hambúrguer de carne bovina com redução de gordura não afetou este parâmetro. Resultado similar foi observado por Ulu (2004) ao trabalhar com almôndegas bovinas adicionadas de farinha de trigo, proteína concentrada do leite e proteína isolada de soja, no qual a adição dos substitutos de gordura afetou de maneira significativa apenas a dureza do produto final.

García et al. (2002) conduziram um experimento com salame com 10% de gordura (amostra controle) e adição de 1,5 e 3% de fibra de aveia e fibra de trigo e concluíram que as amostras com adição de 3% de fibras insolúveis eram mais duras, menos elásticas e menos adesivas que o controle. No entanto os autores reforçam que esta diferença não afetou os resultados da análise sensorial.

O tratamento com maior dureza ($p\leq 0,05$) foi T8, o qual teve adição de 6% de fibra de trigo, e também foi o tratamento com maior rendimento discutido no item 5.2.3. Em geral, quando se aumenta o teor de fibra alimentar insolúvel nos hambúrgueres de carne bovina com redução de gordura há uma tendência em aumentar a dureza dos tratamentos.

Os tratamentos controles não apresentaram diferença ($p>0,05$) entre si em relação a dureza. Observa-se também que, mesmo C2 tendo uma maior quantidade de água adicionada na formulação e esta não interferiu nos resultados de dureza, possivelmente pela perda da água durante o cozimento.

O menor valor de dureza encontrado foi para T3, que tem adição de 3% de inulina, indicando que a inulina auxilia na redução da dureza de hambúrguer de carne bovina com redução de 50% de gordura. O valor de dureza para T3 foi diferente ($p\leq 0,05$) do C1 e C2.

Contrariamente ao resultado obtido por Mendonza et al. (2001), no qual a adição de inulina como substituto de gordura em salame não afetou a dureza em relação a amostra controle, a adição de 3 e 6% de inulina em hambúrguer bovino resultou na diminuição da dureza em relação ao controle.

Aleson-Carbonell et al. (2005), ao adicionarem albedo de limão em diferentes concentrações em hambúrgueres bovinos com redução de gordura observaram uma diminuição

na dureza e aumento na gomosidade quando comparadas com o controle. Os autores acreditam que este efeito esteja relacionado com a diluição do albedo no sistema proteico da carne resultando em uma textura mais macia.

Houve redução ($p \leq 0,05$) dos valores de coesividade para os tratamentos T6 e T8 (com 6% de fibra alimentar insolúvel) quando comparados com C1. Não houve diferença ($p > 0,05$) entre C1 e C2, mas C2 foi diferente ($p \leq 0,05$) de todos os tratamentos com adição de fibra alimentar insolúvel. Resultados similares foram encontrados por Barretto et al. (2015) em mortadela com redução de gordura e adição de fibra de trigo.

Em relação a mastigabilidade não houve diferença ($p \leq 0,05$) para C1 e C2, ou seja, a redução do teor de gordura não afetou este parâmetro. As adições das fibras alimentares solúveis e insolúveis diminuíram a mastigabilidade e foi possível observar diferença ($p \leq 0,05$) de C1 e C2 para os tratamentos T1, T3 e T4. A adição de fibra de trigo (T7 e T8) não afetou significativamente os valores de mastigabilidade em relação a C1 e C2.

Huang et al. (2011) relataram que, dos parâmetros da textura, o fator mais significativo e que influencia a preferência do consumidor, em relação a produtos cárneos, é a dureza, que no estudo foi significativamente aumentada com adição de fibra de trigo em salsichas. No entanto, nos tratamentos com adição de inulina, os autores não observaram diferença significativa em relação ao controle.

Yilmaz (2004) observou que ao adicionar 20% de farelo de centeio em almôndegas de carne bovina a dureza do tratamento aumentou em relação à amostra controle sem adição do farelo de centeio. Similar resultado foi obtido por Yasarlar et al. (2007) que afirmaram que quanto maior a quantidade de farelo de aveia adicionada em almôndegas de carne bovina (5-20%), maior a dureza, sendo que o tratamento com 20% teve o maior valor de dureza.

5.2.7. Determinação da cor experimental dos hambúrgueres crus de carne bovina

A Figura 4 apresenta as dez formulações de hambúrgueres crus de carne bovina.

Figura 4. Amostras de hambúrguer de carne bovina, da formulação C1 até T8.



A Tabela 11 mostra os resultados obtidos para o valor L* (Luminosidade) dos hambúrgueres de carne bovina controle e com redução de gordura.

Tabela 11. Valor L* da determinação da cor instrumental dos hambúrgueres crus de carne bovina.

Tratamento ¹	30 Dias ²	60 Dia ²	90 Dias ²
C1	49,21 ± 2,10 ^a	53,14 ± 1,89 ^a	54,54 ± 1,60 ^a
C2	47,63 ± 1,68 ^{ab}	48,10 ± 4,46 ^b	46,49 ± 0,57 ^{cdef}
T1	45,05 ± 2,63 ^c	49,22 ± 1,17 ^{ab}	44,06 ± 2,81 ^e
T2	42,87 ± 1,99 ^c	49,53 ± 1,73 ^{ab}	45,37 ± 1,29 ^{de}
T3	45,31 ± 2,72 ^{bc}	50,13 ± 2,87 ^{ab}	51,80 ± 0,89 ^{ab}
T4	46,30 ± 3,46 ^c	48,40 ± 2,49 ^b	47,25 ± 1,28 ^{cde}
T5	46,63 ± 1,59 ^{abc}	47,45 ± 0,84 ^b	45,80 ± 1,78 ^{bcd}
T6	48,78 ± 3,28 ^{ab}	49,52 ± 1,04 ^{ab}	49,22 ± 2,32 ^{bc}
T7	46,93 ± 1,16 ^{ab}	48,08 ± 0,88 ^b	47,56 ± 0,51 ^{cd}
T8	47,58 ± 3,88 ^{ab}	50,58 ± 1,58 ^{ab}	49,29 ± 1,24 ^{bc}

¹ C1: 20 % Gordura sem adição de fibras; C2: 10 % Gordura sem adição de fibra; T1: 10% gordura e 3% de frutooligossacarídeo; T2:10% gordura e 6% de frutooligossacarídeo; T3:10 % de gordura e 3% de inulina; T4: 10% gordura e 6% de inulina; T5: 10% gordura e 3% de fibra de aveia; T6: 10% gordura e 6% de fibra de aveia; T7: 10% de gordura e 3% de fibra de trigo; T8: 10% gordura e 6% de fibra de trigo. ² Média ± desvio padrão. ^{abcde} De acordo com o teste de Tukey, as amostras na mesma coluna com letras iguais não apresentam diferença significativa entre si (p>0,05).

O valor L^* (luminosidade) para C1 (com 20% de adição de gordura suína e sem adição de fibras) foi maior que C2 (com adição de 10% de gordura suína e sem adição de fibras) em 30, 60 e 90 dias de estocagem sob congelamento, mostrando que a adição de gordura suína em hambúrguer de carne bovina estocado sob congelamento contribuiu para o aumento do valor L^* .

O maior valor L^* encontrado para 30, 60 e 90 dias de estocagem sob congelamento foi obtido em C1, evidenciando que a gordura suína na proporção de 20% é favorável ao aumento deste parâmetro, independentemente do tempo de estocagem sob congelamento. Em 30 dias de estocagem, o valor L^* do C1 não diferiu ($p>0,05$) de C2 e das fibras insolúveis utilizadas com adição de 3 e 6%, mas diferiu significativamente das fibras solúveis utilizadas em 3 e 6% de adição.

Resultado diferente foi encontrado por Lopez-Vargas et al. (2014), ao substituir a gordura animal em um hambúrguer de carne suína por albedo de maracujá, no qual observaram um aumento no valor L^* , quando comparado com o controle, para os tratamentos com a utilização do substituto; e também obtido por Gok et al. (2011) ao utilizar como substituto da gordura animal em hambúrguer de carne bovina, a semente de papoula.

Em 60 dias de estocagem dos hambúrgueres de carne bovina sob congelamento, o valor L^* do C1 não teve diferença ($p>0,05$) quando houve a adição de 3% e 6% de frutooligossacarídeo (T1 e T2), 3% de inulina (T3) e 6% de fibras insolúveis (T6 e T8).

Com 90 dias de estocagem, o valor L^* do C1 não teve diferença significativa quando houve a adição de 3% de inulina, e foi considerado maior e diferente ($p\leq 0,05$) de todos os outros tratamentos. A inulina ao nível de adição de 3% em hambúrguer de carne bovina sob congelamento influenciou positivamente o valor L^* durante 60 e 90 dias de estocagem, ou seja, o hambúrguer bovino adicionado de 20% de gordura suína (C1) teve resultados do valor L^* semelhantes ao hambúrguer bovino com redução parcial da gordura (10% de gordura suína) e adição de 3% de inulina (T3).

A Tabela 12 apresenta os resultados para o valor a^* da determinação da cor dos hambúrgueres de carne bovina controle, com redução no teor de gordura e com adição de fibras alimentares. Este parâmetro representa a intensidade da coloração vermelha, que em produtos

cárneos é um dos principais parâmetros de qualidade observado pelos consumidores (MANCINI & HUNT, 2005).

Quanto ao valor a^* , houve variação entre 8,44 e 16,26 durante estocagem sob congelamento em hambúrgueres com e sem adição de fibras, com gordura e com redução parcial na gordura suína adicionada. Em 30 dias de estocagem sob congelamento, os maiores valores encontrados para o valor a^* foram obtidos quando utilizou 3% de frutooligossacarídeo, 6% de inulina e 3% de fibra de aveia em hambúrgueres com adição parcial de gordura.

Tabela 12. Valor a^* da determinação da cor instrumental dos hambúrgueres crus de carne bovina.

Tratamento ¹	30 Dias ²	60 Dias ²	90 Dias ²
C1	12,50 ± 1,64 ^{ab}	11,97 ± 1,78 ^b	9,43 ± 0,39 ^d
C2	12,17 ± 1,41 ^b	12,59 ± 2,73 ^b	12,16 ± 0,65 ^b
T1	14,47 ± 1,27 ^a	12,21 ± 0,24 ^b	12,88 ± 1,19 ^{ab}
T2	14,34 ± 1,64 ^{ab}	12,45 ± 0,40 ^b	12,68 ± 0,44 ^{ab}
T3	13,33 ± 1,45 ^{ab}	11,81 ± 0,74 ^b	8,44 ± 0,81 ^d
T4	14,45 ± 1,29 ^a	12,46 ± 1,71 ^b	9,94 ± 0,98 ^{cd}
T5	14,55 ± 0,78 ^a	16,26 ± 0,64 ^a	14,33 ± 0,83 ^a
T6	13,78 ± 2,07 ^{ab}	11,60 ± 0,39 ^b	14,29 ± 1,43 ^{bc}
T7	14,25 ± 0,76 ^{ab}	13,06 ± 0,43 ^b	9,77 ± 0,85 ^{cd}
T8	13,73 ± 1,99 ^{ab}	13,21 ± 0,56 ^b	11,38 ± 0,48 ^{bc}

¹ C1: 20 % Gordura sem adição de fibras; C2: 10 % Gordura sem adição de fibra; T1: 10% gordura e 3% de frutooligossacarídeo; T2:10% gordura e 6% de frutooligossacarídeo; T3:10 % de gordura e 3% de inulina; T4: 10% gordura e 6% de inulina; T5: 10% gordura e 3% de fibra de aveia; T6: 10% gordura e 6% de fibra de aveia; T7: 10% de gordura e 3% de fibra de trigo; T8: 10% gordura e 6% de fibra de trigo. ²Média ± desvio padrão. ^{abcdef} De acordo com o teste de Tukey, as amostras na mesma coluna com letras iguais não apresentam diferença significativa entre si (p>0,05).

Com 60 e 90 dias de estocagem sob congelamento, o maior valor a^* foi obtido quando houve a adição de 3% de fibra de aveia em hambúrguer com adição parcial de gordura (10% gordura suína). Não houve diferença significativa quando frutooligossacarídeo foi adicionado (3 e 6% de adição) em 90 dias de estocagem, em relação a adição de 3% de fibra de aveia em hambúrgueres com adição parcial de gordura.

Seabra et al. (2002) observaram que as amostras de hambúrguer bovino adicionado de gordura suína apresentaram o menor valor a^* , enquanto as amostras com 2% de fécula de mandioca e farinha de aveia obtiveram resultados maiores na intensidade da cor vermelha (a^*).

Com 30 e 60 dias de estocagem sob congelamento, não houve diferença ($p > 0,05$) entre o valor a^* para C1 e C2, mostrando que a gordura na quantidade utilizada não influenciou este valor, somente com 90 dias de estocagem onde houve diferença ($p \leq 0,05$) entre C1 e C2. A gordura, presente em maior quantidade no C1, com 90 dias de estocagem sob congelamento, ocasionou uma diminuição do valor a^* , ou seja, reduzindo a intensidade da coloração vermelha. Fato que pode ser justificado devido a uma possível oxidação do pigmento, desencadeada pela oxidação lipídica do produto, quantificada no item 5.2.6. De acordo com a Tabela 9 o valor da oxidação lipídica de C1, após 90 dias de estocagem sob congelamento, foi de 0,854 mg de malonaldeído/kg de amostra, valor superior aos apresentados para os demais tratamentos, no mesmo período.

De acordo com Olivo (2006), diversos autores sustentam a ideia de que existe relação entre a oxidação lipídica e a oxidação do pigmento em produtos cárneos, por duas razões: quando o elevado grau de oxidação libera radicais livres que oxidam o átomo de ferro ou desnaturam a mioglobina; ou a oxidação do pigmento pode servir como catalisador para a oxidação da gordura presente no produto.

Pode-se observar, também, que os tratamentos T3 e T4 com adição de 3 e 6% de inulina, respectivamente, após 90 dias de estocagem, apresentaram valores semelhantes a C1, apesar do valor de oxidação lipídica, apresentado pela Tabela 9, ser significativamente inferior.

Pode-se perceber que houve uma diminuição no valor a^* nos hambúrgueres de carne bovina contendo fibras e com redução parcial da gordura, durante estocagem sob congelamento.

Com 60 dias de estocagem sob congelamento, somente o T5 (com adição de 3% de fibra de aveia) teve diferença significativa entre os tratamentos. Com 90 dias de estocagem sob

congelamento, as menores médias encontradas foram obtidas com C1, T3, T4 e T7. A adição de inulina (T3 e T4) em hambúrguer de carne bovina estocados sob congelamento mostrou comportamento semelhante ao C1, ou seja, durante a estocagem houve diminuição do valor a^* . O tratamento com adição de 3% de fibra de trigo (T5) também teve comportamento semelhante ao C1.

O valor b^* , que quantifica a intensidade da coloração amarela nos tratamentos, está apresentado na Tabela 13.

Tabela 13. Valor b^* para determinação da cor instrumental dos hambúrgueres crus de carne bovina.

Tratamento ¹	30 Dias ²	60 Dias ²	90 Dias ²
C1	15,98 ± 0,39 ^{bc}	16,12 ± 0,96 ^{cd}	15,69 ± 0,65 ^{abcd}
C2	15,59 ± 1,05 ^c	15,01 ± 0,83 ^c	15,29 ± 0,67 ^{bcd}
T1	16,68 ± 1,27 ^{abc}	15,31 ± 0,25 ^d	14,70 ± 0,72 ^d
T2	15,91 ± 0,69 ^{bc}	15,29 ± 0,59 ^d	15,05 ± 0,87 ^{cd}
T3	15,38 ± 0,87 ^c	14,95 ± 0,53 ^d	13,05 ± 0,53 ^e
T4	17,13 ± 0,99 ^{ab}	15,51 ± 0,94 ^d	14,62 ± 0,53 ^d
T5	17,39 ± 1,08 ^a	17,82 ± 0,32 ^{ab}	16,82 ± 0,27 ^a
T6	17,67 ± 1,06 ^a	16,78 ± 0,16 ^{bc}	16,55 ± 0,59 ^{ab}
T7	17,21 ± 0,58 ^{ab}	15,49 ± 0,44 ^d	14,81 ± 0,63 ^d
T8	17,98 ± 1,00 ^a	18,42 ± 0,23 ^a	16,26 ± 0,41 ^{abc}

¹ C1: 20 % Gordura sem adição de fibras; C2: 10 % Gordura sem adição de fibra; T1: 10% gordura e 3% de frutooligossacarídeo; T2: 10% gordura e 6% de frutooligossacarídeo; T3: 10 % de gordura e 3% de inulina; T4: 10% gordura e 6% de inulina; T5: 10% gordura e 3% de fibra de aveia; T6: 10% gordura e 6% de fibra de aveia; T7: 10% de gordura e 3% de fibra de trigo; T8: 10% gordura e 6% de fibra de trigo. ² Média ± desvio padrão. ^{abcd}De acordo com o teste de Tukey, as amostras na mesma coluna com letras iguais não apresentam diferença significativa entre si ($p > 0,05$).

Em relação ao valor b^* , este variou entre 13,05 e 17,82 em hambúrguer de carne bovina em todos os tratamentos durante estocagem sob congelamento. Não houve diferença ($p > 0,05$) para C1 e C2 durante estocagem sob congelamento, indicando que a gordura na quantidade utilizada não influenciou esse parâmetro.

Em 30 dias de estocagem o maior valor b^* foi obtido nos hambúrgueres com adição de 6% de fibra de aveia e 3% de fibra de trigo (T6 e T7 respectivamente), com adição parcial de gordura. De um modo geral, as fibras insolúveis parecem ter uma tendência de ter valores mais altos para b^* , em relação às fibras solúveis.

Em 30, 60 e 90 dias de estocagem, o menor resultado encontrado para o valor b^* foi obtido em hambúrguer com adição de 3% de inulina (T3). A inulina ao nível de 3% parece influenciar na diminuição da intensidade de amarelo (valor b^*) de hambúrguer bovino durante estocagem sob congelamento. Quando foi utilizado 6% de inulina houve aumento do valor b^* .

Observa-se que a redução no teor de gordura suína adicionada nos hambúrgueres de carne bovina, sem a adição de fibras (C2), fez com que os valores L^* , a^* e b^* se mantivessem iguais ($p > 0,05$) durante todo o processo de estocagem sob congelamento, indicando que a gordura afeta de maneira direta os parâmetros de coloração de um produto cárneo reestruturado.

López-Vargas et al. (2014) observaram que a adição de albedo de maracujá em hambúrgueres de carne suína, nas concentrações de 2,5 e 5%, gerou um aumento no valor b^* em relação ao controle (sem adição de albedo de maracujá), fato similar ao observado na Tabela 14, a qual apresenta um aumento no valor b^* dos tratamentos com adição de fibras insolúveis (T5 a T8) em relação a C1, em todos os períodos analisados.

5.2.8. Análise microbiológica dos hambúrgueres crus de carne bovina

Os resultados obtidos nas análises microbiológicas dos hambúrgueres crus de carne bovina se mostraram dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente e são apresentados na Tabela 14.

Tabela 14. Resultados microbiológicos dos hambúrgueres de carne bovina com 5 dias de estocagem sob congelamento.

Análise	Limite ¹	Resultados
<i>Clostridium</i> sulfito-redutores 46°C	5 x 10 ² UFC/g	< 10 UFC/g
<i>Estafilococos</i> Coagulase-positiva	5 x 10 ³ UFC/g	< 100 UFC/g
<i>Coliformes</i> a 45°C	10 ³ NMP/g	< 100 NMP/g
<i>Salmonella</i> sp	Ausente em 25g	Ausente em 25g

¹Fonte (BRASIL, 2001b).

5.2.9. Análise sensorial dos hambúrgueres cozidos de carne bovina

A Tabela 15 apresenta as médias dos valores atribuídos pelos consumidores aos tratamentos de hambúrguer bovino em relação aos atributos cor, sabor, textura e aceitação global. Em geral todas as formulações foram bem aceitas pelos consumidores.

Em relação ao atributo cor, as médias ficaram entre 5,53 (não gostei nem desgostei/gostei levemente) e 7,32 (gostei moderadamente/ gostei muitíssimo). Os consumidores atribuíram as menores ($p \leq 0,05$) médias para T6 e T8 (com adição de 6% de fibra de aveia e 6% de fibra de trigo, respectivamente). Apenas os tratamentos com 6% de fibra insolúvel apresentaram diferença ($p \leq 0,05$) de C1 e C2. O tratamento com maior média para a cor foi T4 (7,32) com adição de 6% de inulina, indicando que esta fibra solúvel pode afetar de maneira positiva a coloração de hambúrguer de carne bovina, com reduzido conteúdo de gordura.

Tabela 15. Resultado da análise sensorial de aceitação: cor, sabor, textura e aceitação global para os hambúrgueres de carne bovina.

Tratamento ¹	Cor ²	Sabor ²	Textura ²	Aceitação global ²
C1	6,62 ± 1,86 ^{ab}	6,23 ± 2,08 ^{ab}	6,54 ± 2,01 ^{ab}	6,25 ± 2,03 ^{abc}
C2	7,15 ± 1,33 ^{ab}	6,84 ± 1,41 ^a	7,06 ± 1,61 ^a	6,98 ± 1,34 ^a
T1	6,89 ± 1,77 ^{ab}	6,70 ± 1,82 ^a	6,91 ± 1,70 ^a	6,76 ± 1,67 ^{ab}
T2	6,53 ± 1,81 ^{ab}	6,67 ± 1,79 ^a	6,79 ± 1,80 ^{ab}	6,73 ± 1,54 ^{ab}
T3	6,98 ± 1,70 ^{ab}	6,77 ± 1,55 ^a	6,82 ± 1,67 ^{ab}	6,68 ± 1,61 ^{ab}
T4	7,32 ± 1,49 ^a	7,00 ± 1,59 ^a	7,22 ± 1,51 ^a	7,00 ± 1,41 ^a
T5	6,77 ± 1,63 ^{ab}	6,15 ± 1,88 ^{ab}	5,89 ± 2,04 ^{bc}	6,03 ± 1,94 ^{bcd}
T6	5,56 ± 1,91 ^c	5,42 ± 1,95 ^b	4,82 ± 2,04 ^d	5,22 ± 1,83 ^d
T7	6,28 ± 1,85 ^{bc}	6,29 ± 1,77 ^{ab}	5,96 ± 1,98 ^{bc}	6,14 ± 1,76 ^{abc}
T8	5,53 ± 2,09 ^c	6,16 ± 1,89 ^{ab}	5,22 ± 2,15 ^{cd}	5,56 ± 1,93 ^{cd}

¹ C1: 20 % Gordura sem adição de fibras; C2: 10 % Gordura sem adição de fibra; T1: 10% gordura e 3% de frutooligossacarídeo; T2: 10% gordura e 6% de frutooligossacarídeo; T3: 10 % de gordura e 3% de inulina; T4: 10% gordura e 6% de inulina; T5: 10% gordura e 3% de fibra de aveia; T6: 10% gordura e 6% de fibra de aveia; T7: 10% de gordura e 3% de fibra de trigo; T8: 10% gordura e 6% de fibra de trigo. ² Média ± desvio padrão. ^{abcd}De acordo com o teste de Tukey, as amostras na mesma coluna com letras iguais não apresentam diferença significativa entre si (p>0,05).

A adição de 5% de semente de papoula em hambúrguer bovino apresentou média superior ao controle em relação a cor, no entanto, com o aumento da adição (10 ou 20%) as médias foram estatisticamente iguais ao controle (GÖK et al., 2011).

Em relação aos valores hedônicos atribuídos para sabor dos tratamentos, as médias variaram entre 5,42 (não gostei nem desgostei/gostei levemente) e 7,00 (gostei moderadamente) e nenhuma se diferenciou (p>0,05) de C1 (com adição de 20% de gordura e sem adição de fibra), indicando que a adição das fibras alimentares utilizadas não afetou este atributo sensorial.

Resultado similar foi observado por Mansour & Khalil (1999) ao adicionar diferentes tipos de fibras de trigo em hambúrgueres bovinos não obtiveram diferença significativa dos tratamentos em relação ao controle para o atributo sabor.

Aleson-Carbonell et al. (2005) também observaram que para o atributo sensorial sabor as formulações com adição de albedo de limão em hambúrguer bovino não foram diferentes significativamente do controle (sem adição de albedo de limão).

A menor média para sabor (5,42) obtida foi para T6 (6% fibra de aveia), entre os termos não gostei/nem desgostei e gostei ligeiramente, indicando que adição de fibra de aveia na proporção de 6% em hambúrguer de carne bovina afetou o sabor do produto, mas não apresentou diferença ($p \leq 0,05$) de C1.

Apenas os tratamentos T6 e T8, nas quais foram adicionados 6% de fibra insolúvel apresentaram diferença significativa em relação a textura quando comparadas com C1 e C2. De acordo com o que foi relatado anteriormente no item 5.2.6, adição de 6% de fibra insolúvel aumentou ($p \leq 0,05$) a dureza do produto, efeito que pode ser confirmado na análise sensorial, sendo que os tratamentos T6 e T8 apresentaram médias inferiores (4,82 e 5,22, respectivamente) ao C1 (6,54), no atributo textura.

Berry (1992) verificou que ao reduzir o teor de gordura de hambúrguer bovino, os atributos sensoriais relacionados a textura (maciez e suculência) apresentavam médias inferiores em relação ao tratamento controle.

Em estudo realizado por Besbes et al. (2007), não foi observado efeito negativo na adição de 1,5% de fibra de trigo em relação as médias para textura e sabor em hambúrgueres bovinos. Os autores afirmaram, ainda, que a adição de 0,5% desta fibra alimentar aumentou a aceitação global das amostras de hambúrguer.

Para a aceitação global, o tratamento T6 (com 6% de fibra de aveia) apresentou a menor média e foi diferente ($p \leq 0,05$) de C1. O tratamento T8 (com adição de 6% de fibra de trigo) não se diferenciou ($p > 0,05$) de T6 e nem de C1, no entanto apresentaram valores inferiores as médias dos demais tratamentos.

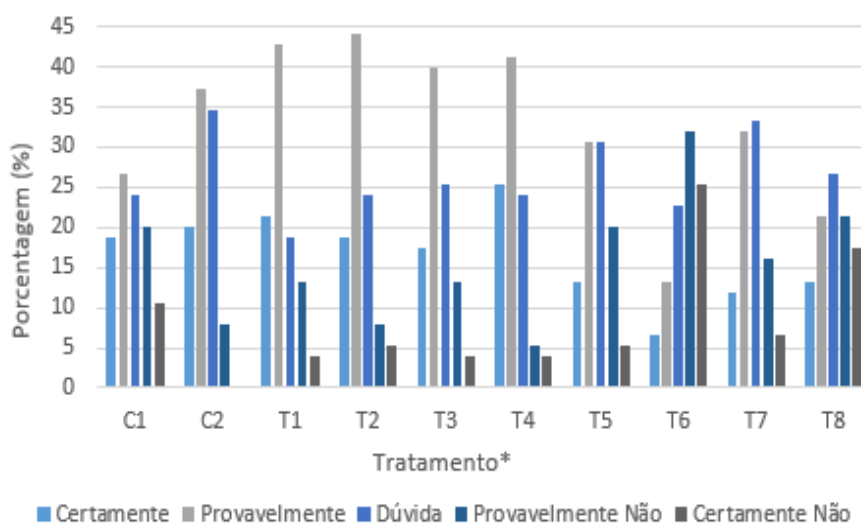
Mansur & Khalil (1999) observaram que ao adicionar diferentes tipos de fibra de trigo nas quantidades de 50, 100 e 150 g/kg, em hambúrguer, não houve diferença estatística do tratamento controle (sem adição das fibras), para o atributo aceitação global.

O tratamento T4 (com adição de 6% de inulina) foi a que apresentou a maior média em todos os atributos sensoriais estudados, mas não apresentou diferença ($p>0,05$) de C1 e C2. Os tratamentos T6 e T8 apresentaram os menores valores. A fibra de trigo, na quantidade de 6%, afetou negativamente o sabor, a textura e aceitação global dos hambúrgueres de carne bovina, enquanto a inulina, na mesma proporção, afetou positivamente todos os atributos sensoriais.

Barretto et al. (2015) relatam que a adição de fibra de aveia em mortadela com redução no teor de gordura tende a diminuir as notas atribuídas para impressão global.

A Figura 5 apresenta o gráfico para a intenção de compra, obtido no teste sensorial, para os hambúrgueres de carne bovina controle, com redução de gordura e adição de fibra.

Figura 5. Intenção de compra para os hambúrgueres de carne bovina controle e com redução de gordura.



*C1: 20 % Gordura sem adição de fibras; C2: 10 % Gordura sem adição de fibra; T1: 10% gordura e 3% de frutooligossacarídeo; T2:10% gordura e 6% de frutooligossacarídeo; T3:10 % de gordura e 3% de inulina; T4: 10% gordura e 6% de inulina; T5: 10% gordura e 3% de fibra de aveia; T6: 10% gordura e 6% de fibra de aveia; T7: 10% de gordura e 3% de fibra de trigo; T8: 10% gordura e 6% de fibra de trigo.

Pelo gráfico, pode-se observar que os tratamentos com adição de fibra solúvel (T1 até T4) e o C2 apresentaram a maior porcentagem de intenção de compra, ou seja, os consumidores certamente e provavelmente comprariam o produto. Enquanto os tratamentos com adição de fibra insolúvel (T5 até T8) e C1 apresentaram uma porcentagem de respostas na faixa de rejeição, provavelmente não e certamente não comprariam o produto. Vale destacar que C2 não recebeu nenhuma resposta de certamente não compraria, o que indica um nível elevado intenção de compra.

5.3. Otimização da adição de duas fibras alimentares em paio

5.3.1. Composição centesimal das matérias-primas cárneas utilizadas no paio

Os resultados da caracterização centesimal das matérias-primas cárneas utilizadas no processamento do paio estão apresentados na Tabela 16.

Tabela 16. Determinação de umidade, gordura, proteína e cinzas das matérias-primas cárneas.

Matéria-Prima	Umidade (%) ¹	Gordura (%) ¹	Proteína (%) ¹	Cinzas (%) ¹
Recorte Bovino	72,95 ± 1,05	5,35 ± 0,14	21,38 ± 0,35	0,47 ± 0,03
Retalho suíno Magro	71,06 ± 0,34	9,53 ± 0,41	18,58 ± 0,21	0,45 ± 0,04
Toucinho suíno	13,21 ± 0,26	82,38 ± 0,41	4,34 ± 0,52	0,36 ± 0,01
CMS Frango	70,51 ± 0,29	14,69 ± 0,44	12,12 ± 0,47	1,66 ± 0,06

¹Média ± Desvio Padrão.

As matérias-primas cárneas estão de acordo com os valores referenciais apresentados na tabela brasileira de composição de alimentos (TABELA,2011). Com estes resultados foi possível determinar a porcentagem utilizada de cada matéria-prima na formulação dos

tratamentos, visando obter uma redução de 50% no teor de gordura em relação ao C1 e os demais tratamentos.

Em relação ao CMS de frango, os valores encontrados para composição centesimal estão dentro dos padrões estabelecidos pelo Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Carne mecanicamente separada (CMS) de frango, o qual especifica que o valor máximo de gordura deve ser 30% e mínimo de proteína de 12% (BRASIL, 2000a).

5.3.2. *Composição centesimal dos Paios*

A composição centesimal dos paios controles e com redução de gordura é apresentada na Tabela 17.

Observa-se que houve uma redução ($p \leq 0,05$) de 50% no teor de gordura, quando se compara C1 com os demais tratamentos. Já em relação a quantidade de matéria inorgânica (cinzas) e proteína não se observa diferença ($p > 0,05$) entre os tratamentos, em consequência da utilização da mesma matéria-prima nas formulações de paio. As diferenças ($p \leq 0,05$) na quantificação do teor de umidade deste produto cárneo podem ser justificadas, assim como no hambúrguer de carne bovina (item 5.2.5), pela variação na quantidade de água adicionada no processamento de cada formulação, sendo que o cálculo da porcentagem de água adicionada foi feito para completar 100% da formulação.

De acordo com o Regulamento Técnico de identidade e qualidade para linguiça cozida (BRASIL, 2000a), onde o paio está inserido, o teor de umidade máximo permitido é de 60%, o teor de gordura máximo é de 35% e o teor mínimo de proteína é de 14%. Através da Tabela 17 os resultados para os teores de gordura e proteína estão de acordo com a legislação. Para os resultados de umidade, apenas T4 e T12 estão de acordo com a legislação. E são os tratamentos onde há maior concentração de fibra adicionada. O restante dos tratamentos apresentou teor de umidade superior ao descrito na legislação. Possivelmente este fato se deve ao teor reduzido de gordura dos tratamentos. Esta quantidade de água adicional presente nos tratamentos poderá refletir na diminuição da vida útil do produto final.

Tabela 17. Composição centesimal dos paios controles e com redução de gordura.

Tratamento ¹	Umidade ²	Cinzas ²	Gordura ²	Proteína ²	Carboidrato
C1	62,50 ± 0,54 ^f	3,00 ± 0,11 ^a	15,30 ± 0,42 ^a	18,20 ± 0,59 ^a	1,00
C2	69,86 ± 0,54 ^a	3,00 ± 0,13 ^a	7,31 ± 0,28 ^b	18,14 ± 0,23 ^a	1,69
T1	68,42 ± 0,25 ^{ab}	3,06 ± 0,03 ^a	7,32 ± 0,62 ^b	18,39 ± 0,46 ^a	2,81
T2	65,11 ± 0,09 ^{de}	2,96 ± 0,11 ^a	7,17 ± 0,26 ^b	17,76 ± 1,17 ^a	7,00
T3	65,05 ± 0,16 ^{de}	3,00 ± 0,11 ^a	7,15 ± 0,46 ^b	17,73 ± 0,67 ^a	7,07
T4	60,41 ± 0,22 ^g	2,81 ± 0,03 ^a	7,30 ± 0,32 ^b	19,18 ± 0,57 ^a	10,30
T5	65,95 ± 0,68 ^d	2,92 ± 0,51 ^a	7,29 ± 0,15 ^b	17,58 ± 0,71 ^a	6,26
T6	65,54 ± 0,26 ^d	3,29 ± 0,53 ^a	7,28 ± 0,29 ^b	17,49 ± 1,18 ^a	6,40
T7	65,38 ± 0,98 ^d	3,09 ± 0,08 ^a	7,21 ± 0,12 ^b	17,37 ± 0,58 ^a	6,95
T8	65,85 ± 0,23 ^d	2,98 ± 0,07 ^a	7,36 ± 0,57 ^b	17,22 ± 0,21 ^a	6,59
T9	66,11 ± 0,11 ^{cd}	2,94 ± 0,05 ^a	7,44 ± 0,16 ^b	18,81 ± 0,72 ^a	4,70
T10	63,51 ± 1,37 ^{ef}	3,07 ± 0,06 ^a	7,11 ± 0,23 ^b	18,19 ± 1,53 ^a	8,12
T11	67,66 ± 0,32 ^{dc}	2,99 ± 0,14 ^a	7,57 ± 0,28 ^b	18,39 ± 0,49 ^a	3,39
T12	60,63 ± 0,31 ^g	3,02 ± 0,03 ^a	7,35 ± 0,77 ^b	18,43 ± 0,78 ^a	10,57

¹C1: Controle com adição de 20 % Gordura sem adição de fibras; C2: Controle sem adição de gordura sem adição de fibra; T1: sem adição de gordura, 0,87% de fibra de aveia e 0,87 de inulina; T2: sem adição de gordura, 5,12% de fibra de aveia e 0,87% de inulina; T3: sem adição de gordura, 0,87% de fibra de aveia e 5,12% de inulina; T4: sem adição de gordura, 5,12% de fibra de aveia e 5,12% de inulina; T5: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 3% de inulina; T6: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 3% de inulina; T7: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 3% de inulina; T8: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 3% de inulina; T9: sem adição de gordura, 3% de inulina; T10: sem adição de gordura, 6% de fibra de aveia e 3% de inulina; T11: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia; T12: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 6% de inulina. ²Média ± desvio padrão. ^{abcd} De acordo com o teste de Tukey, as amostras na mesma coluna com letras iguais não apresentam diferença significativa entre si (p>0,05).

Para ao teor de carboidratos pode-se observar um aumento na quantidade de carboidrato em relação a C1 e C2 com os demais tratamentos, evidenciando a adição das fibras alimentares em diferentes concentrações.

5.3.3. Rendimento dos paios controles e com redução de gordura

Os resultados obtidos na avaliação do rendimento dos tratamentos controles e com redução de gordura dos paios estão expressos na Tabela 18.

Tabela 18. Rendimento linguiça mista cozida- paio.

Tratamento ¹	Rendimento (%) ²
C1	88,17 ± 0,60 ^{bc}
C2	72,84 ± 0,34 ⁱ
T1	83,53 ± 0,42 ^{fg}
T2	86,79 ± 0,47 ^{cd}
T3	80,57 ± 0,33 ^h
T4	89,59 ± 0,22 ^b
T5	84,03 ± 0,47 ^{fg}
T6	85,12 ± 0,67 ^{defg}
T7	84,50 ± 0,25 ^{efg}
T8	85,51 ± 0,30 ^{def}
T9	83,26 ± 0,85 ^g
T10	91,94 ± 0,45 ^a
T11	86,20 ± 0,92 ^{cde}
T12	87,80 ± 0,80 ^{bc}

¹ C1: Controle com adição de 20 % Gordura sem adição de fibras; C2: Controle sem adição de gordura sem adição de fibra; T1: sem adição de gordura, 0,87% de fibra de aveia e 0,87 de inulina; T2: sem adição de gordura, 5,12% de fibra de aveia e 0,87% de inulina; T3: sem adição de gordura, 0,87% de fibra de aveia e 5,12% de inulina; T4: sem adição de gordura, 5,12% de fibra de aveia e 5,12% de inulina; T5: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 3% de inulina; T6: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 3% de inulina; T7: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 3% de inulina; T8: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 3% de inulina; T9: sem adição de gordura, 3% de inulina; T10: sem adição de gordura, 6% de fibra de aveia e 3% de inulina; T11: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia; T12: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 6% de inulina. ²Média ± desvio padrão. ^{abcdeefghi}. De acordo com o teste de Tukey, as amostras na mesma coluna com letras iguais não apresentam diferença significativa entre si (p>0,05).

O tratamento com maior ($p \leq 0,05$) rendimento foi T10 (com adição de 6% de fibra de aveia e 3% de inulina), enquanto C2 teve o menor ($p \leq 0,05$) rendimento entre os tratamentos. Os demais tratamentos apresentaram valores similares de rendimento, entre 80,57 e 89,59%.

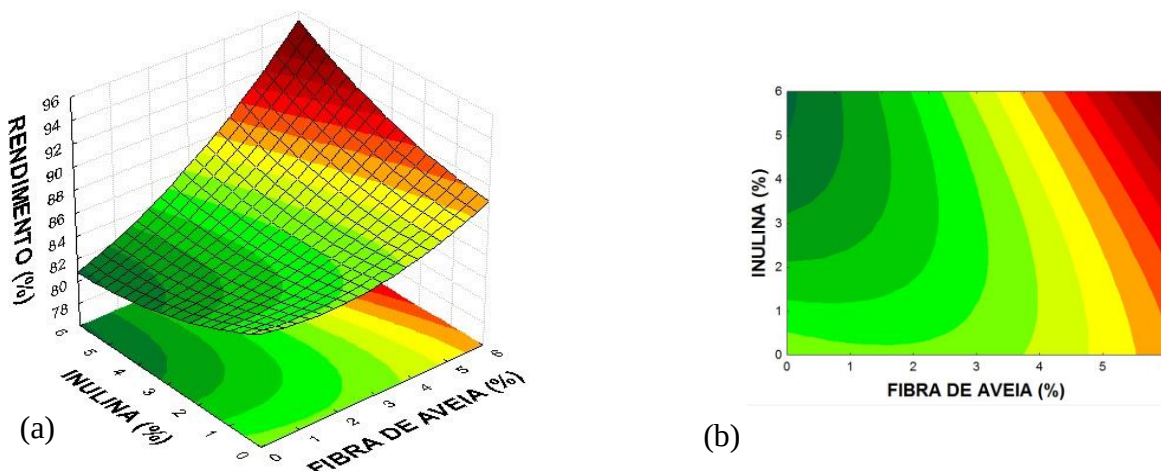
Pode-se observar que C1 apresentou um rendimento maior ($p \leq 0,05$) do que C2, que contém menos gordura e maior quantidade de água adicionada. De acordo com Keeton (1994) a adição apenas de água em produtos cárneos com teor reduzido de gordura suína pode ser prejudicial ao rendimento deste produto, causando excessivas perdas durante o cozimento.

Através da análise estatística dos efeitos, que pode ser visualizada no anexo IV, Tabela 25, observa-se que os efeitos linear e quadrático da variável fibra de aveia, o efeito quadrático da inulina e a interação entre as variáveis foram significativos, possibilitando a obtenção do modelo matemático com as variáveis independentes codificadas (Equação 3).

$$Rendimento = 84,7961 + 3,0723.x_1 + 0,85803.x_1^2 + 1,44125.x_1.x_2 \quad (3)$$

Os dados foram submetidos à análise de variância, como mostra o anexo V, Tabela 39. O R^2 encontrado foi de 88,70% e $F_{cal. (23,50)}$ foi 5 vezes maior do que $F_{tab. (4,28)}$. Com isso, foi possível a construção do gráfico de superfície de resposta para o rendimento em função das variáveis independentes fibra de aveia e inulina, como mostra a Figura 6.

Figura 6. Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) para o rendimento do delineamento 2² em função das variáveis fibra de aveia e inulina.



Pode-se observar que a fibra de aveia (x_1) apresenta efeito linear positivo em relação ao rendimento, já a inulina (x_2) não apresentou efeito para o mesmo parâmetro tecnológico, nas condições estudadas.

5.3.4. *Determinação de pH dos paios controles e com redução de gordura*

Os resultados para a medição do pH nos tratamentos de paio controles e com redução de gordura logo após o processamento e depois de 30 dias de estocagem sobre refrigeração estão apresentados na Tabela 19.

Tabela 19. Determinação do pH dos tratamentos paio controles e com redução de gordura.

Tratamento ¹	0 Dia ²	30 Dias ²
C1	6,02 ± 0,006 ^d	5,57 ± 0,02 ^b
C2	6,12 ± 0,010 ^{abcd}	5,45 ± 0,02 ^{de}
T1	6,07 ± 0,015 ^{cd}	5,45 ± 0,02 ^{de}
T2	6,09 ± 0,096 ^{bcd}	5,54 ± 0,07 ^{dc}
T3	6,09 ± 0,038 ^{bcd}	5,75 ± 0,09 ^a
T4	6,02 ± 0,021 ^{cd}	5,62 ± 0,01 ^b
T5	6,05 ± 0,021 ^{cd}	5,33 ± 0,02 ^f
T6	6,09 ± 0,015 ^{abcd}	5,47 ± 0,03 ^{cd}
T7	6,12 ± 0,015 ^{abcd}	5,44 ± 0,04 ^{de}
T8	6,13 ± 0,020 ^{abc}	5,39 ± 0,01 ^{def}
T9	6,12 ± 0,040 ^{abcd}	5,35 ± 0,02 ^f
T10	6,18 ± 0,012 ^{ab}	5,38 ± 0,05 ^{ef}
T11	6,20 ± 0,027 ^a	5,55 ± 0,01 ^b
T12	6,19 ± 0,006 ^{ab}	5,39 ± 0,04 ^{def}

¹ C1: Controle com adição de 20 % Gordura sem adição de fibras; C2: Controle sem adição de gordura sem adição de fibra; T1: sem adição de gordura, 0,87% de fibra de aveia e 0,87 de inulina; T2: sem adição de gordura, 5,12% de fibra de aveia e 0,87% de inulina; T3: sem adição de gordura, 0,87% de fibra de aveia e 5,12% de inulina; T4: sem adição de gordura, 5,12% de fibra de aveia e 5,12% de inulina; T5: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 3% de inulina; T6: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 3% de inulina; T7: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 3% de inulina; T8: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 3% de inulina; T9: sem adição de gordura, 3% de inulina; T10: sem adição de gordura, 6% de fibra de aveia e 3% de inulina; T11: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia; T12: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 6% de inulina. ²Média ± desvio padrão. ^{abcdefg}. De acordo com o teste de Tukey, as amostras na mesma coluna com letras iguais não apresentam diferença significativa entre si (p>0,05).

O valor de pH dos tratamentos, logo após o processamento variou entre 6,02 e 6,20, sendo que C1 apresentou o menor valor de pH e T11 (com 3% de fibra de aveia) apresentou o maior valor de pH entre os tratamentos. Após 30 dias de estocagem sob refrigeração pode-se observar uma queda no valor do pH (um pouco mais ácido em relação ao pH 0 dia) dos paiois controles e com redução de gordura, sendo que os resultados ficaram entre 5,75 a 5,38.

5.3.5. Oxidação Lipídica dos paios controles e com redução de gordura

Os resultados de oxidação lipídica dos paios controles e com redução de gordura no tempo 0 e após 30 dias de estocagem sob temperatura de refrigeração são apresentados na Tabela 20.

Tabela 20. Determinação do valor de oxidação lipídica nos tempos zero e 30 dias.

Tratamento ¹	TBA 0 Dia ²	TBA 30 Dias ²
C1	0,165 ± 0,05 ^a	0,481 ± 0,31 ^a
C2	0,119 ± 0,01 ^a	0,111 ± 0,02 ^b
T1	0,156 ± 0,07 ^a	0,138 ± 0,01 ^b
T2	0,139 ± 0,01 ^a	0,135 ± 0,01 ^b
T3	0,174 ± 0,05 ^a	0,106 ± 0,03 ^b
T4	0,234 ± 0,03 ^a	0,114 ± 0,04 ^b
T5	0,131 ± 0,03 ^a	0,147 ± 0,01 ^b
T6	0,153 ± 0,02 ^a	0,111 ± 0,07 ^b
T7	0,167 ± 0,01 ^a	0,133 ± 0,02 ^b
T8	0,139 ± 0,01 ^a	0,104 ± 0,02 ^b
T9	0,187 ± 0,03 ^a	0,121 ± 0,01 ^b
T10	0,131 ± 0,02 ^a	0,145 ± 0,02 ^b
T11	0,182 ± 0,02 ^a	0,123 ± 0,04 ^b
T12	0,144 ± 0,01 ^a	0,137 ± 0,01 ^b

¹C1: Controle com adição de 20 % Gordura sem adição de fibras; C2: Controle sem adição de gordura sem adição de fibra; T1: sem adição de gordura, 0,87% de fibra de aveia e 0,87 de inulina; T2: sem adição de gordura, 5,12% de fibra de aveia e 0,87% de inulina; T3: sem adição de gordura, 0,87% de fibra de aveia e 5,12% de inulina; T4: sem adição de gordura, 5,12% de fibra de aveia e 5,12% de inulina; T5: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 3% de inulina; T6: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 3% de inulina; T7: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 3% de inulina; T8: sem adição de gordura,

3% de fibra de aveia e 3% de inulina; T9: sem adição de gordura, 3% de inulina; T10: sem adição de gordura, 6% de fibra de aveia e 3% de inulina; T11: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia; T12: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 6% de inulina ²Média $\pm$ desvio padrão. ^{ab} De acordo com o teste de Tukey, as amostras na mesma coluna com letras iguais não apresentam diferença significativa entre si ($p>0,05$).

Não houve diferença ($p>0,05$) entre os tratamentos na avaliação realizada logo após o processamento das amostras (0 dia). Resultado semelhante ao que foi observado por Ulu et al. (2004), que ao avaliarem almondegas de carne cozidas estocadas sob temperatura de refrigeração (4°C) por 1 dia não observaram valores diferentes para valor de TBARS.

Após 30 dias de estocagem, C1, que teve adição de 20% de toucinho, apresentou valor de TBARS maior ($p\leq 0,05$) do que todos os demais tratamentos, que não tiveram adição de toucinho na formulação. Isto confirma o observado na adição de fibras alimentares em hambúrguer de carne bovina (item 5.2.5), de que as fibras alimentares, nas quantidades utilizadas, não interferem de maneira significativa no parâmetro oxidação lipídica, que por sua vez é afetado diretamente pela quantidade de gordura presente no produto cárneo.

Apesar dos valores baixos encontrados para oxidação lipídica (Valor de TBARS), foi realizada a análise dos efeitos para o valor de TBARS no tempo zero e não foram observados efeitos significativos de nenhuma variável independente, conforme mostra a Tabela 26, do Anexo V. O R^2 obtido foi 39,16 e F_{cal} (1,86) foi menor do que F_{tab} (4,28) (Anexo VI, Tabela 40).

O mesmo foi observado para o valor de TBARS após 30 dias de estocagem sob temperatura de refrigeração, como é apresentado na análise dos efeitos (Anexo V, Tabela 27,). O valor de R^2 foi de 16,43 e F_{cal} (0,59) é 4 vezes menor do que F_{tab} (4,28) (Anexo VI, Tabela 41).

5.3.6. Análise do Perfil de Textura (TPA) dos paios controles e com redução de gordura

A Tabela 21 apresenta os resultados para o perfil de textura (TPA) dos paios controles e com redução de gordura em relação aos parâmetros de dureza, coesividade, elasticidade e mastigabilidade.

Tabela 21. Perfil de textura para os paios controles e com redução de gordura.

Tratamento ¹	Dureza ² (N)	Coesividade ²	Elasticidade ²	Mastigabilidade ² (N/cm)
C1	19,06 ± 5,73 ^f	0,28 ± 0,15 ^b	0,63 ± 0,08 ^b	3,41 ± 2,81 ^g
C2	26,47 ± 1,01 ^e	0,48 ± 0,14 ^a	0,68 ± 0,10 ^{ab}	7,37 ± 2,96 ^{fg}
T1	32,35 ± 2,18 ^{de}	0,41 ± 0,09 ^{ab}	0,72 ± 0,05 ^{ab}	9,64 ± 2,10 ^{ef}
T2	51,17 ± 4,87 ^b	0,54 ± 0,09 ^a	0,66 ± 0,06 ^{ab}	17,94 ± 2,87 ^{abc}
T3	37,03 ± 4,45 ^{cd}	0,49 ± 0,12 ^a	0,71 ± 0,08 ^{ab}	12,60 ± 3,03 ^{de}
T4	58,06 ± 4,87 ^a	0,47 ± 0,10 ^a	0,75 ± 0,05 ^a	20,59 ± 5,01 ^a
T5	40,82 ± 4,89 ^c	0,48 ± 0,12 ^a	0,72 ± 0,10 ^{ab}	13,57 ± 2,42 ^{cde}
T6	42,53 ± 3,67 ^c	0,44 ± 0,08 ^{ab}	0,76 ± 0,02 ^a	14,33 ± 2,62 ^{cd}
T7	42,87 ± 3,69 ^c	0,49 ± 0,06 ^a	0,73 ± 0,05 ^{ab}	15,32 ± 1,92 ^{bcd}
T8	40,35 ± 3,78 ^c	0,48 ± 0,09 ^a	0,75 ± 0,05 ^a	14,38 ± 3,11 ^{cd}
T9	33,17 ± 4,25 ^{de}	0,41 ± 0,14 ^{ab}	0,70 ± 0,08 ^{ab}	9,48 ± 2,76 ^{ef}
T10	52,97 ± 6,04 ^{ab}	0,54 ± 0,08 ^a	0,69 ± 0,06 ^{ab}	19,49 ± 2,77 ^{ab}
T11	43,41 ± 5,76 ^c	0,52 ± 0,12 ^a	0,69 ± 0,11 ^{ab}	15,28 ± 2,79 ^{bcd}
T12	36,91 ± 3,14 ^{cd}	0,53 ± 0,10 ^a	0,66 ± 0,06 ^{ab}	12,91 ± 2,31 ^{de}

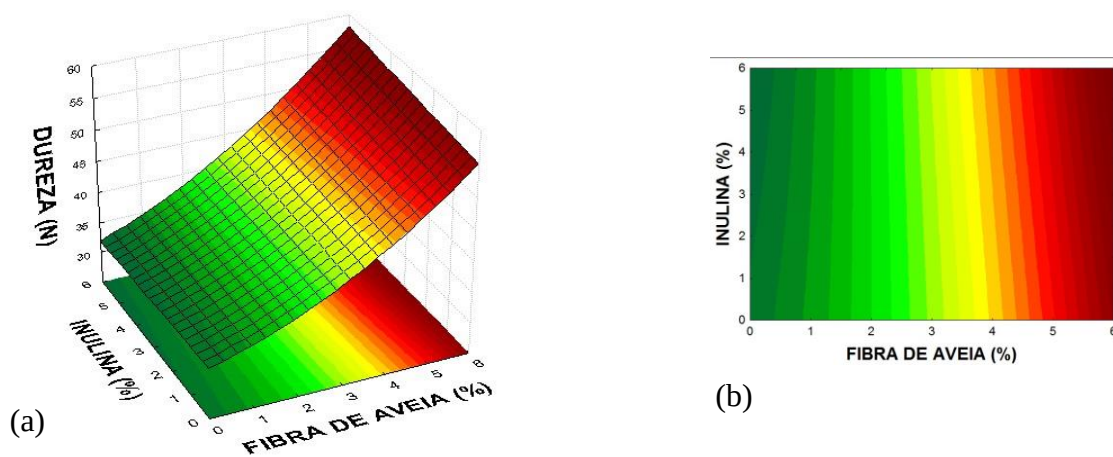
¹C1: Controle com adição de 20 % Gordura sem adição de fibras; C2: Controle sem adição de gordura sem adição de fibra; T1: sem adição de gordura, 0,87% de fibra de aveia e 0,87 de inulina; T2: sem adição de gordura, 5,12% de fibra de aveia e 0,87% de inulina; T3: sem adição de gordura, 0,87% de fibra de aveia e 5,12% de inulina; T4: sem adição de gordura, 5,12% de fibra de aveia e 5,12% de inulina; T5: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 3% de inulina; T6: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 3% de inulina; T7: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 3% de inulina; T8: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 3% de inulina; T9: sem adição de gordura, 3% de inulina; T10: sem adição de gordura, 6% de fibra de aveia e 3% de inulina; T11: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia; T12: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 6% de inulina. ²Média ± desvio padrão. ^{abcde}fg. De acordo com o teste de Tukey, as amostras na mesma coluna com letras iguais não apresentam diferença significativa entre si (p>0,05).

A partir da análise dos efeitos realizada para o parâmetro de dureza (Anexo IV Tabela 28) observou um efeito linear significativo somente na variável independente fibra de aveia, possibilitando a obtenção do modelo matemático com a variável independente codificada (Equação 4).

$$Dureza = 41,633 + 8,496.x_1 \quad (4)$$

Os dados foram submetidos à análise de variância, como mostra o anexo V, Tabela 42. O R^2 encontrado foi de 86,30 % e $F_{cal.}$ (18,97) foi quatro vezes maior do que $F_{tab.}$ (4,28). Com isso, foi possível a construção do gráfico de superfície de resposta para a dureza em função das variáveis independentes fibra de aveia e inulina, como mostra a Figura 7. Os resultados mostram que quanto maior a adição de fibra de aveia, maior resultado de dureza. Schmiele et al. (2015) também observaram que quanto maior a adição de fibra de celulose amorfa em bolo de carne, maior resultado encontrado para dureza.

Figura 7. Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) para a dureza do delineamento 2^2 em função das variáveis fibra de aveia e inulina.



Observa-se que apenas a fibra de aveia apresentou influência na dureza dos paios mostrando que quanto maior a quantidade de fibra de aveia adicionada maior o valor de dureza encontrado. Não houve influência da inulina na dureza dos paios nas quantidades utilizadas.

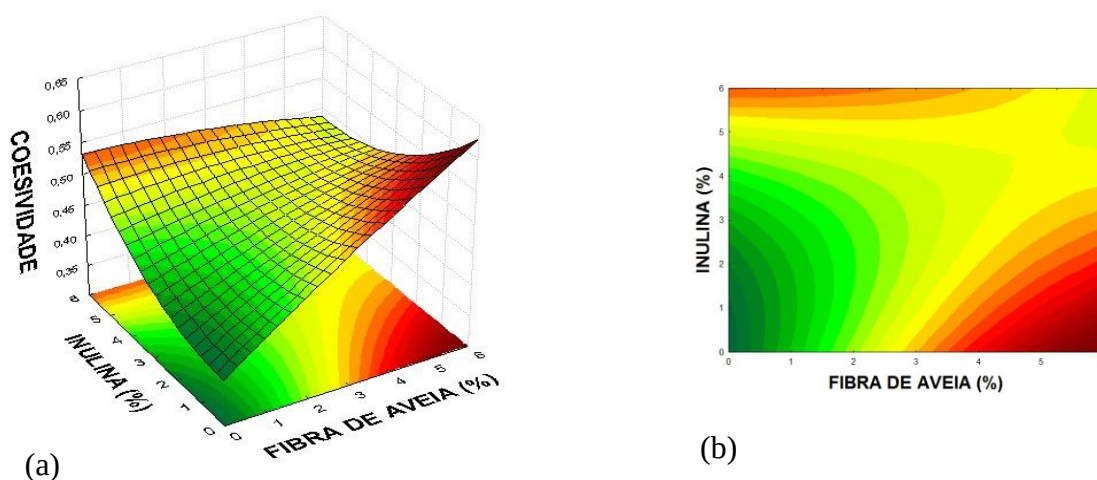
O menor resultado encontrado para dureza foi de C1, mostrando que a gordura suína adicionada diminuiu ($p \leq 0,05$) a dureza em relação a C2, que não apresentou a adição de gordura suína. Isto também foi afirmado por Cierach et al. (2009) os quais citaram que a dureza em salsichas Frankfurter está relacionada ao seu conteúdo de gordura. Resultados similares foram observados por El-Magoli et al. (1996), que ao reduzirem 50% o teor de gordura adicionada em hambúrguer bovino observaram um aumento na dureza. O mesmo foi apresentado por Méndez-Zamora et al. (2015), que diminuiu o teor de gordura em salsichas Frankfurter e obteve resultados maiores de dureza em relação ao controle com maior quantidade de gordura suína.

A partir da análise dos efeitos realizada para o parâmetro de coesividade (Anexo IV Tabela 29) observou um efeito linear significativo da variável independente fibra de trigo e da interação entre as variáveis fibra de aveia e inulina, possibilitando a obtenção do modelo matemático com as variáveis independentes codificadas (Equação 5).

$$\text{Coesividade} = 0,4726 + 0,0368.x_1 - 0,0375.x_1.x_2 \quad (5)$$

Os dados foram submetidos à análise de variância, como mostra o anexo V, Tabela 43. O R^2 encontrado foi de 86,06 % e $F_{\text{cal.}} (18,18)$ foi quatro vezes maior do que $F_{\text{tab.}} (4,28)$. Com isso, foi possível a construção do gráfico de superfície de resposta e de contorno para a coesividade em função das variáveis independentes fibra de aveia e inulina, como mostra a Figura 8.

Figura 8. Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) para a coesividade do delineamento 2² em função das variáveis fibra de aveia e inulina.



O menor ($p \leq 0,05$) valor de coesividade encontrado para o paio foi de C1 (com adição de gordura suína). Apesar de não apresentar diferença significativa, Méndez-Zamora et al. (2015) observaram um aumento no valor da coesividade do controle com baixo teor de gordura em relação ao controle com maior teor de gordura adicionada.

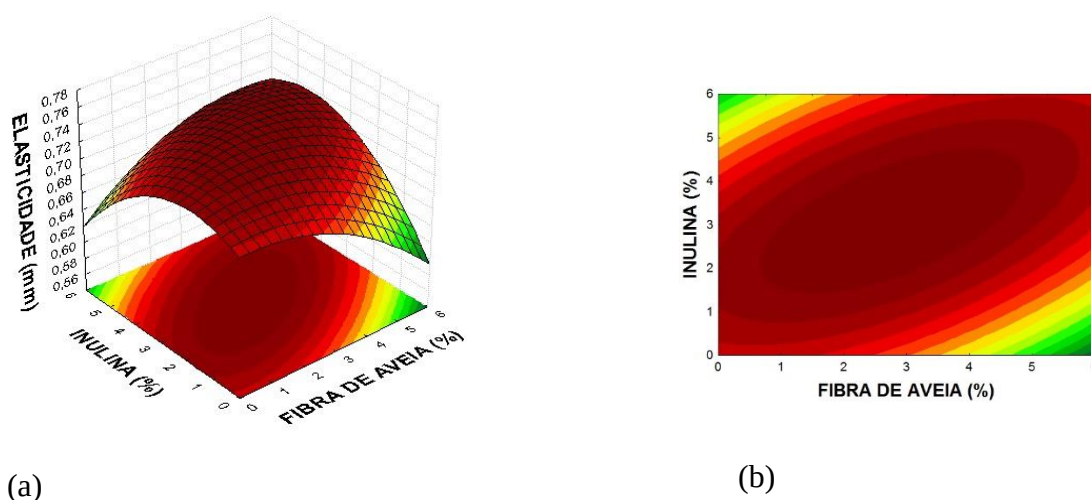
Os resultados para elasticidade apresentaram pouca variação (0,63-0,76) nos tratamentos dos paio controles e com redução de gordura.

A análise dos efeitos para elasticidade esta apresentada no Anexo IV, Tabela 30, mostrando que somente o efeito quadrático da variável inulina foi significativo. Não houve efeito ($p > 0,05$) da fibra de trigo sobre a elasticidade dos paios. O modelo matemático com a variável independente codificada obtido esta apresentado na Equação 6.

$$Elasticidade = 0,7399 - 0,0263 \cdot x_2^2 \quad (6)$$

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, como mostra o anexo V, Tabela 44. O R^2 encontrado foi de 67,90 % e $F_{cal.} (5,11)$ foi maior do que $F_{tab.} (4,28)$. Com isso, foi possível a construção do gráfico de superfície de resposta e de contorno para a elasticidade em função das variáveis independentes fibra de aveia e inulina, como mostra a Figura 9.

Figura 9. Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) para a elasticidade do delineamento 2² em função das variáveis fibra de aveia e inulina.



Os maiores valores de elasticidade são obtidos quando a concentração de inulina é menor. Pode-se observar também que C1 e T8 apresentaram diferença ($p \leq 0,05$) entre si para elasticidade.

Em relação a elasticidade, C1 e C2 não apresentaram diferença ($p > 0,05$) entre si. Resultado similar ao que foi relatado por Méndez-Zamora et al. (2015), os quais não observaram diferença significativa entre o controle com maior adição de gordura e o controle com menor adição de gordura em salsichas Frankfurt de carne suína e bovina.

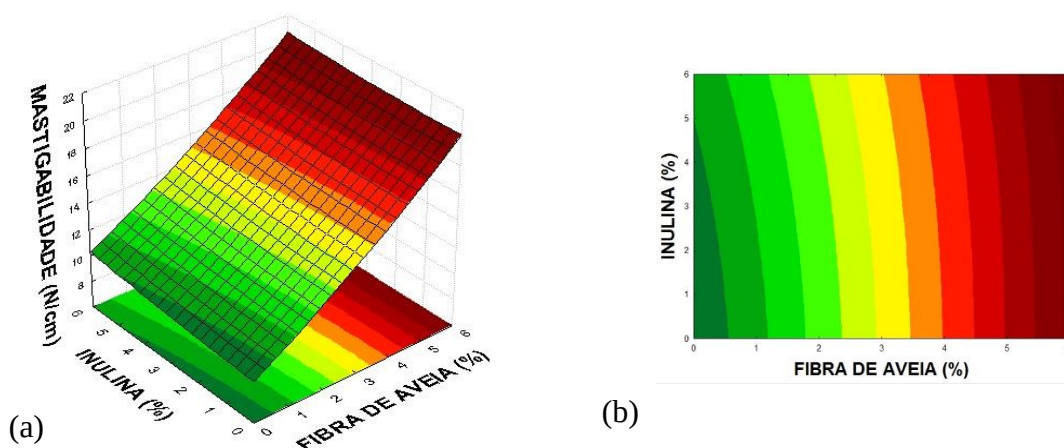
A partir da análise dos efeitos realizada para o parâmetro de mastigabilidade (Anexo IV Tabela 31) observou um efeito linear significativo da variável independente fibra de aveia. Com isso foi possível a obtenção do modelo matemático que é apresentado na Equação 7, com a variável independente codificada.

$$\text{Mastigabilidade} = 14,397 + 3,812.x_1 \quad (7)$$

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, como mostra o anexo V, Tabela 45. O R^2 encontrado foi de 89,50% e $F_{\text{cal.}}$ (25,90) foi seis vezes maior do que $F_{\text{tab.}}$ (4,28).

A Figura 10 apresenta os gráficos de superfície de resposta e de contorno para a elasticidade em função das variáveis independentes fibra de aveia e inulina.

Figura 10. Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) para a mastigabilidade do delineamento 2² em função das variáveis fibra de aveia e inulina.



O menor valor encontrado para mastigabilidade foi de C1, e não obteve diferença ($p < 0,05$) para C2, mas foi diferente ($p \leq 0,05$) de todos os outros tratamentos. Méndez-Zamora et al. (2015) obtiveram valores maiores estatisticamente de mastigabilidade para o controle com menor teor de gordura do que para controle com maior adição de gordura.

5.3.7. Determinação da cor experimental dos paos controles e com redução de gordura

A Tabela 22 apresenta os resultados da determinação da cor instrumental interna dos tratamentos de paio controle e com redução de gordura. Os parâmetros obtidos foram valor de L^* , a^* e b^* .

Através da análise estatística dos efeitos, observou-se que as variáveis independentes utilizadas no delineamento do processo (fibra de aveia e inulina) não apresentaram efeito

($p > 0,05$) sobre a variável resposta L^* (luminosidade) (Anexo IV- Tabela 32). A análise de variância, disponível no Anexo V- Tabela 46, apresentou o valor de $R^2 = 17,22$ e $F_{cal} (0,66)$ foi menor do que $F_{tab} (4,28)$. Assim não foi possível estabelecer um modelo matemático.

O ensaio C1 teve o valor L^* maior ($p \leq 0,05$) que todos os outros tratamentos, incluindo C2, demonstrando que a gordura aumentou o valor L^* para o paio. Resultado semelhante foi observado por Selani et al. (2016) em relação ao controle convencional e o controle com redução de gordura de hambúrguer de carne bovina. Os autores obtiveram os maiores resultados para valor L^* no controle convencional e atribuíram esse resultado a maior quantidade de gordura suína adicionada no produto.

Santos et al. (2012) utilizaram frutooligossacarídeos como substituto de gordura em salames e observaram resultados maiores para o valor L^* no controle (com adição de 15% de gordura suína) do que nos demais tratamentos (com adição de 7,5% de gordura suína), após 15 e 30 dias de estocagem. Os menores valores L^* foram obtidos nos tratamentos T9 e T11, nos pontos axiais (-1,41), onde apenas uma fibra alimentar foi adicionada.

O mesmo aconteceu para o valor a^* (que indica a intensidade de coloração vermelha), o qual pode-se observar na Tabela 33, do Anexo IV que os efeitos das variáveis independentes não foram significativos para este parâmetro sensorial. Através da análise de variância (Anexo V Tabela 47) obteve-se o valor de $R^2 = 29,88$ e $F_{cal} (1,35)$ foi menor do que $F_{tab} (4,28)$.

O tratamento C1 apresentou o menor ($p \leq 0,05$) valor a^* em relação aos demais tratamentos, incluindo C2. Não houve diferença ($p > 0,05$) entre os tratamentos (exceto C1), podendo explicar os efeitos não significativos. De acordo com o que foi relatado por Santos et al. (2012), a redução no teor de gordura e utilização de frutooligossacarídeos como substituto de gordura em salames causou um aumento no valor a^* .

Tabela 22. Determinação da cor instrumental, com os valores L*, a* e b*, dos paios controles e com redução de gordura

Tratamento ¹	L* ²	a* ²	b* ²
C1	70,32 ± 3,05 ^a	9,36 ± 2,512 ^b	10,85 ± 1,12 ^g
C2	55,76 ± 0,66 ^{bc}	15,34 ± 0,07 ^a	13,41 ± 0,2 ^{def}
T1	54,24 ± 0,43 ^{bcd}	14,74 ± 0,35 ^a	14,12 ± 0,12 ^{abcd}
T2	54,12 ± 0,15 ^{cd}	14,37 ± 0,13 ^a	14,52 ± 0,1 ^a
T3	56,37 ± 0,25 ^b	15,12 ± 0,09 ^a	13,51 ± 0,08 ^{cdef}
T4	52,86 ± 0,34 ^{de}	14,35 ± 0,16 ^a	13,98 ± 0,25 ^{abcde}
T5	54,23 ± 0,52 ^{bcd}	14,99 ± 0,14 ^a	13,33 ± 0,20 ^{ef}
T6	52,95 ± 0,51 ^{cd}	14,41 ± 0,22 ^a	13,66 ± 0,20 ^{bcdef}
T7	52,79 ± 1,55 ^{de}	14,10 ± 0,27 ^a	14,21 ± 0,30 ^{abc}
T8	54,49 ± 0,21 ^{bcd}	15,16 ± 0,11 ^a	14,21 ± 0,09 ^{abc}
T9	48,67 ± 0,747 ^f	14,16 ± 0,14 ^a	13,10 ± 0,13 ^f
T10	52,94 ± 0,675 ^{de}	13,89 ± 0,33 ^a	14,27 ± 0,14 ^{ab}
T11	49,19 ± 0,942 ^f	14,24 ± 0,17 ^a	13,41 ± 0,04 ^{def}
T12	51,41 ± 0,621 ^e	14,20 ± 0,16 ^a	13,70 ± 0,12 ^{bcdef}

¹ C1: Controle com adição de 20 % Gordura sem adição de fibras; C2: Controle sem adição de gordura sem adição de fibra; T1: sem adição de gordura, 0,87% de fibra de aveia e 0,87 de inulina; T2: sem adição de gordura, 5,12% de fibra de aveia e 0,87% de inulina; T3: sem adição de gordura, 0,87% de fibra de aveia e 5,12% de inulina; T4: sem adição de gordura, 5,12% de fibra de aveia e 5,12% de inulina; T5: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 3% de inulina; T6: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 3% de inulina; T7: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 3% de inulina; T8: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 3% de inulina; T9: sem adição de gordura, 3% de inulina; T10: sem adição de gordura, 6% de fibra de aveia e 3% de inulina; T11: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia; T12: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 6% de inulina. ²Média ± desvio padrão. ^{abcdefg}. De acordo com o teste de Tukey, as amostras na mesma coluna com letras iguais não apresentam diferença significativa entre si (p>0,05).

Selani et al. (2016) obtiveram resultados semelhantes estatisticamente entre os controles e os tratamentos de hambúrguer de carne bovina com baixo teor de gordura e adição de subproduto de abacaxi e óleo de canola, separadamente.

Em relação ao valor b* (indica a intensidade da coloração amarela), não houve grande variação entre as amostras, exceto para C1. O restante dos tratamentos variou entre 14,52 e

13,10. Além disso, a análise dos efeitos (Anexo IV- Tabela 34) não foi significativa. A análise de variância (Anexo V Tabela 48) apresentou um valor de $R^2=50,72$ e $F_{cal}(2,05)$ foi menor do que $F_{tab}(4,28)$. Assim não foi possível encontrar um modelo matemático para o valor b^* .

C1 apresentou o menor ($p \leq 0,05$) valor b^* entre os tratamentos dos paio controle e com redução de gordura, possivelmente devido a maior quantidade de gordura adicionada. Resultado similar foi relatado em um estudo conduzido por Huang et al. (2011), que observaram o menor valor de b^* para a salsicha controle e o maior valor para o tratamento com adição de 7% de fibra de trigo, utilizado como substituto de gordura. O mesmo foi observado por Cáceres et al. (2004) em salsichas cozidas com teor reduzido de gordura e adição de frutooligossacarídeo. Em estudo realizado com hambúrgueres de carne bovina utilizando subproduto do abacaxi e óleo de canola como substitutos de gordura suína não foi observada diferença significativa entre os tratamentos para o valor b^* . (SELANI et al., 2016).

Com isso, observa-se que a luminosidade do paio foi influenciada diretamente pela quantidade de gordura e de fibras alimentares. Em relação a intensidade da coloração vermelha apenas a gordura parece influenciar esse parâmetro.

5.3.8. Avaliação microbiológica dos paios controles e com redução de gordura

Os resultados obtidos nas avaliações microbiológicas para a detecção e quantificação dos micro-organismos patogênicos dos paios controles e com redução de gordura, no tempo zero e após 30 dias de estocagem se mostraram dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente (BRASIL, 2000b) e estão apresentados na Tabela 23.

Em 30 dias de estocagem a temperatura de refrigeração foi possível observar presença de pequenos pontos brancos de possível contaminação por fungos na parte externa de alguns tratamentos. Mesmo assim foi feito a análise microbiológica e não foram detectados os micro-organismos patogênicos. Em função desta observação e também da alteração do pH (Tabela 19) um pouco mais ácido, foi decidido não realizar a avaliação microbiológica de 60 dias. Isso

provavelmente ocorreu devido ao teor de umidade ter sido mais alto que o estabelecido na Legislação (BRASIL, 2001b).

Vale salientar que a análise sensorial foi realizada logo após o término das análises microbiológicas no tempo zero, com um período de 10 dias de estocagem do produto sob temperatura de refrigeração.

Tabela 23. Resultados microbiológicos dos paios controles e com redução de gordura.

Análise	Padrão ¹	Dia 0	Dia 30
<i>Clostridium</i> sulfito-redutores 46°C	5 x 10 ³ UFC/g	< 10 UFC/g	< 10 UFC/g
<i>Estafilococos</i> Coagulase-positiva	5 x 10 ³ UFC/g	< 100 UFC/g	< 100 UFC/g
<i>Coliformes</i> a 45°C	10 ³ NMP/g	< 100 NMP/g	< 100 NMP/g
<i>Salmonella</i> sp	Ausente em 25g	Ausente em 25g	Ausente em 25g

¹Fonte (BRASIL, 2001b).

5.3.9. Análise sensorial dos paios controles e com redução de gordura

Os resultados obtidos na avaliação sensorial dos tratamentos dos paios controles e com redução de gordura estão apresentados na Tabela 24.

Não houve diferença ($p > 0,1$) entre os tratamentos de paios controles e com redução de gordura na aceitação sensorial para os atributos cor, sabor e aceitação global.

Foi realizada a análise estatística dos efeitos para cor e, observou-se que as variáveis independentes utilizadas (fibra de aveia e inulina) não apresentaram efeito ($p > 0,1$) (Anexo IV- Tabela 35). De acordo com a análise de variância, disponível no Anexo V- Tabela 49, o valor de $R^2=40,33$ e $F_{cal}(2,22)$ foi menor do que $F_{tab}(3,20)$. Então não foi possível estabelecer o modelo matemático. Portanto, a redução da gordura e adição de fibras não interferiu nos resultados da cor sensorial.

O mesmo aconteceu para o atributo sensorial sabor, o qual pode-se observar na Tabela 36, do Anexo IV que os efeitos das variáveis independentes não foram significativos para este parâmetro sensorial. Através da análise de variância, disponível no Anexo V- Tabela 50, obteve-se o valor de $R^2 = 43,91$ e $F_{cal}(2,40)$ foi menor do que $F_{tab}(3,20)$.

Tabela 24. Resultado da análise sensorial de aceitação: Cor, Sabor, Textura e aceitação global para os tratamentos dos paios controles e com redução de gordura.

Tratamento ¹	Cor ²	Sabor ²	Textura ²	Aceitação global ²
C1	6,75 ± 1,71 ^a	7,33 ± 1,56 ^a	7,00 ± 1,74 ^{ab}	6,91 ± 1,67 ^a
C2	7,15 ± 1,42 ^a	7,28 ± 1,45 ^a	7,24 ± 1,37 ^{ab}	7,27 ± 1,37 ^a
1	6,99 ± 1,41 ^a	7,26 ± 1,36 ^a	7,40 ± 1,18 ^a	7,26 ± 1,15 ^a
2	6,79 ± 1,60 ^a	7,17 ± 1,46 ^a	6,76 ± 1,91 ^{ab}	6,86 ± 1,74 ^a
3	7,01 ± 1,44 ^a	6,87 ± 1,61 ^a	7,11 ± 1,48 ^{ab}	6,81 ± 1,61 ^a
4	6,74 ± 1,49 ^a	6,81 ± 1,41 ^a	6,51 ± 1,64 ^b	6,72 ± 1,51 ^a
5	6,88 ± 1,32 ^a	7,01 ± 1,52 ^a	7,04 ± 1,36 ^{ab}	6,99 ± 1,31 ^a
6	7,24 ± 1,54 ^a	7,25 ± 1,50 ^a	7,04 ± 1,70 ^{ab}	7,15 ± 1,42 ^a
7	6,79 ± 1,44 ^a	6,70 ± 1,70 ^a	6,72 ± 1,51 ^{ab}	6,69 ± 1,48 ^a
8	7,21 ± 1,34 ^a	7,07 ± 1,65 ^a	7,22 ± 1,33 ^{ab}	7,10 ± 1,57 ^a
9	6,93 ± 1,23 ^a	7,04 ± 1,37 ^a	6,97 ± 1,56 ^{ab}	6,82 ± 1,60 ^a
10	6,86 ± 1,39 ^a	6,72 ± 1,49 ^a	6,74 ± 1,57 ^{ab}	6,57 ± 1,52 ^a
11	6,69 ± 1,36 ^a	6,87 ± 1,52 ^a	7,17 ± 1,31 ^{ab}	6,84 ± 1,43 ^a
12	7,08 ± 1,37 ^a	6,72 ± 1,57 ^a	7,14 ± 1,53 ^{ab}	6,93 ± 1,46 ^a

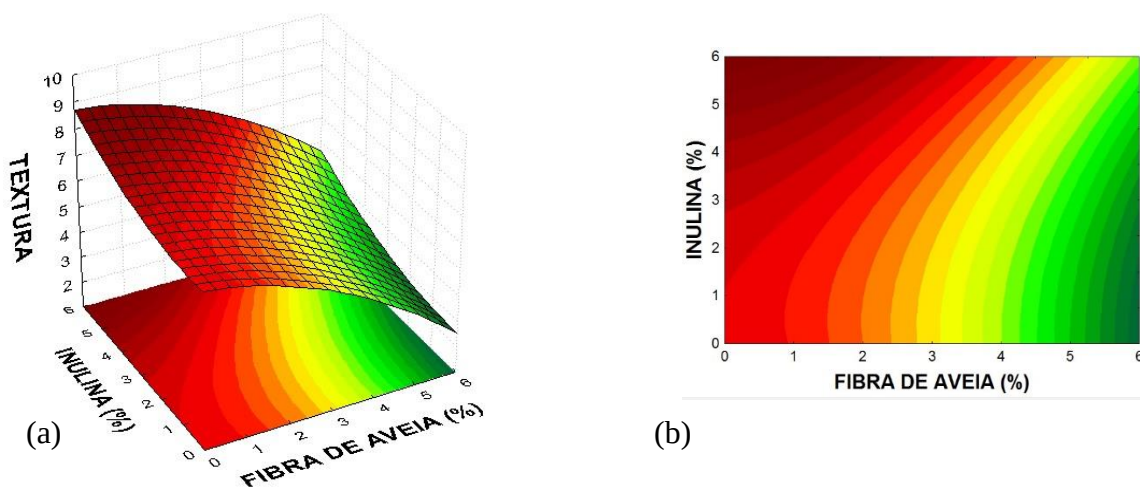
¹ C1: Controle com adição de 20 % Gordura sem adição de fibras; C2: Controle sem adição de gordura sem adição de fibra; T1: sem adição de gordura, 0,87% de fibra de aveia e 0,87 de inulina; T2: sem adição de gordura, 5,12% de fibra de aveia e 0,87% de inulina; T3: sem adição de gordura, 0,87% de fibra de aveia e 5,12% de inulina; T4: sem adição de gordura, 5,12% de fibra de aveia e 5,12% de inulina; T5: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 3% de inulina; T6: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 3% de inulina; T7: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 3% de inulina; T8: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 3% de inulina; T9: sem adição de gordura, 3% de inulina; T10: sem adição de gordura, 6% de fibra de aveia e 3% de inulina; T11: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia; T12: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 6% de inulina. ²Média ± desvio padrão. ^{abcd} De acordo com o teste de Tukey, as amostras na mesma coluna com letras iguais não apresentam diferença significativa entre si (p>0,10).

Houve diferença entre os tratamentos para textura, onde T1 (menor adição de fibras entre os tratamentos – 1,74%, exceto os controles) foi diferente ($p>0,1$) de T4 (maior adição de fibras entre os tratamentos – 10,24%). O restante dos tratamentos não apresentou diferença ($p>0,1$). Na análise dos efeitos (Anexo IV- Tabela 37) apenas o efeito linear fibra de aveia foi significativo, possibilitando a obtenção do modelo matemático com a variável independente codificada (Equação 8).

$$\text{Atributo Textura} = 7,007 - 0,1967 \cdot x_1 \quad (8)$$

A análise de variância (Anexo V Tabela 51) apresentou um valor de $R^2=62,30$ e F_{cal} (4,76) foi maior do que F_{tab} (3,20). Com isso, foi possível a construção do gráfico de superfície de resposta para o atributo sensorial textura em função das duas variáveis independentes utilizadas (fibra de aveia e inulina), como mostra a Figura 11.

Figura 11. Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) para o atributo sensorial textura do delineamento 2^2 em função das variáveis fibra de aveia e inulina.



A Figura 11 mostra que quanto maior a adição de fibra de aveia, menor o valor hedônico atribuído para textura. Os tratamentos controles não apresentaram diferença ($p>0,1$)

entre si e nem entre os demais tratamentos, indicando que a quantidade de gordura adicionada nos paios não influenciou a aceitação dos consumidores em relação à textura. Santos et al. (2012) também não observaram, em relação ao atributo sensorial de textura, diferença significativa entre os tratamentos de salame com redução de gordura e adição de 3, 6 e 9% de frutooligossacarídeo e o controle.

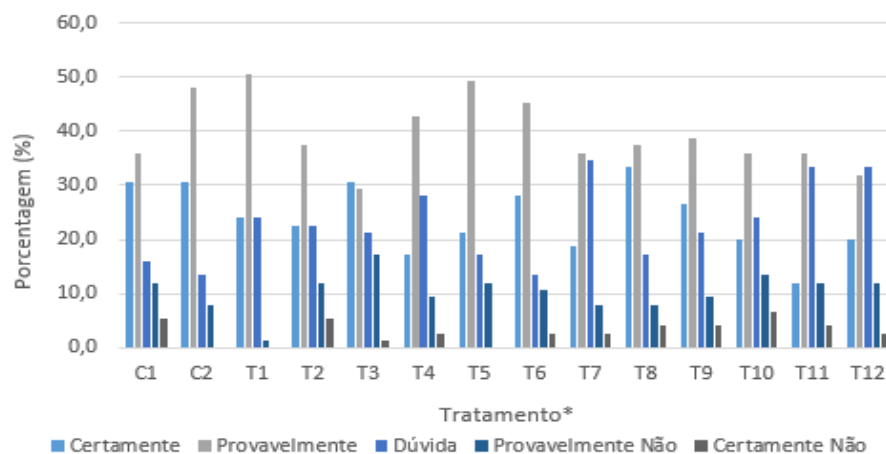
Para a aceitação global dos tratamentos dos paios controle e com redução de gordura, não foram observados efeitos significativos (Anexo IV- Tabela 38) para as duas variáveis independentes utilizadas (fibra de aveia e inulina). A análise de variância (Anexo V Tabela 52) apresentou m valor de $R^2 = 47,01$ e $F_{cal}(3,15)$ foi menor do que $F_{tab}(3,20)$.

Isto indica que as fibras alimentares (fibra de aveia e inulina) nas quantidades utilizadas não interferem nos atributos sensoriais (cor, sabor e aceitação global) em paios de maneira perceptível aos consumidores. Besbes et al. (2008) concluíram que a adição de fibra de ervilha e fibra de trigo em hambúrguer não apresentaram efeito significativo em relação ao sabor e textura. O mesmo foi observado por Ktari et al. (2014) ao substituir a gordura suína em salsichas de carne bovina por três tipos de fibras alimentares diferentes.

A Figura 12 apresenta o gráfico para a intenção de compra (em porcentagem), obtido no teste sensorial para todos os tratamentos de linguiça mista cozida- Paio.

Pelo gráfico, pode-se observar que nenhum dos tratamentos apresentou uma porcentagem de intenção de compras na faixa de rejeição (provavelmente não e certamente não comprariam o produto) confirmando que o produto foi bem aceito dentre os potenciais consumidores. Observa-se, também, que os tratamentos C2, T1 e T5 não receberam nenhuma resposta de certamente não compraria.

Figura 12. Intenção de compra para os paios controles e com redução de gordura



*C1: Controle com adição de 20 % Gordura sem adição de fibras; C2: Controle sem adição de gordura sem adição de fibra; T1: sem adição de gordura, 0,87% de fibra de aveia e 0,87 de inulina; T2: sem adição de gordura, 5,12% de fibra de aveia e 0,87% de inulina; T3: sem adição de gordura, 0,87% de fibra de aveia e 5,12% de inulina; T4: sem adição de gordura, 5,12% de fibra de aveia e 5,12% de inulina; T5: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 3% de inulina; T6: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 3% de inulina; T7: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 3% de inulina; T8: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 3% de inulina; T9: sem adição de gordura, 3% de inulina; T10: sem adição de gordura, 6% de fibra de aveia e 3% de inulina; T11: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia; T12: sem adição de gordura, 3% de fibra de aveia e 6% de inulina.

6. CONCLUSÃO

As fibras alimentares são ingredientes que ao serem adicionados em produtos cárneos com redução de gordura apresentaram efeitos tecnológicos melhores ou semelhantes ao produto convencional.

Em hambúrguer de carne bovina com redução de gordura, as fibras alimentares solúveis e insolúveis apresentaram comportamentos diferentes, onde as fibras insolúveis foram eficientes para o rendimento e encolhimento e a inulina, nas concentrações utilizadas, melhorou a aceitação sensorial.

No paio com redução de gordura foi possível a incorporação de fibra de aveia na concentração quantidade de até 2% sem afetar a textura sensorial e dureza.

Foi possível a incorporação de fibras alimentares (fibra de aveia e inulina), nas quantidades utilizadas, em paio com redução de gordura sem comprometimento da aceitação sensorial.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Association of Cereal Chemists (AACC). The definition of dietary fiber. **AACC Report**, v.46, n.3, p.112-126, 2001.

AKO, C. Fat replacers. **Food Technology**, v. 52, n.3, p. 47–53, 1998

ALESÓN-CARBONELL, L., FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J., PÉREZÁLVAREZ, J. A., & KURI, V. Characteristics of beef burger as influenced by various types of lemon albedo. **Innovative in Food Science & Emerging Technologies**, v. 6, n.2, p. 247–255, 2005.

ALMEIDA, R. S. **Processamento de hambúrguer de carne caprina adicionados com diferentes níveis de farinha de aveia**. (Dissertação - Mestrado em Zootecnia na Área de Concentração Produção de Ruminantes), UESB, Itapetinga-BA, 2011.

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

AMERICAN DIET ASSOCIATION- ADA. Fat replacers: ADA position. **Journal of the American Dietetic Association**. v. 98, p. 463-468, 1998.

AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. **Nutrition recommendations and interventions for diabetes**. Diabetes Care. p. 48-65, 2007.

ANDERSON, J.W. Dietary fiber and human healthy. **HortScience**, v. 25, p. 1488-1495, 1990.

ARGANOSA., G. C., HENRICKSON, R. L., RAO, B. R. Collagen as a lean or fat replacement in pork sausage. **Journal of Food Quality**, v. 10, n.5, p. 319-333, 1987.

ARIHARA, K. Strategies for designing novel functional meat products. **Meat Science**, v. 74, n.1, p. 219-229, 2006.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. 18 ed. Horwits, W. (Ed.). Washington, DC, Revisão 2, 2007.

BARRETTO, A. C. S. **Efeito da adição de fibras como substitutos de gordura em mortadela**. Tese. (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, (2007), 163f.

BARRETTO, A. C. S., PACHECO, M. T. B., & POLLONIO, M. A. R. Effect of the addition of wheat fiber and partial pork back fat on the chemical composition, texture and sensory property of low-fat bologna sausage containing inulin and oat fiber. **Food Science and Technology**, v. 35, n.1, p. 100- 107, 2015.

BERRY, B. W. Low fat level effects on sensory, shear, cooking and chemical properties of ground beef patties. **Journal of Food Science**, v. 57, n. 3, p. 537-540, 1992.

BESBES, S., ATTIA, H., DEROANNE, C., MAKNI, S., & BLECKER, C. Partial replacement of meat by pea fiber and wheat fiber: effect on the chemical composition, cooking characteristics and sensory properties of beef burgers. **Journal of Food Quality**, v.31, n.4, p. 480- 489, 2007.

BEZERRA, A. S; & NÖRNBERG, J. L. Propriedades funcionais da cevada em produto cárneo. **Brazilian Journal of Food Nutrition**., v.24, n.2, p.233-239, 2013.

BLIGH, E. G.; & DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v.37, n.8, p.911-917, 1959.

BORDERÍAS, A.J.; SÁNCHEZ-ALONSO, I.; & PÉREZ-MATEOS, M. New applications of fibres in foods: addition to fishery products. **Trends in Food Science & Technology**, v.16, n.10, p. 458-465, 2005.

BORNET, F. R. J. Undigestible sugars in food products. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 59, n.3, p.763S-769S, 1994.

BORTNOWSKA, G., BALEJKO, J., SCHUBE, V., TOKARCZYK, G., KRZEMIŃSKA, N., & MOJKA, K. Stability and physicochemical properties of model salad

dressings prepared with pre gelatinized potato starch. **Carbohydrate Polymers**, v.111, p.624–632, 2014.

BRASIL (2000a). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº4 de 31 de março de 2000. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Carne Mecanicamente Separada, de Mortadela, de Linguiça e de Salsicha. Disponível em: <http://www.cda.sp.gov.br/www/legislacoes/popup.php?action=view&idleg=662>. Acesso em: 10 março de 2015.

BRASIL (2000b). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº20 de 31 de julho de 2000. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Hambúrguer. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=1681>. Acesso em: 01 setembro de 2014.

BRASIL (2001a). Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução – RDC nº 40 de 21 de março de 2001: Regulamento técnico para rotulagem nutricional obrigatória de alimentos e bebidas embaladas. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br>. Acesso em 24 de junho de 2015.

BRASIL (2001b). Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução nº 12 de 02 de janeiro de 2001**: regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/a47bab8047458b909541d53fbc4c6735/RDC_12_2001.pdf?MOD=AJPERES > Acesso em 21 jan. 2014.

BRASIL (2012). Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC nº 27, de 12 de novembro de 2012. Regulamento Técnico Mercosul sobre informação nutricional complementar (declarações de propriedades nutricionais). Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br>. Acesso em 24 de junho de 2015.

CÁCERES, E., GARCÍA, M. L., TORO, J., & SELGAS, M. D. The effect of fructooligosaccharides on the sensory characteristics of cooked sausages. **Meat Science**, v. 68, n.1, p .87-96, 2004.

CARDOSO, C.; MENDES, R.; & NUNES, M. L. Development of a healthy low-fat fish sausage containing dietary fiber. **International Journal of Food Science and Technology**, v.43, n.2, p.276–283, 2008.

CIERACH, M., MODZELEWSKA-KAPITULA, M., & SZACILO, K. The influence of carrageenan on the properties of low-fat frankfurters. **Meat Science**, v.82, n.3, p.295-299, 2009.

CIVILLE, C. V., & SZCZESNIAK, A. S. Guidelines to training a texture profile panel. **Journal of Texture Studies**, v. 4, p. 204-223, 1973.

CHO, S. S.; & DREHER, M. L. Handbook of Dietary Fiber, 2001.

CHOE, J. H., KIM, H. Y., LEE, J. M., KIM, Y. J., & KIM, C. J. Quality of frankfurter-type sausages with added pig skin and wheat fiber mixture as fat replacer. **Meat Science**, v.93, n.4, p. 849–854, 2013.

CHOI, Y-S., PARK, W-S., KIM, H-K., HWANG, K-E., SONG, D-H., CHOI, M-S., LEE, S-Y., PAIK, H-D., & KIM, C-J. Quality characteristics of reduced-fat frankfurters with pork fat replaced by sunflower seed oils and dietary fiber extracted from makgeolli lees. **Meat Science**, v. 93, n.3, p.652–658, 2013

COFRADES, S., LÓPEZ-LÓPEZ, I., SOLAS, M. T., BRAVO, L., & JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Influence of different types and proportions of added edible seaweeds on characteristics of low-salt gel/emulsion meat systems. **Meat Science**, v.79, n.4, 767-776, 2008.

COFRADES, S., ANTONIOU, I., SOLAS, M.T., HERRERO, A.M., & JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Preparation and impact of multiple (water-in-oil-in-water) emulsions in meat systems. **Food Chemistry**, v.141, n.1, p.338–346, 2013.

COFRADES, S., SANTOS-LÓPEZ, J.A., FREIRE, M., BENEDÍ, J., SÁNCHEZ-MUNIZ, F.J., & JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Oxidative stability of meat systems made with W1/O/W2 emulsions prepared with hydroxytyrosol and chia oil as lipid phase. **LWT — Food Science and Technology**, v.59, n.2, p.941–947, 2014.

CYRINO, N.A.; & BARRETTO, A.C.S. O que a Vitacel pode fazer aos seus embutidos. **Revista Nacional da Carne**, n.352, p.110-111, 2006.

DAN, A., GHOSH, S., & MOULIK, S.P. Physicochemical studies on the biopolymer inulin: a critical evaluation of its self-aggregation, aggregate-morphology, interaction with water, and thermal stability. **Biopolymers**, 91, n.9, p. 687-699, 2009.

DECKER, E.A.; & PARK, Y. Healthier meat products as functional foods. **Meat Science**, v.86, n.1, 49-55, 2010.

ELLEUCH, M., BEDIGIAN, D., ROISEUX, O., BESBES, S., BLECKER, C., & ATTIA, H. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterization, technological functionality and commercial applications. **Food Chemistry**, v. 124, n.2, p.411-421, 2011.

EL-MAGOLI, S. B., LARROIA, S., & HANSEN, P. M. T. Flavor and Texture Characteristics of Low Fat Ground Beef Patties Formulated with Whey Protein Concentrate. **Meat Science**, v. 4, n. 2, p. 179-193, 1996.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J., SENDRA, E., SAYAS-BARBERÁ, E., NAVARRO, C., & PÉREZ-ALVAREZ, J. A. Physico-chemical and microbiological profiles of “salchichón” (Spanish dry-fermented sausage) enriched with orange fiber. **Meat Science**, v. 80, n.2, p.410-417, 2008.

FERNÁNDEZ-GINÉS, J. M., FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J., SAYAS-BARBERÁ, E., SENDRA, E., & PÉREZ-ALVAREZ, J. A. Lemon albedo as a new source of dietary fiber: Application to bologna sausage. **Meat Science**, v. 67, n.1, p. 7-13, 2004.

FERNÁNDEZ-GINÉS, J. M., FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J., SAYAS-BARBERÁ, E., & PÉREZ-ALVAREZ, J. A. Meat products as functional foods: A Review. **Journal of Food Science**, v. 70, n. 2, p.37-43, 2005.

FENNEMA, O.R. **Química de Los Alimentos**. 2ª Edição. Zaragoza, Espanha: Acribia Editorial, 2000.

FUENTES-ZARAGOZA, E., RIQUELME-NAVARRETE, M. J., SÁNCHEZ-ZAPATA, E., & PÉREZ ÁLVAREZ, J. A. Resistant starch as functional ingredient. **Food Research International**, v.43, n.4, p.931–942, 2010.

FURLÁN, L. T. R.; PADILLA, A. P.; & CAMPDERRÓS, M. E. Development of reduced fat minced meats using inulin and bovine plasma proteins as fat replacers. **Meat Science**, v. 96, n.2, p. 762-768, 2014.

GANJI, V.; & KIES, C. V. Psyllium husk fiber supplementation to the diets rich in soybean or coconut oil: Hypocholesterolemic effect in healthy humans. **Journal Food Science and Nutrition**, v. 47, n. 2, p.103-110, 1996.

GARCIA, M. L., DOMINGUEZ, C., GALVEZ, M. D., CASCAS, C., & SELGAS, M. D. Utilization of cereal and fruits fiber in low fat dry fermented sausages. **Meat Science**, v. 60, n.3, p. 227-236, 2002.

GLIBOWSKI, P., & PIKUS, S. Amorphous and crystal inulin behavior in a water environment. **Carbohydrate Polymers**, v.83, n.2, p. 635–639, 2011.

GÓMEZ, M., & LORENZO, J.M. Effect of fat level on physicochemical, volatile compounds and sensory characteristics of dry-ripened “chorizo” from Celta pig breed. **Meat Science**, v.95, n.3, p.658–666, 2013.

GÖK, V., AKKAYA, L., OBUZ, E., & BULUT, S. Effect of ground poppy seed as a fat replacer on meat burgers. **Meat Science**, v. 89, n.4, p. 400-404, 2011.

HAULY, M. C. de O.; & MOSCATTO, J. A. Inulina e Oligofrutoses: uma revisão sobre propriedades funcionais, efeito prebiótico e importância na indústria de alimentos. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 23, n. 1, p. 105-118, 2002.

HORWITZ, W. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 17th ed. Gaithersburg, Maryland: v.2, p.7-10, 2000.

HUANG, S. C.; TSAI, Y. F.; & CHEN, C. M. Effects of wheat fiber, oat fiber, and inulin on sensory and physic-chemical properties of Chinese-style sausages. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**. v. 24, n. 6, p. 875-880, 2011.

HYGREEVA, D., PANDEY, M. C., & RADHAKRISHNA, K. Potential applications of plant based derivatives as fat replacers, antioxidants and antimicrobials in fresh and processed meat products. **Meat Science**, v.98, n.1, p.47-57, 2014.

IAL – INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**, v. 1. 3^a ed. São Paulo, 1985.

JANUZZI, A. G. V. A. **Características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais de produto tipo presunto cozido desenvolvido com adição de fibras solúveis e insolúveis**. 2007. 83f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

JIMENEZ-COLMENERO, F. Relevant factors in strategies for fat reduction in meat products. **Trends in Food Science & Technology**, v.11, n.2, p.56-66, 2000.

JIMENEZ-COLMENERO, F.; CARBALLO, J.; & COFRADES, S. Healthier meat and meat products: their role as functional foods. **Meat Science**, v.59, n.1, p.5-13, 2001.

JO, C., SON, J. H., SON, C. B., & BYUN, M. W. Functional properties of raw and cooked pork patties with added irradiated, freeze-dried green tea leaf extract powder during storage at 4 degrees C. **Meat Science**, v. 64, n.1, p.13–17, 2003.

KACZMARCZYK, M. M.; MILLER, M. J.; & FREUND, G.G. The health benefits of dietary fiber: Beyond the usual suspects of type 2 diabetes mellitus, cardiovascular disease and colon cancer. *Metabolism*, v.61, n.8, p. 1058-1066, 2012.

KTARI, N., SMAOUI, S., TRABELSI, I., NASRI, M., & SALAH, R. B. Chemical composition, Techno-functional and sensory properties and effects of three dietary fibers on the quality characteristics of Tunisian beef sausage. **Meat Science**, v. 96,n.1, p. 512-525, 2014.

KEENAN, D.F., RESCONI, V. C., KERRY, J. P., & HAMILL, R. M. Modelling the influence of inulin as a fat substitute in comminuted meat products on their physico-chemical characteristics and eating quality using a mixture design approach. **Meat Science**, v.96, n.3, p.1384-1394, 2014.

KEETON, J. T. Low-fat meats products technological problems with processing. **Meat Science**, v. 36, n.1, p. 261–276, 1994.

LAWRIE, R. A.; & LEDWARD, D. A. Lawries **Meat Science**. Cambridge: Woodhead. Publishing, p.442, 2006.

LÓPEZ-VARGAS, J., FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J., PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A., & VIUDA-MARTOS, M. Quality characteristics of pork burger added with albedo-fiber powder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) co-products. **Meat Science**, v.97, n.2, p.270-276, 2014.

LORENZO, J.M., & FRANCO, D. Fat effect on physico-chemical, microbial and textural changes through the manufactured of dry-cured foal sausage. Lipolysis, proteolysis and sensory properties. **Meat Science**, v.92, n.4, p.704-714, 2012.

LORENZO, J.M., MONTES, R., PURRIÑOS, L., & FRANCO, D. Effect of pork fat addition on the volatile compounds of foal dry-cured sausage. **Meat Science**, v.91, n.4, p.506-512, 2012.

MANCINI, R. A.; & HUNT, M.C. Current research in meat color. **Meat Science**, v. 71, n.1, p. 100-121, 2005.

MANSOUR, E. H.; & KHALIL, A. H. Characteristics of low-fat beef burgers as influenced by various types of wheat fibers. **Food Research International**, v.30, n.4, p. 199-205, 1999.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; & CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques**. 3ed. CRC, 281 p., 1999.

MEINHOLD, N. M. Processed meats with 38-75% less fat. **Food Processing**, v.52, n.1, p. 105-106, 1991.

MEIER, R; & GASSULL, M. A. Consensus recommendations on the effects and benefits of fiber in clinical practice. **Clinical Nutrition Supplements**, v.1, n.1, p-73-80, 2004.

MÉNDEZ-ZAMORA, G., GARCÍA-MACÍAS, J. A., SANTELLANO-ESTRADA, E., CHÁVEZ-MARTÍNEZ, A., DURÁN-MELÉNDEZ, L. A., SILVA-VÁZQUEZ, R., & QUINTERO-RAMOS, A. Fat reduction in the formulation of frankfurter sausages using inulin and pectin. **Food Science and Technology**, v. 35, n.1, p. 25-31, 2015.

MENDOZA, E., GARCÍA, M.L., CASAS, C., & SELGAS, M.D. Inulin as fat substitute in low fat, dry fermented sausages. **Meat Science**, v.57, n.4, p. 387-393, 2001.

MUGUERZA, E., GIMENO, O., ANSORENA, D., BLOUKAS, J. G., & ASTIASARÁN, I. Effect of replacing pork backfat with pre-emulsified olive oil on lipid fraction and sensory quality of Chorizo de Pamplona — A traditional Spanish fermented sausage. **Meat Science**, v. 59, n.3, p. 251–258, 2001

NGUYEN, V. T., LEGOWSKI, P. L., GEISE, T. J., ZUKLEY, L., YOUNT, B. W., & RIPPE, J. M. A high fiber dietary intervention is effective in producing weight loss and improving dietary quality. **Journal of American Diet Association**. v. 104, n. 2, p. 51-59, 2004.

OHTA, A., OHTUKI, M., TAKIZAWA, T., INABA, H., ADACHI, T., & KIMURA, S. Effects of fructooligosaccharides on the absorption of Mg e Ca by cectomized rats. **International Journal for Vitamin and Nutrition Research**, v.64, n.4, p. 316-323, 1994.

OLIVO, R. Alterações oxidativas em produtos cárneos. In: OLIVO, R. **O mundo do Frango**: cadeia produtiva da carne de frango. Criciúma, SC: Editora do Autor, p. 533-542, 2006.

OLIVEIRA, D. F., COELHO, A. R., BURGARDT, V. da C da F., HASHIMOTO, E. H., LUNKES, A. M., MARCHI, J. F., & TONIAL, I. B. Alternativas para um produto cárneo mais saudável: uma revisão. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 16, n.3, p.163-174, 2013.

OLMEDILLA-ALONSO, B.; JIMÉNEZ-COLMENERO, F.; & SÁNCHEZ-MUNIZ, F.J. Development and assessment of healthy properties of meat and meat products designed as functional foods. **Meat Science**, v.95, n.4, p.919-930, 2013.

PELSER, W. M., LINSSEN, J. P. H., LEGGER, A., & HOUBEN, J. H. Lipid oxidation in n-3 fatty acid enriched Dutch style fermented sausages. **Meat Science**, v.75, n.1, p.1–11, 2007.

PEREIRA, M. A.; E. O'REILLY, E.; & AUGUSTSSON, K. Dietary fiber and risk of coronary heart disease. **ACC Current Journal Review**, v. 13, n. 5, p.26, 2004.

PÉREZ, M. F.; & SÁNCHEZ, J. L. R. Tecnología para la obtención de fibre dietética a partir de matérias primas regionales: la experiência em Cuba. In: LAJOLO, F. M.; SAURA CALIXTO, F.; PENNA, E. W.; & MENEZES, E. W. Fibra dietética em iberoamérica: Tecnología y salud: obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación em alimentos. São Paulo: Varela, 2001. Cap.15, p. 211-236.

PETRACCI, M., BIANCHI, M., MUDALAL, S., & CAVANI, C., Functional ingredients for poultry meat products. **Trends in Food Science & Technology**. v.33, n.1, p.27-39, 2013.

PIÑERO, M. P., PARRA, K., HUERTA-LEIDENZ, N., ARENAS de MORENO, L., FERRER, M., ARAUJO, S., & BARBOZA, Y. Effect of oat's soluble fiber (beta-glucan) as a fat replacer on physical, chemical, microbiological and sensory properties of low-fat beef patties. **Meat Science**, v.80, n.3, p.675–680, 2008.

PROSKY, L. What is dietary fiber? A new look at the definition. In B. V. MCCLEARY, & L. PROSKY. *Advanced Dietary Fiber Technology*. Oxford: Blackwell Science Ltd, p. 63–76, 2001.

PROSKY, L.; ASP, N-G.; SCHWEIZER, T.F.; DEVRIES, J.W.; & FURDA, I. Determination of insoluble and soluble dietary fibers in foods and food products. **Journal of A.O.A.C. International**, v.75, n.2, p. 360-367, 1992.

PSZCZOLA, D. E. Oat-bran based ingredient blend replaces fat in ground beef and pork sausage. **Food Technology**, v. 45, n.60, p. 60-66, 1991.

RODRÍGUEZ, R., JIMÉNEZ, A., FERNÁNDEZ-BOLAÑOS, J., GUILLÉN, R., & HEREDIA, A. A. Dietary fiber from vegetable products as source of functional ingredients. **Trends in Food Science & Technology**, v. 17, n.1, p.3-15, 2006.

SANTOS JÚNIOR, L. C. O., RIZZATI, R., BRUNGERA, A., SCHIAVINI, T. J., DE CAMPOS, E. F., M., NETO, J. F., S., RODRIGUES, L. B., DICKEL, E. L., & DOS SANTOS, L., R. Desenvolvimento de hambúrguer de carne de ovinos de descarte enriquecido com farinha de aveia. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 4, p. 1128-1134, 2009.

SALCEDO-SANDOVAL, L., COFRADES, S., PÉREZ, C.R-C., SOLAS, M.T., & JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Healthier oils stabilized in konjac matrix as fat replacers in n – 3 PUFA enriched frankfurters. **Meat Science**, v.93, n.3, p.757–786, 2013.

SANTOS, B. A., CAMPAGNOL, P. C. B., PACHECO, M. T. B., & POLLONIO, M. A. R. Fructooligosaccharides as a fat replacer in fermented cooked sausages. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 47, n.6, p. 1183-1192, 2012.

SAURA-CALIXTO, F. Evolución del concepto de fibra. In: LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. **Carbohidratos em alimentos regionales iberoamericanos**. São Paulo: Edusp, 2006. cap.10, p.235-253,2006.

SEABRA, L. M. J., ZAPATA, J. F. F., NOGUEIRA, C. M., DANTAS, M. A., & ALMEIDA, R. B. de. Fécula de mandioca e farinha de aveia como substitutos de gordura na formulação de hambúrgueres de carne ovina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.22, n.3, p.244-248, 2002.

SERDAROGLU, M.; & DEGIRMENCIOGLU, O. Effects of fat level (5%,10%,20%) and corn flour (0%,2%,4%) on some properties of Turkish type meatballs (koefte). **Meat Science**, v. 68, n.2, p.291–296, 2004.

SELANI, M. M., SHIRADO, A. N., MARGIOTTA, G. B., SALDAÑA, E., SPADA, F. P., PIEDADE, S., M. S., CONTRERAS-CASTILLO, C. J., & CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Effects of pineapple byproduct and canola oil as fat replacers on physicochemical and sensory qualities of low-fat beef burger. **Meat Science**, v.112, n.1, p.69-76, 2016.

SCHMIELE, M., MASCARENHAS, M. C. C. N., BARRETTO, A. C. S., & POLLONIO, M. A. R. Dietary fiber as fat substitute in emulsified and cooked meat model system. **LWT- Food Science and Technology**, v.61, n.1, p-105-111, 2015.

SCHULZE, M. B, LIU, S., RIMM, E. B., MANSON, J. E., WILLETT, W. C., & HU, F. B. Glycemic index, glycemic load, and dietary fiber intake and incidence of type 2 diabetes in younger and middle-aged women. Am. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 80, n. 2, p.348-356, 2004.

SOUZA, V.L.F. de., SASAKI, J. Y., FRANCO, M. L. R. de S., BARBOSA, M. J. B., & CARDOZO, R. M. Processing, physicochemical, and sensory analyses of ostrich meat hamburger. **Ciência e Tecnologia de alimentos**, v.32, n.3, p.450-454, 2012.

TABELA Brasileira de Composição dos Alimentos/ Núcleo de Estudos e Pesquisa em Alimentação- NEPA, UNICAMP- 4.ed, 2011. Disponível em: www.unicamp.br/nepa/taco/. Acesso em: 02 de junho de 2015.

TALUKDER, S. Effect of dietary fiber on properties and acceptance of meat products: A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 55, n.1, p-1005-1011, 2015.

THEBAUDIN, J. Y., LEFEBVRE, A. C., HARRINGTON, M., & BOURGEOSI, C. M. Dietary fibers: nutritional and technological interest. **Trends in food Science & Technology**, v.8, n.2, p.41-48, 1997.

TORRES, E. A. F. S.; & OKANI, E. T. Teste de TBA: ranço em alimentos. **Revista Nacional da Carne**, v. 243, n.4, p. 68-76, 1997.

TROY, D.J.; DESMOND, E.M; & BUCKEY, D.J. Eating quality of low-fat beef burger containing fat-replacing functional blends. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.79, n.4, p.508-516, 1999.

TURHAN, S.; SAGIR, I.; & USTUN, N. S. Utilization of hazelnut pellicle in low-fat beef burgers. **Meat Science**, v. 71, n.2, p.312–316, 2005.

ULLOA, D.F.M. **Substituição de gordura em sistema modelo de emulsões de carne. Efeitos nos parâmetros físicos, químicos e sensoriais**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Unicamp, Campinas, 1999.

ULU, H. Effect of wheat flour, whey protein concentrate and soya protein isolate on oxidative processes and texture properties of cooked meatballs. **Food Chemistry**, v. 87, n.4, p. 523-529, 2004.

VALENCIA, I., O'GRADY, M. N., ANSORENA, D., ASTIASARÁN, I., & KERRY, J. P. Enhancement of the nutritional status and quality of fresh pork sausages following the addition of linseed oil, fish oil and natural antioxidants. **Meat Science**, v. 80, n.4, p. 1046–1054, 2008.

VANDRESEN, S. **Purificação parcial de inulina obtida a partir de yacon e recuperação de compostos antioxidantes por processo de sorção**. Tese. (Doutorado em Engenharia química), Universidade Federal de Santa Catarina, 2011, 175f.

VIUDA-MARTOS, M., RUIZ-NAVAJAS, Y., FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J., & PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A. Effect of added citrus fiber and spice essential oils on quality characteristics and shelf-life of mortadella. **Meat Science**, v.85, n.3, p.568-576, 2010.

VURAL, H. Effect of replacing beef fat and tail fat with interesterified plant oil on quality characteristics of Turkish semi-dry fermented sausages. **European Food Research Technology**, v. 217, n.2, p.100–103, 2003.

VYNCKE, W. Direct Determination of the Thiobarbituric Acid Value in Trichloroacetic Acid Extracts of Fish as a Measure of Oxidative Rancidity. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v.72, n.12, p.1084-1087, 1970.

VORAGEN, A. G. J. Technological aspects of functional food-related carbohydrates. **Trends Food Science & Technology**, v.9, n.8, p.328-335, 1998.

WANG, Y. Prebiotics: Present and future in food science and technology. **Food Research International**, v 42, n.1, p. 8–12, 2009.

WEISS, J., GIBIS, M., SCHUH, V., & SALMINEN, H. Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products. **Meat Science**, v.89, n.1, p. 196-213, 2010.

WOOD, P. J. Oat Bran. **American Association of Cereal Chemists**, v n p. 83-112, 1993.

YOO, S.S., KOOK, S.H., PARK, S.Y., SHIM, J.H., & CHIN, K.B. Physicochemical characteristics, textural properties and volatile compounds in comminuted sausages as affected by various fat levels and fat replacers. **International Journal of Food Science and Technology**, v.42, n.9, p.1114–1122, 2007.

YILMAZ, I. Effects of rye bran addition on fatty acid composition and quality characteristics of low fat meatballs. **Meat Science**. v. 67, n.2, p.245–249, 2004.

YASARLAR, E. E., DAGLIOGLU, O. & YILMAZ, I. Effect of cereal bran addition on chemical composition, cooking characteristics and sensory properties of Turkish meatballs. **Asian Journal of Chemistry**. v. 19, n.3, p.2353–2361, 2007.

ZIPSER, M.W.; & WATTS, B.M. A modified 2-thiobarbituric acid (TBA) method for the determination of malonaldehyde in cured meats. **Food Technology**, v.16, n.7, p.102-104, 1962.

ANEXO I- Ficha sensorial hambúrguer de carne bovina e paio.

Nome: _____	Data: ____/____/____								
1-Você está recebendo uma amostra de Hambúrguer Bovino. Por favor, prove-a e avalie cada item segundo a escala abaixo.									
Código da amostra: _____									
9-gostei extremamente	<table border="1" style="width: 100%;"><tr><td style="width: 50%;">Cor</td><td style="width: 50%;"></td></tr><tr><td>Sabor</td><td></td></tr><tr><td>Textura</td><td></td></tr><tr><td>Aceitação global</td><td></td></tr></table>	Cor		Sabor		Textura		Aceitação global	
Cor									
Sabor									
Textura									
Aceitação global									
8-gostei muitíssimo									
7-gostei moderadamente									
6-gostei levemente									
5-não gostei nem desgostei									
4-desgostei levemente									
3-desgostei moderadamente									
2-desgostei muitíssimo									
1-desgostei extremamente									
2-Assinale, para esta amostra, qual seria sua intenção de compra:									
☐ () Eu certamente compraria esta amostra.									
☐ () Eu provavelmente compraria esta amostra.									
☐ () Tenho dúvida se compraria ou não esta amostra.									
☐ () Eu provavelmente não compraria esta amostra.									
☐ () Eu certamente não compraria esta amostra.									
Comentários: _____									

Nome: _____	Data: ____/____/____								
1-Você está recebendo uma amostra de Linguíça mista cozida (Paio). Por favor, prove-a e avalie cada item segundo a escala abaixo.									
Código da amostra: _____									
9-gostei extremamente	<table border="1" style="width: 100%;"><tr><td style="width: 50%;">Cor</td><td style="width: 50%;"></td></tr><tr><td>Sabor</td><td></td></tr><tr><td>Textura</td><td></td></tr><tr><td>Aceitação global</td><td></td></tr></table>	Cor		Sabor		Textura		Aceitação global	
Cor									
Sabor									
Textura									
Aceitação global									
8-gostei muitíssimo									
7-gostei moderadamente									
6-gostei levemente									
5-não gostei nem desgostei									
4-desgostei levemente									
3-desgostei moderadamente									
2-desgostei muitíssimo									
1-desgostei extremamente									
2-Assinale, para esta amostra, qual seria sua intenção de compra:									
☐ () Eu certamente compraria esta amostra.									
☐ () Eu provavelmente compraria esta amostra.									
☐ () Tenho dúvida se compraria ou não esta amostra.									
☐ () Eu provavelmente não compraria esta amostra.									
☐ () Eu certamente não compraria esta amostra.									
Comentários: _____									

(Conselho Nacional de Saúde, Resolução 466/2012)

Diante das explicações, se você concorda em participar deste projeto, por favor, informe seus dados abaixo e assine este Termo.

_____ Usuário ou responsável legal	_____ Pesquisador(a) responsável
--	--

Nome: Camila Vespúcio Bis	Cargo/Função: Mestranda
Instituição: Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos/ IBILCE/UNESP	
Endereço: Rua Cristóvão Colombo, 2265- Jardim Nazareth- São José do Rio Preto/SP- Telefones (17) 3221.2250	
Projeto submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa do IBILCE/UNESP São José do Rio Preto – fone 17-3221.2428/2563 e 3221.2482	

ANEXO III- Especificação das fibras alimentares de acordo com os fornecedores

Fibra alimentar	Umidade	% Fibra	pH
Inulina (ORAFTI- Beneo GR®)	1% - 5%	90% - 100%	5 – 7
Frutooligossacarídeo (NutraFlora P95®)	Max. 5%	Min. 95%	5 – 7
Fibra de aveia (VITACEL Oat Fiber®)	Max. 8%	Min. 96%	5,5-7,5
Fibra de trigo (Creafiber WC-200®)	Max. 7%	95,7%	6 - 8

Fonte. Clariant, Ingredion®, J.Rettenmaier Latinoamericana Ltda, Nutrassim, respectivamente.

ANEXO IV- Tabela de análise dos efeitos do delineamento fatorial 2²

Tabela 25. Análise dos efeitos para o rendimento do delineamento fatorial 2²

	Efeito	Erro Padrão	t(3)	P - Valor	C.L (-95%)	C.L (+95%)
Média	90,89061	0,088175	1030,796	0,000000	90,61000	91,17122
F.A (L)	8,30649	0,124886	66,513	0,000007	7,90905	8,70393
F.A (Q)	-3,11782	0,140001	-22,270	0,000198	-3,56336	-2,67227
I (L)	0,39415	0,124886	3,156	0,051026	-0,00329	0,79159
I (Q)	-3,87231	0,140001	-27,659	0,000104	-4,31785	-3,42676
F.A x I	2,21500	0,176352	12,560	0,01088	1,65377	2,77623

Tabela 26. Análise dos efeitos para o valor de oxidação lipídica (0 Dia) do delineamento fatorial 2².

	Efeito	Erro Padrão	t(3)	P - Valor	C.L (-95%)	C.L (+95%)
Média	0,146399	0,007611	19,23607	0,000307	0,122179	0,170620
F.A (L)	-0,006316	0,012351	-0,51137	0,644348	-0,045622	0,032990
F.A (Q)	0,024230	0,016468	1,47138	0,237567	-0,028177	0,076638
I (L)	0,021118	0,012351	1,70982	0,185829	-0,018188	0,060424
I (Q)	0,030386	0,016468	1,84519	0,162199	-0,022022	0,082793
F.A x I	0,038500	0,015864	2,42688	0,093591	-0,011986	0,088986

Tabela 27. Análise dos efeitos para o valor de oxidação lipídica (30 Dias) do delineamento fatorial 2².

	Efeito	Erro Padrão	t(3)	P - Valor	C.L (-95%)	C.L (+95%)
Média	0,125580	0,009510	13,20574	0,000938	0,095317	0,155844
F.A (L)	0,009807	0,015432	0,63550	0,570265	-0,039306	0,058920
F.A (Q)	0,003374	0,020576	0,16399	0,880163	-0,062109	0,068858
I (L)	-0,011226	0,015432	-0,72740	0,519606	-0,060339	0,037887
I (Q)	-0,001242	0,020576	-0,06038	0,955649	-0,066726	0,064241
F.A x I	0,005500	0,019822	0,27747	0,799443	-0,057583	0,068583

Tabela 28. Análise dos efeitos para a dureza do delineamento fatorial 2².

	Efeito	Erro Padrão	t(3)	P - Valor	C.L (-95%)	C.L (+95%)
Média	41,63346	0,621919	66,92359	0,000007	39,65424	43,61269
F.A (L)	16,99255	0,880845	19,29120	0,000304	14,18931	19,79579
F.A (Q)	2,97300	0,987456	3,01077	0,057177	-0,16952	6,11553
I (L)	0,60304	0,880845	0,68462	0,0542732	-2,20020	3,40629
I (Q)	0,04559	0,987456	0,04617	0,966080	-3,09694	3,18811
F.A x I	1,10500	1,243848	0,88837	0,439780	-2,85348	5,06348

Tabela 29. Análise dos efeitos para a coesividade do delineamento fatorial 2².

	Efeito	Erro Padrão	t(3)	P - Valor	C.L (-95%)	C.L (+95%)
Média	0,472567	0,011087	42,6279	0,000028	0,437285	0,507850
F.A (L)	0,073544	0,015702	4,68359	0,018394	0,023572	0,123416
F.A (Q)	-0,008953	0,017603	-0,50858	0,646085	-0,064973	0,047068
I (L)	0,006043	0,015702	0,38484	0,726016	-0,043929	0,056015
I (Q)	0,041347	0,017603	2,34885	0,100411	-0,014674	0,097367
F.A x I	-0,075000	0,022174	-3,38241	0,043015	-0,145566	-0,004434

Tabela 30. Análise dos efeitos para a elasticidade do delineamento fatorial 2²

	Efeito	Erro Padrão	t(3)	P - Valor	C.L (-95%)	C.L (+95%)
Média	0,739925	0,009129	81,05541	0,000004	0,710873	0,768976
F.A (L)	-0,008550	0,012929	-0,66133	0,555657	-0,049697	0,032596
F.A (Q)	-0,032454	0,014494	-2,23910	0,111055	-0,078580	0,013673
I (L)	0,009453	0,012929	0,73115	0,517621	-0,031693	0,050600
I (Q)	-0,052573	0,014494	-3,62723	0,036064	-0,098700	-0,006447
F.A x I	0,050000	0,018257	2,73861	0,071422	-0,008103	0,108103

Tabela 31. Análise dos efeitos para a mastigabilidade do delineamento fatorial 2².

	Efeito	Erro Padrão	t(3)	P - Valor	C.L (-95%)	C.L (+95%)
Média	14,39731	0,358303	40,18195	0,000034	13,25703	15,53759
F.A (L)	7,62371	0,507477	15,02276	0,000640	6,00869	9,23872
F.A (Q)	0,54248	0,568899	0,95356	0,410655	-1,26801	2,35297
I (L)	0,56877	0,507477	1,12077	0,344012	-1,04625	2,18379
I (Q)	0,15014	0,568899	0,26392	0,808933	-1,66035	1,9603
F.A x I	-0,15500	0,716612	-0,21630	0,842630	-2,43558	2,12558

Tabela 32. Análise dos efeitos para o valor L* do delineamento fatorial 2².

	Efeito	Erro Padrão	t(3)	P - Valor	C.L (-95%)	C.L (+95%)
Média	53,60351	0,43613	123,3362	0,000001	52,22038	54,98664
F.A (L)	0,59946	0,615557	0,9738	0,401958	-1,35952	2,55844
F.A (Q)	-0,87210	0,690060	-1,2638	0,295576	-3,06818	1,32398
I (L)	1,00303	0,615557	1,6295	0,201703	-0,95594	2,96201
I (Q)	-1,38012	0,690060	-2,0000	0,139326	-3,57620	0,81596
F.A x I	-1,69500	0,869233	-1,9500	0,146275	-4,46129	1,07129

Tabela 33. Análise dos efeitos para o valor a* do delineamento fatorial 2².

	Efeito	Erro Padrão	t(3)	P - Valor	C.L (-95%)	C.L (+95%)
Média	14,66344	0,24768	56,25379	0,000011	13,87588	15,45099
F.A (L)	-0,38131	0,350498	-1,08791	0,356226	-1,49675	0,73413
F.A (Q)	-0,37782	0,392920	-0,96157	0,407200	-1,62827	0,87263
I (L)	0,07613	0,350498	0,21720	0,841989	-1,03931	1,19157
I (Q)	-0,18165	0,392920	-0,46231	0,675323	-,143210	1,06879
F.A x I	-0,20000	0,494941	-0,40409	0,713229	-1,77512	1,37512

Tabela 34. Análise dos efeitos para o valor b* do delineamento fatorial 2².

	Efeito	Erro Padrão	t(3)	P - Valor	C.L (-95%)	C.L (+95%)
Média	13,85127	0,217115	63,76704	0,000008	13,16031	14,54222
F.A (L)	0,63180	0,307507	2,05460	0,132179	-0,34682	1,61043
F.A (Q)	0,04091	0,344726	0,11868	0,913027	-1,05616	1,13798
I (L)	-0,18583	0,307507	-0,60430	0,588282	-1,16445	0,79280
I (Q)	-0,08986	0,344726	-0,26069	0,811205	-1,18694	1,00721
F.A x I	0,03500	0,434233	0,08060	0,940835	-1,34692	1,41692

Tabela 35. Análise dos efeitos para o atributo sensorial de cor do delineamento fatorial 2².

	Efeito	Erro Padrão	t(3)	P - Valor	C.L (-95%)	C.L (+95%)
Média	7,030049	0,117968	59,59292	0,000010	6,654623	7,405476
F.A (L)	-0,113989	0,167082	-0,68223	0,544045	-0,645719	0,417740
F.A (Q)	-0,139193	0,187304	-0,74314	0,511301	-0,735280	0,456893
I (L)	0,140719	0,167082	0,84221	0,461511	-0,391011	0,672448
I (Q)	-0,169373	0,187304	-0,90427	0,432511	-0,765459	0,426713
F.A x I	-0,025000	0,235938	-0,10596	0,922302	-0,775860	0,725860

Tabela 36. Análise dos efeitos para o atributo sensorial de sabor do delineamento fatorial 2².

	Efeitos	Erro Padrão	t(3)	P - Valor	C.L (-95%)	C.L (95%)
Média	7,026924	0,114117	61,57650	0,000009	6,663753	7,390095
F.A (L)	-0,159625	0,161628	-0,98761	0,396158	-0,67997	0,354747
F.A (Q)	-0,070506	0,181190	-0,38913	0,723160	-0,647134	0,506122
I (L)	-0,254658	0,161628	-1,57558	0,213205	-0,769029	0,259714
I (Q)	-0,130865	0,181190	-0,72225	0,522349	-0,707493	0,445763
F.A / I	0,045000	0,228236	0,19716	0,856301	-0,681349	0,771349

Tabela 37. Análise dos efeitos para o atributo sensorial de textura do delineamento fatorial 2².

	Efeitos	Erro Padrão	t(3)	P - Valor	C.L (-95%)	C.L (95%)
Média	7,007165	0,104042	67,34917	0,000007	6,676056	7,338274
F.A (L)	-0,393360	0,147359	-2,66941	0,075729	-0,862322	0,075601
F.A (Q)	-0,181986	0,165194	-1,10165	0,351067	-0,707708	0,343735
I (L)	-0,145804	0,147359	-0,98945	0,395389	-0,614765	0,323158
I (Q)	0,118803	0,165194	0,71917	0,523992	-0,406918	0,644525
F.A / I	0,021000	0,208087	0,10092	0,925981	-0,641224	0,683224

Tabela 38. Análise dos efeitos para o atributo sensorial de aceitação global do delineamento fatorial 2².

	Efeitos	Erro Padrão	t(3)	P - Valor	C.L (-95%)	C.L (95%)
Média	6,987080	0,107809	64,81000	0,000008	6,643985	7,330175
F.A (L)	-0,209649	0,152693	-1,37301	0,263378	-0,695586	0,276289
F.A (Q)	-0,222787	0,171174	-1,30152	0,284010	-0,767539	0,321966
I (L)	-0,147815	0,152693	-0,96805	0,404425	-0,633752	0,338123
I (Q)	-0,051769	0,171174	-0,30244	0,782076	-0,596522	0,49283
F.A / I	0,120000	0,215619	0,55654	0,616663	-0,566197	0,806197

ANEXO V- Tabelas de análise de variância do delineamento fatorial 2²

Tabela 39. Análise de variância para o rendimento do delineamento fatorial 2².

Fonte de Variação	SQ	GL	QM	F _{CALC.}	F _{TAB.}
Regressão	175,7453	5	182,0174	7,72	4,28*
Resíduo	70,7443	6	23,5814		
Falta de Ajuste	70,6510	3	23,5503		
Erro Puro	0,0933	3	0,0311		
Total	246,4896	11			

R²= 71,30 *F_{TAB.} (5; 6; 0,05)

Tabela 40. Análise de variância para o valor de oxidação lipídica (Zero Dia).

Fonte de Variação	SQ	GL	QM	F _{CALC.}	F _{TAB.}
Regressão	0,003836	5	0,003686	1,86	4,28*
Resíduo	0,005959	6	0,001987		
Falta de Ajuste	0,005204	3	0,001735		
Erro Puro	0,000755	3	0,000252		
Total	0,009795	11			

R²= 39,16 *F_{TAB.} (5; 6; 0,05)

Tabela 41. Análise de variância para o valor de oxidação lipídica (30 Dias).

Fonte de Variação	SQ	GL	QM	F _{CALC.}	F _{TAB.}
Regressão	0,000406	5	0,000409	0,59	4,28*
Resíduo	0,002076	6	0,000692		
Falta de Ajuste	0,000897	3	0,000299		
Erro Puro	0,001179	3	0,000393		
Total	0,002484	11			

R²= 16,43 *F_{TAB.} (5; 6; 0,05)

Tabela 42. Análise de variância para a dureza do delineamento fatorial 2².

Fonte de Variação	SQ	GL	QM	F _{CALC.}	F _{TAB.}
Regressão	592,2286	5	591,7498	18,87	4,28*
Resíduo	94,1019	6	31,3673		
Falta de Ajuste	89,4604	3	29,8201		
Erro Puro	4,6415	3	1,5472		
Total	686,3305	11			

R²= 86,30 *F_{TAB.} (5; 6; 0,05)Tabela 43. Análise de variância para a coesividade do delineamento fatorial 2².

Fonte de Variação	SQ	GL	QM	F _{CALC.}	F _{TAB.}
Regressão	0,019679	5	0,019323	18,18	4,28*
Resíduo	0,003188	6	0,001063		
Falta de Ajuste	0,001713	3	0,000571		
Erro Puro	0,001475	3	0,000492		
Total	0,022867	11			

R²= 86,06 *F_{TAB.} (5; 6; 0,05)Tabela 44. Análise de variância para a elasticidade do delineamento fatorial 2².

Fonte de Variação	SQ	GL	QM	F _{CALC.}	F _{TAB.}
Regressão	0,008016	5	0,007064	5,11	4,28*
Resíduo	0,004151	6	0,001383		
Falta de Ajuste	0,003151	3	0,001050		
Erro Puro	0,001000	3	0,000333		
Total	0,012167	11			

R²= 65,90 *F_{TAB.} (5; 6; 0,05)

Tabela 45. Análise de variância para a mastigabilidade do delineamento fatorial 2².

Fonte de Variação	SQ	GL	QM	F _{CALC.}	F _{TAB.}
Regressão	117,035	5	117,0678	25,90	4,28*
Resíduo	13,7388	6	4,5796		
Falta de Ajuste	12,1982	3	4,0661		
Erro Puro	1,5406	3	0,5135		
Total	130,7738	11			

R²=89,50 *F_{TAB.} (5; 6; 0,05)Tabela 46. Análise de variância para o valor L* do delineamento fatorial 2².

Fonte de Variação	SQ	GL	QM	F _{CALC.}	F _{TAB.}
Regressão	9,21245	5	9,82481	0,66	4,28*
Resíduo	44,28005	6	14,76002		
Falta de Ajuste	42,01335	3	14,00445		
Erro Puro	2,26670	3	0,75557		
Total	53,49250	11			

R²= 17,22 *F_{TAB.} (5; 6; 0,05)Tabela 47. Análise de variância para o valor a* do delineamento fatorial 2².

Fonte de Variação	SQ	GL	QM	F _{CALC.}	F _{TAB.}
Regressão	0,603754	5	0,620343	1,35	4,28*
Resíduo	1,36067	6	0,459159		
Falta de Ajuste	0,62577	3	0,214192		
Erro Puro	0,73490	3	0,244967		
Total	1,964425	11			

R²= 29,88 *F_{TAB.} (5; 6; 0,05)

Tabela 48. Análise de variância para o valor b* do delineamento fatorial 2².

Fonte de Variação	SQ	GL	QM	F _{CALC.}	F _{TAB.}
Regressão	0,884554	5	0,88153	2,05	4,28*
Resíduo	1,287746	6	0,429249		
Falta de Ajuste	0,722074	3	0,240691		
Erro Puro	0,565675	3	0,188558		
Total	2,172300	11			

R²= 50,72 *F_{TAB.} (5; 6; 0,05)Tabela 49. Análise de variância para o atributo sensorial de cor do delineamento fatorial 2².

Fonte de Variação	SQ	GL	QM	F _{CALC.}	F _{TAB.}
Regressão	0,091661	5	0,142281	2,22	3,20*
Resíduo	0,230764	6	0,064135		
Falta de Ajuste	0,025405	3	0,008468		
Erro Puro	0,167000	3	0,055667		
Total	0,322425	11			

R²= 40,33 *F_{TAB.} (5; 6; 0,1)Tabela 50. Análise de variância para o atributo sensorial de sabor do delineamento fatorial 2².

Fonte de Variação	SQ	GL	QM	F _{CALC.}	F _{TAB.}
Regressão	0,212622	5	0,217202	2,40	3,20*
Resíduo	0,271578	6	0,090526		
Falta de Ajuste	0,115303	3	0,038434		
Erro Puro	0,156275	3	0,052092		
Total	0,484200	11			

R²= 43,92 *F_{TAB.} (5; 6; 0,1)

Tabela 51. Análise de variância para o atributo sensorial de textura do delineamento fatorial 2².

Fonte de Variação	SQ	GL	QM	F _{CALC.}	F _{TAB.}
Regressão	0,443423	5	0,426321	4,76	3,20*
Resíduo	0,268689	6	0,089563		
Falta de Ajuste	0,138789	3	0,046263		
Erro Puro	0,129900	3	0,043300		
Total	0,712112	11			

R²= 62,30 *F_{TAB.} (5; 6; 0,1)

Tabela 52. A Análise de variância para o atributo sensorial de aceitação global do delineamento fatorial 2².

Fonte de Variação	SQ	GL	QM	F _{CALC.}	F _{TAB.}
Regressão	0,224469	5	0,266897	3,15	3,20*
Resíduo	0,253023	6	0,084341		
Falta de Ajuste	0,113548	3	0,037849		
Erro Puro	0,139475	3	0,046492		
Total	0,477492	11			

R²=47,01 *F_{TAB.} (5; 6; 0,1)