



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de São José do Rio Preto

Jenifer Mayara Monari Henck

**Influência da adição de fibras alimentares em salsicha de frango
com redução de gordura sobre as propriedades tecnológicas e
sensoriais**

São José do Rio Preto
2016

Jenifer Mayara Monari Henck

Influência da adição de fibras alimentares em salsicha de frango com redução de gordura sobre as propriedades tecnológicas e sensoriais

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciências de Alimentos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de 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

Henck, Jenifer Mayara Monari.

Influência da adição de fibras alimentares em salsicha de frango com redução de gordura sobre as propriedades tecnológicas e sensoriais / Jenifer Mayara Monari Henck. -- São José do Rio Preto, 2016

128 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. Alimentos de origem animal. 3. Alimentos - Teor de gordura. 4. Alimentos – Teor fibroso. 5. Embutidos. 6. Salsichas. I. Barretto, Andrea Carla da Silva. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. III. Título.

CDU – 637.523

Jenifer Mayara Monari Henck

Influência da adição de fibras alimentares em salsicha de frango com redução de gordura sobre as propriedades tecnológicas e sensoriais

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de 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
Orientador

Prof^a. Dr^a Marise Aparecida Rodrigues Pollonio
UNICAMP - Campinas, SP

Prof^a. Dr^a Natália Soares Janzantti
UNESP - São José do Rio Preto, SP

São José do Rio Preto
21 de junho de 2016

*Dedico este trabalho
a meus pais, Cleide e Antonio Carlos e
meus irmãos, Bridgit e Brinner,
por todo amor, carinho e apoio*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, pelas oportunidades concedidas, pela força, sabedoria e paciência nos momentos de dificuldades.

A Prof^a Dra Andrea Carla da Silva Barretto, por todos os ensinamentos, pela paciência, extrema dedicação e orientação ao longo destes anos.

A banca examinadora, pela presença e por todas as contribuições e sugestões que ajudaram a melhorar este trabalho.

A toda minha família, por sempre me apoiarem e estarem presentes em todos os momentos, pelo amor, carinho, torcida e também compreensão nos momentos ausentes. Vocês são a razão de tudo, amo muito vocês.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Centro de Microscopia e Microanálise do IBILCE/UNESP/São José do Rio Preto/SP, a Profa. Dra. Lilian Madi-Ravazzi pela captura das imagens no MEV (FAPESP, Proc. 95/06165-1), aos funcionários Rosana Silistino Souza e Luis Roberto Faleiros pela ajuda nas preparações técnicas.

Ao Frigorífico “Céu Azul” , pela doação da matéria-prima carne.

A Vogler, Clariant, Ingredion®, J.Rettenmaier Latinoamericana Ltda e Nutrassim pela doação das fibras alimentares.

A indústria New Max, pela ótima recepção, doação da matéria-prima carne e por ceder o espaço para o processamento das salsichas.

Aos técnicos de laboratório do Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos, Ginaldo, Luiz, Tânia, Alana, por toda ajuda com as análises, pela convivência e amizade.

Aos colegas de laboratório, Camila Bis, Tiago Barretto, Yara Trevisan, Elisa Bellucci, Paula, André, Heloísa e Melina por toda ajuda, convivência e amizade.

Aos amigos da Pós-graduação Aline, Heloísa, Crislen, Liara, Carolina, Yara, Elisa, Carla, Mariana, Iasnaia, Luciene, Mara, Tatiane, Marília, Wellington, Raul, Sidney, Tiago, Erick, Gisele e Tuany, que foram incríveis e verdadeiros anjos durante esses anos, obrigada por toda ajuda e por tornarem esta caminhada mais leve, graças a companhia, carinho, amizade, conselhos e encontros. Sou imensamente grata, amo vocês.

A todos que, de alguma forma contribuíram para a realização deste sonho.

RESUMO

Dentre os ingredientes não cárneos com propriedades funcionais, as fibras alimentares tem se destacado como substitutos de gordura em produtos cárneos emulsionados, devido às melhorias nas propriedades tecnológicas e sensoriais dos produtos obtidos. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da adição de fibras alimentares solúveis e insolúveis sobre as características tecnológicas e sensoriais de produtos cárneos emulsionados de frango, contendo carne mecanicamente separada de ave. Três fibras alimentares solúveis (inulina, frutooligossacarídeo e alfa-ciclodextrina) e duas insolúveis (fibra de aveia e fibra de trigo) foram adicionadas nas proporções de 3 e 6%, em bolos de carne de frango com redução de gordura. Dois tratamentos controles também foram elaborados, C1 contendo 10% de gordura sem adição de fibras alimentares e C2 sem adição de fibras alimentares e gordura. Posteriormente, a metodologia de superfície de resposta foi utilizada para avaliar o efeito da adição das fibras (alfa-ciclodextrina e fibra de trigo) em salsichas de frango com redução de gordura. Os produtos cárneos foram analisados quanto a composição centesimal, rendimento, estabilidade da emulsão, pH, cor instrumental, perfil de textura, estabilidade a oxidação lipídica. Em salsichas de frango também foram avaliadas a estabilidade microbiológica, microestrutura e análise sensorial. A alfa-ciclodextrina apresentou maior capacidade de emulsificação, melhorou a estabilidade da emulsão e o rendimento de bolos de carne de frango com redução de gordura. A fibra de trigo contribuiu para o aumento da dureza e tanto a fibra de trigo quanto a de aveia, utilizadas na maior proporção, aumentaram a mastigabilidade. A redução de gordura diminuiu a luminosidade dos bolos de carne de frango, mas não afetou as respostas para os parâmetros a^* e b^* . Ambas as fibras, alfa-ciclodextrina e fibra de trigo, apresentaram efeito para a dureza e mastigabilidade de salsichas de frango contendo carne mecanicamente separada de ave. A melhor formulação de salsicha com redução de gordura foi T2, mostrando que foi possível adicionar 8,98% de fibra alimentar (8,54% de alfa-ciclodextrina e 0,44% de fibra de trigo) com bons resultados sensoriais. A fibra alimentar solúvel alfa-ciclodextrina

apresentou ótimo potencial de aplicação como substituto de gordura em salsicha de frango, com bons resultados tecnológicos e sensoriais.

Palavras-chave: Substitutos de gordura. Alfa-ciclodextrina. Fibra de trigo. Salsicha. Propriedades tecnológicas e sensoriais.

ABSTRACT

Among the non-meat ingredients with functional properties, dietary fiber has emerged as a fat substitute in emulsified and cooked chicken products, due to improvements in both the technological and sensory properties. In this context, the aim of this study was to evaluate the effect of the addition of soluble and insoluble dietary fibers on the technological and sensory characteristics of emulsified and cooked chicken products containing mechanically deboned meat. Three soluble dietary fibers (inulin, fructooligosaccharides and alpha-cyclodextrin) and two insoluble (oat fiber and wheat fiber) were added in proportions of 3 and 6% to emulsified and cooked chicken products with fat reduction. Two control formulations were also prepared, C1 with 10% fat and no added dietary fiber and C2 with no fat and no added dietary fiber. Response surface methodology was used to evaluate the addition of alpha-cyclodextrin fiber and wheat fiber to chicken sausage with fat reduction. The emulsified and cooked chicken products were analyzed for chemical composition, yield, emulsion stability, pH, instrumental color, texture profile and stability to lipid oxidation. For the chicken sausage, the microbiological stability and microstructure were also evaluated and sensory analysis. The alpha-cyclodextrin showed the greatest emulsifying capacity, improved emulsion stability and the yield of emulsified and cooked chicken product with fat reduction. Wheat fiber increased the hardness and both wheat fiber and oat fiber, in the larger proportion, increased chewiness. The fat reduction resulted in decreasing lightness of the emulsified and cooked chicken products but it did not affect the a and b* values. Both alpha-cyclodextrin fiber and wheat fiber had an effect on the hardness and the chewiness of chicken sausages with mechanically deboned chicken. The best chicken sausage formulation with fat reduction was T2 showing that it was possible to add 8,98% dietary fiber (8,54% alpha-cyclodextrin and 0,44% wheat fiber) with good sensory results. The alpha-cyclodextrin fiber showed great potential as a fat substitute in chicken frankfurter sausages with good technological and sensory results.*

Keywords: Fat substitutes. Alpha-cyclodextrin. Wheat fiber. Sausage. Technological and sensory properties.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de uma emulsão cárnea.....	22
Figura 2. Estrutura química da inulina.....	28
Figura 3. Estrutura química dos principais frutooligossacarídeos.....	29
Figura 4. Ciclodextrina.....	30
Figura 5. Amostragem de 10 g das fibras alimentares utilizadas.....	33
Figura 6. Etapas do processamento das salsichas de frango controles e com redução de gordura.....	40
Figura 7. Questionário utilizado para o teste de aceitação sensorial.....	50
Figura 8. Ficha utilizada no teste de aceitação sensorial.....	50
Figura 9. Ilustração do resultado da análise de Capacidade de Emulsificação das fibras alimentares utilizadas.....	53
Figura 10. Resultados dos testes de Estabilidade da Emulsão.....	58
Figura 11. Gráfico de rendimento dos bolos de carne de frango controles e com redução de gordura.....	59
Figura 12. Superfícies de resposta e curvas de contorno para a estabilidade da emulsão do delineamento em função das variáveis alfa-ciclodextrina e fibra de trigo.....	72
Figura 13. Valores previstos <i>versus</i> valores observados de rendimento do delineamento.....	74
Figura 14. Superfícies de resposta e curvas de contorno para a oxidação lipídica (TBARS) zero dia do delineamento em função das variáveis alfa-ciclodextrina e fibra de trigo.....	79
Figura 15. Superfícies de resposta e curvas de contorno para a dureza do delineamento em função das variáveis alfa-ciclodextrina e fibra de trigo.....	82
Figura 16. Valores previstos <i>versus</i> valores observados de elasticidade do delineamento.....	82
Figura 17. Superfícies de resposta e curvas de contorno para a coesividade do delineamento em função das variáveis alfa-ciclodextrina e fibra de trigo.....	83

Figura 18. Superfícies de resposta e curvas de contorno para a mastigabilidade do delineamento em função das variáveis alfa-ciclodextrina e fibra de trigo.....	85
Figura 19. Superfícies de resposta e curvas de contorno para a luminosidade do delineamento em função das variáveis alfa-ciclodextrina e fibra de trigo.....	87
Figura 20. Superfícies de resposta e curvas de contorno para o valor a^* do delineamento em função das variáveis alfa-ciclodextrina e fibra de trigo.....	88
Figura 21. Valores previstos <i>versus</i> valores observados do valor b^* do delineamento.....	89
Figura 22. Superfícies de resposta e curvas de contorno para o <i>whiteness</i> do delineamento em função das variáveis alfa-ciclodextrina e fibra de trigo.....	90
Figura 23. Superfícies de resposta e curvas de contorno para o atributo sensorial cor do delineamento em função das variáveis alfa-ciclodextrina e fibra de trigo.....	93
Figura 24. Valores previstos <i>versus</i> valores observados do atributo sensorial aroma do delineamento.....	94
Figura 25. Superfícies de resposta e curvas de contorno para o atributo sensorial textura do delineamento em função das variáveis alfa-ciclodextrina e fibra de trigo....	95
Figura 26. Superfícies de resposta e curvas de contorno para o atributo sensorial sabor do delineamento em função das variáveis alfa-ciclodextrina e fibra de trigo.....	96
Figura 27. Superfícies de resposta e curvas de contorno para o atributo sensorial aceitação global do delineamento em função das variáveis alfa-ciclodextrina e fibra de trigo.....	97
Figura 28. Gráfico de intenção de compra das salsichas de frango controles e com redução de gordura.....	98
Figura 29. Microscopia eletrônica de varredura das salsichas de frango em diferentes tratamentos.....	100

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Formulação dos bolos de carne de frango controles e com redução de gordura.....	35
Tabela 2. Formulação das salsichas de frango de frango controles e com redução de gordura.....	37
Tabela 3. Variáveis e níveis de variação do planejamento fatorial completo 2 ²	41
Tabela 4. Delineamento fatorial completo para duas variáveis independentes.....	41
Tabela 5. Capacidade de emulsificação, determinação de umidade e pH das fibras alimentares utilizadas.....	52
Tabela 6. Composição centesimal da matéria-prima cárnea utilizada e índice de peróxidos da carne mecanicamente separada de ave	53
Tabela 7. Composição centesimal dos bolos de carne de frango controles e com redução de gordura	55
Tabela 8. Estabilidade da emulsão dos bolos de carne de frango controles e com redução de gordura pelos dois métodos utilizados	57
Tabela 9. Valores de pH dos bolos de carne de frango controles e com redução de gordura em 0, 7 e 14 dias de estocagem.....	61
Tabela 10. Avaliação da estabilidade à oxidação lipídica (em mg de TBARS/ kg de amostra) dos bolos de carne de frango controles e com redução de gordura durante estocagem refrigerada.....	62
Tabela 11. Perfil de textura dos bolos de carne de frango controles e com redução de gordura.....	64
Tabela 12. Parâmetros de cor L*, a* e b* dos bolos de carne de frango controles e com redução de gordura.....	66
Tabela 13. Composição centesimal da matéria-prima cárnea utilizada e índice de peróxido da carne mecanicamente separada de ave.....	68
Tabela 14. Composição centesimal das salsichas de frango controles e com redução de gordura.....	69
Tabela 15. Valores de estabilidade da emulsão das salsichas de frango controles e com redução de gordura.....	71

Tabela 16. Rendimento das salsichas de frango controles e com redução de gordura.....	73
Tabela 17. Resultados do pH das salsichas de frango controles e com redução de gordura durante estocagem.....	75
Tabela 18. Resultados da estabilidade à oxidação lipídica (em mg de TBARS/kg de amostra) das salsichas de frango controles e com redução de gordura durante estocagem.....	77
Tabela 19. Valores da análise do perfil de textura das salsichas de frango controles e com redução de gordura.....	80
Tabela 20. Avaliação da cor instrumental das salsichas de frango controles e com redução de gordura após 30 dias de estocagem.....	86
Tabela 21. Resultados microbiológicos das salsichas de frango controles e com redução de gordura durante estocagem (0, 30 e 60 dias).....	91
Tabela 22. Médias das notas obtidas com a análise sensorial das salsichas de frango controles e com redução de gordura.....	92
Tabela 23. Análise dos efeitos para a estabilidade da emulsão do delineamento.....	117
Tabela 24. Análise dos efeitos para o rendimento do delineamento.....	117
Tabela 25. Análise dos efeitos para a oxidação lipídica (0 dia) do delineamento.....	117
Tabela 26. Análise dos efeitos para a oxidação lipídica (30 dias) do delineamento..	118
Tabela 27. Análise dos efeitos para a oxidação lipídica (60 dias) do delineamento..	118
Tabela 28. Análise dos efeitos para a dureza do delineamento.....	118
Tabela 29. Análise dos efeitos para a elasticidade do delineamento.....	119
Tabela 30. Análise dos efeitos para a coesividade do delineamento.....	119
Tabela 31. Análise dos efeitos para a mastigabilidade do delineamento.....	119
Tabela 32. Análise dos efeitos para o valor L* do delineamento.....	120
Tabela 33. Análise dos efeitos para o valor a* do delineamento.....	120
Tabela 34. Análise dos efeitos para o valor b* do delineamento.....	120
Tabela 35. Análise dos efeitos para o <i>whiteness</i> do delineamento.....	121
Tabela 36. Análise dos efeitos para o atributo sensorial cor do delineamento.....	121
Tabela 37. Análise dos efeitos para o atributo sensorial aroma do delineamento....	121
Tabela 38. Análise dos efeitos para o atributo sensorial textura do delineamento....	122
Tabela 39. Análise dos efeitos para o atributo sensorial sabor do delineamento.....	122

Tabela 40. Análise dos efeitos para o atributo sensorial aceitação global do delineamento.....	122
Tabela 41. Análise de variância para a estabilidade da emulsão do delineamento...	123
Tabela 42. Análise de variância para o rendimento do delineamento.....	123
Tabela 43. Análise de variância para a oxidação lipídica (0 dia) do delineamento....	123
Tabela 44. Análise de variância para a oxidação lipídica (30 dias) do delineamento.....	124
Tabela 45. Análise de variância para a oxidação lipídica (60 dias) do delineamento.....	124
Tabela 46. Análise de variância para a dureza do delineamento.....	124
Tabela 47. Análise de variância para a elasticidade do delineamento.....	125
Tabela 48. Análise de variância para a coesividade do delineamento.....	125
Tabela 49. Análise de variância para a mastigabilidade do delineamento.....	125
Tabela 50. Análise de variância para o valor L* do delineamento.....	126
Tabela 51. Análise de variância para o valor a* do delineamento.....	126
Tabela 52. Análise de variância para o valor b* do delineamento.....	126
Tabela 53. Análise de variância para o <i>whiteness</i> do delineamento.....	127
Tabela 54. Análise de variância para o atributo sensorial cor do delineamento.....	127
Tabela 55. Análise de variância para o atributo sensorial aroma do delineamento...	127
Tabela 56. Análise de variância para o atributo sensorial textura do delineamento..	128
Tabela 57. Análise de variância para o atributo sensorial sabor do delineamento....	128
Tabela 58. Análise de variância para o atributo sensorial aceitação global do delineamento.....	128

LISTA DE ABREVIATURAS

ACD – Alfa-ciclodextrina

C - Controle

CE – Capacidade de Emulsificação

CMS – Carne Mecanicamente Separada

EE – Estabilidade da Emulsão

F_{cal} – F calculado

F_{tab} – F tabelado

FOS – Frutooligossacarídeo

FT – Fibra de Trigo

IP – Índice de Peróxidos

MEV – Microscopia Eletrônica de Varredura

T_{1,2..} - Tratamento

TBARS – substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico

1,1,3,3 TEP - Tetraetoxipropano

TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TPA – Análise do Perfil de Textura

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE ABREVIATURAS	xiii
1. INTRODUÇÃO	18
2. OBJETIVOS	21
2.1 Objetivo Geral.....	21
2.2 Objetivos específicos.....	21
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
3.1 Produtos cárneos emulsionados	22
3.2 A importância da gordura em produtos cárneos emulsionados	24
3.3 Fibras alimentares como substitutos de gordura	25
3.3.1 Inulina.....	27
3.3.2 Frutooligossacarídeo (FOS).....	28
3.3.3 Alfa-ciclodextrina (ACD).....	29
3.3.4 Fibra de aveia	31
3.3.5 Fibra de trigo.....	32
4. MATERIAL E MÉTODOS	33
4.1 Material	33
4.1.1 Fibras alimentares utilizadas.....	33
4.1.2 Matéria-prima carne dos bolos de carne de frango controles e com redução de gordura.....	33
4.1.3 Matéria-prima carne das salsichas de frango controles e com redução de gordura.....	34
4.1.4 Primeira etapa - Elaboração dos bolos de carne de frango controles e com redução de gordura.....	34

4.1.5 Segunda etapa - Elaboração das salsichas de frango controles e com redução de gordura.....	36
4.1.6 Delineamento experimental.....	41
4.2 Métodos.....	42
4.2.1 Análises realizadas nas fibras alimentares e nas matérias-primas cárneas.....	42
4.2.2 Frequencia (em dias) das análises realizadas nos bolos de carne de frango e salsichas de frango controles e com redução de gordura.....	42
4.2.3 Descrição das análises realizadas.....	43
4.2.3.1 Capacidade de emulsificação das fibras alimentares utilizadas.....	43
4.2.3.2 Determinação de umidade.....	43
4.2.3.3 Determinação de proteína.....	43
4.2.3.4 Determinação de lipídeos.....	44
4.2.3.5 Determinação de cinzas.....	44
4.2.3.6 Determinação de carboidratos.....	44
4.2.3.7 Determinação do índice de peróxidos da CMS de ave.....	44
4.2.3.8 Determinação do pH.....	45
4.2.3.9 Testes de estabilidade da emulsão.....	45
4.2.3.10 Rendimento	46
4.2.3.11 Avaliação da estabilidade à oxidação lipídica (TBARS).....	47
4.2.3.12 Análise do Perfil de textura (TPA).....	47
4.2.3.13 Cor instrumental.....	48
4.2.3.14 Estabilidade microbiológica.....	48
4.2.3.15 Análise sensorial - teste de aceitação e intenção de compra.....	49
4.2.3.16 Microscopia eletrônica de varredura (MEV).....	50
4.3 Análise estatística.....	51
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52

5.1 Caracterização das fibras alimentares utilizadas quanto à capacidade de emulsificação, determinação de umidade e pH.....	52
5.2 Primeira Etapa - Bolos de carne de frango controles e com redução de gordura	53
5.2.1 Composição centesimal da matéria-prima cárnea utilizada e índice de peróxidos da carne mecanicamente separada de ave.....	53
5.2.2 Composição centesimal dos bolos de carne de frango.....	54
5.2.3 Testes de Estabilidade da Emulsão dos bolos de carne de frango.....	56
5.2.4 Rendimento dos bolos de carne de frango.....	59
5.2.5 Determinação de pH dos bolos de carne de frango.....	60
5.2.6 Avaliação da estabilidade à oxidação lipídica (TBARS).....	62
5.2.7 Análise do Perfil de Textura (TPA) dos bolos de carne de frango.....	63
5.2.8 Cor instrumental dos bolos de carne de frango.....	65
5.3 Segunda Etapa - Salsichas de frango controles e com redução de gordura.....	68
5.3.1 Composição centesimal da matéria-prima cárnea utilizada e índice de peróxidos da carne mecanicamente separada de ave.....	68
5.3.2 Composição centesimal das salsichas de frango.....	69
5.3.3 Teste de Estabilidade da Emulsão das salsichas de frango.....	70
5.3.4 Rendimento das salsichas de frango.....	73
5.3.5 Determinação de pH das salsichas de frango.....	74
5.3.6 Avaliação da estabilidade à oxidação lipídica (TBARS).....	76
5.3.7 Análise do Perfil de textura (TPA) das salsichas de frango.....	80
5.3.8 Cor instrumental das salsichas de frango.....	86
5.3.9 Estabilidade microbiológica das salsichas de frango.....	91
5.3.10 Análise sensorial das salsichas de frango.....	91

5.3.11 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) das salsichas de frango.....	99
6. CONCLUSÃO.....	102
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	103
Anexo I.....	115
Anexo II - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE.....	116
Anexo III.....	117
Anexo IV.....	123

1. INTRODUÇÃO

A demanda por alimentos industrializados tornou-se crescente nos últimos anos, pela população dos grandes centros urbanos. Fatores como a industrialização e a urbanização colaboraram para uma mudança no estilo de vida e nos hábitos e práticas alimentares da população em todo o mundo, que sofre com o ritmo de vida acelerado e escassez de tempo para o preparo dos alimentos em domicílio (WHO, 2005; TOLONI et al., 2014; TARDIDO; FALCÃO, 2006). Neste contexto, os produtos cárneos processados tem sido uma alternativa para os consumidores, que tentam agregar tempo, praticidade e custo aliado ao estilo de vida moderno (FRANÇA et al., 2013).

O consumo de carne de frango no Brasil tem sido crescente. Em 2015, o consumo per capita foi de 43,25 kg/hab, e na produção mundial o Brasil alcançou o segundo lugar, com 13,14 milhões de toneladas, superando a China e ficando somente atrás dos Estados Unidos (ABPA, 2016). A carne de frango é considerada nutritiva e saudável por fornecer alto teor de proteína, baixo teor de gordura, colesterol e ácidos graxos poli-insaturados (ômega 3 e ômega 6), sendo também fonte de vitaminas do complexo B e minerais, que contribuem para o bom funcionamento do corpo humano. Seu uso em produtos cárneos processados apresenta grandes vantagens em comparação com outros tipos de carnes, devido suas características como sabor neutro, textura macia e coloração clara (CAVANI et al., 2009; PETRACCI et al., 2013).

O consumo de produtos cárneos tem sido criticado por alguns consumidores, devido suas elevadas quantidades de sal e gordura adicionados e por conter pouco ou nada de fibra alimentar ou cálcio (HORITA et al., 2011), e seu consumo estar associado ao aumento do risco para várias doenças, como câncer, doenças cardiovasculares, obesidade, hipertensão, entre outros (HYGREEVA et al., 2014). Em 2015, um relatório realizado pela Agência Internacional de Pesquisa do Câncer (IARC), e publicado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), classificou a carne processada como carcinogênica (Grupo I) e a carne vermelha como “provavelmente carcinogênica” (Grupo 2A), o documento afirma que o consumo destes alimentos aumenta o risco para o desenvolvimento de câncer colorretal em humanos. O

comunicado se baseou em estudos epidemiológicos, realizados em vários países (JIANG; XIONG, 2016; INCA, 2015).

Nos últimos anos houve uma mudança no perfil do consumidor, que atualmente busca produtos mais saudáveis, com reduzido teor calórico, baixo teor de gordura, de nitrito, de colesterol, etc (HYGREEVA et al., 2014). A indústria cárnea, as universidades e os institutos de pesquisa vivem o desafio recorrente de encontrar substitutos de gordura e de sódio, sem que estas mudanças alterem o sabor, a textura, a vida útil dos produtos cárneos (ITO, 2015) e ao mesmo tempo satisfaçam a expectativa do consumidor que não deseja alteração na cor, sabor e aroma quando comparados aos produtos tradicionais (BAGNARA, 2015).

O uso de ingredientes não cárneos com propriedades funcionais, como alternativa à substituição de gorduras em produtos cárneos, tem sido adotada como prática pelas indústrias alimentícias sob o apelo de saudabilidade e também reportado em vários estudos (YANG et al., 2001; BOURSCHEID, 2009; BARRETTO; POLLONIO, 2009, CÂMARA; POLLONIO, 2015), sendo observado uma melhora das propriedades tecnológicas e sensoriais. As fibras alimentares solúveis e insolúveis têm sido muito pesquisadas, sendo avaliadas individualmente ou combinadas com outros ingredientes em formulações de produtos cárneos com baixo teor de gordura, como produtos reestruturados (DESMOND et al., 1998; MANSOUR; KHALIL, 1999) e emulsionados (ÁLVAREZ; BARBUT, 2013; KTARI et al., 2014; BARRETTO et al., 2015).

A redução de gordura em produtos cárneos emulsionados pode afetar a qualidade final, prejudicando a estabilidade da emulsão e aumentando a perda durante o cozimento (ÁLVAREZ et al., 2007). A adição de fibras nestes produtos se torna importante pois podem formar géis que retém água e gordura, melhorando a textura, reduzindo perdas e conseqüentemente aumentando o rendimento desses produtos (FERNÁNDEZ-GINÉS et al., 2005).

Os produtos emulsionados, principalmente salsichas e mortadelas são largamente consumidos no Brasil. Estes produtos podem conter em sua formulação uma matéria-prima de qualidade, funcionalidade e custo relativamente baixo, como a carne mecanicamente separada (CMS), adicionada em níveis que variam até 60%, de acordo com a categoria do produto processado (MAPA, 2000), sendo uma alternativa

interessante para reduzir custos de formulação (HORITA et al., 2014; DEGENHART *apud* OLIVO, 2006).

As salsichas estão se tornando mais populares devido às suas características sensoriais, facilidade e rapidez no preparo, com boa aceitação pelo consumidor, o que reflete no desenvolvimento de salsichas de frango com apelo saudável adicionadas de fibra alimentar (PARK et al., 2012). Estima-se um consumo anual per capita de 10 kg/habitante de produtos emulsionados (ALMEIDA, 2015), evidenciando fazer parte da dieta e demonstrando considerável importância econômica no país.

Diante do cenário, da busca por alimentos com apelo de mais saudáveis, aliados a alimentos de fácil preparo, faz-se necessário um estudo da substituição de gordura em produtos cárneos emulsionados por ingredientes com benefícios fisiológicos reconhecidos (fibras solúveis e insolúveis).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito da adição de fibras alimentares (solúvel e insolúvel), em salsicha de frango contendo carne mecanicamente separada de ave, com redução de gordura sobre as propriedades tecnológicas e sensoriais.

2.2 Objetivos específicos

Caracterizar as fibras alimentares (inulina, frutooligossacarídeo, alfa-ciclodextrina, fibra de aveia e fibra de trigo) quanto as propriedades físico-químicas.

Avaliar a influência de três fibras solúveis (inulina, alfa-ciclodextrina e frutooligossacarídeo) e duas fibras insolúveis (fibra de aveia e fibra de trigo) sobre as propriedades físico-químicas de bolos de carne de frango, durante estocagem refrigerada (2 – 4 °C) por 14 dias.

Avaliar o efeito da adição de uma fibra alimentar solúvel (alfa-ciclodextrina) e uma fibra alimentar insolúvel (fibra de trigo) sobre as propriedades físico-químicas das salsichas de frango com redução de gordura, utilizando um planejamento estatístico.

Avaliar a estabilidade microbiológica e oxidativa durante a estocagem refrigerada das salsichas de frango.

Avaliar as microestruturas das salsichas controles (com adição de gordura) e de duas formulações com redução de gordura.

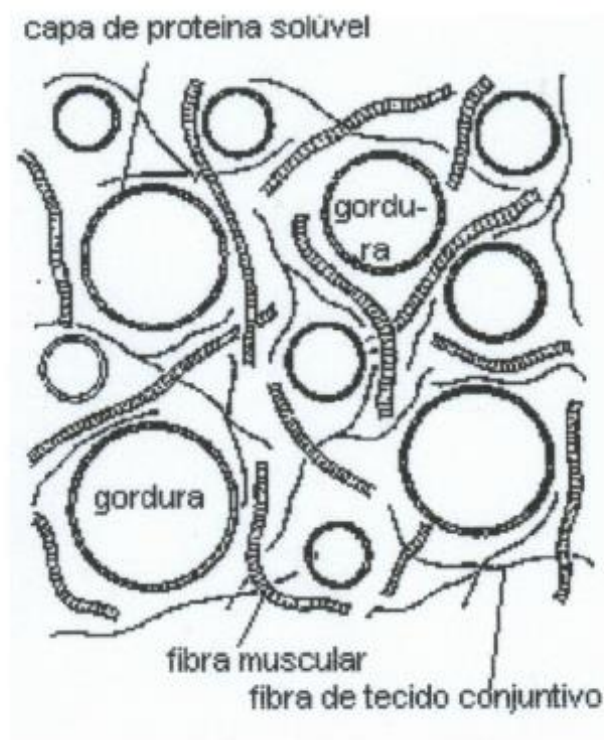
Avaliar a aceitação sensorial das salsichas de frango.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Produtos cárneos emulsionados

Os produtos cárneos emulsionados, como as salsichas e as mortadelas, são produtos cuja carne foi intensamente triturada de forma a obter uma massa homogênea, conhecida como *batter* ou emulsão. A emulsão é definida como sendo uma suspensão coloidal de dois líquidos imiscíveis que mantém-se harmoniosamente dispersos um no outro, através da ação de um agente emulsionante interfacial. A emulsão cárnea é considerada uma emulsão óleo em água, onde a fase dispersa é constituída por partículas de gordura, aditivos, agentes extensores, fibras musculares e de tecido conectivo e a fase contínua é constituída de água, sal, proteínas hidrossolúveis e outros elementos solúveis (PRICE; SCHWEIGERT, 1994; OLIVO, 2006). A Figura 1 mostra a emulsão cárnea.

Figura 1. Ilustração de uma emulsão cárnea.



Fonte: FORREST, J. C.; ABERLE, E. D.; HEDRICK, H. B.; JUDGE, M. D.; MERKEL, R. A. **Fundamentos de ciência de la carne**. Zaragoza: Acribia, 1979, 364 p.

Durante o processo de emulsificação da carne no *cutter*, ocorre o rompimento da estrutura fibrosa do músculo e maior exposição das proteínas. A partir da trituração da carne juntamente com o sal, gordura, água e outros ingredientes (eritorbato de sódio, nitrito de sódio, fécula), as proteínas solúveis são dissolvidas na fase aquosa e atuam como agentes emulsionantes, envolvendo as partículas de gordura dispersas e formando assim um filme protéico unindo os dois componentes. As porções hidrofílica (polar) e hidrofóbica (apolar) da proteína atuam na interface entre a gordura e a água, diminuindo a tensão interfacial entre ambas, unindo-as e evitando a coalescência da gordura. As partículas de gordura envolvidas pela proteína originam a emulsão, que será estável com a desnaturação protéica associada ao tratamento térmico (PRICE; SCHWEIGERT, 1994; OLIVO, 2006).

A fração do músculo que contém as proteínas miofibrilares solúveis em soluções salinas é mais importante que a fração sarcoplasmática que contém proteínas solúveis em água. Aproximadamente 55% de toda proteína muscular é miofibrilar, constituída de principalmente de actina e miosina (RUST *apud* PRICE; SCHWEIGERT, 1994). A miosina é a proteína mais importante para a emulsificação da gordura e capacidade de retenção de água de carnes processadas. Ela faz uma ligação entre a interface óleo-água, sua cauda apolar poderia ser atraída para a superfície da célula de gordura, enquanto que a porção polar da cabeça da miosina estaria associada com a fase de água (FOEGEDING et al., 1991).

A estabilidade das emulsão é influenciada por vários fatores, como: temperatura durante a emulsificação, tempo de emulsificação, tipo e tamanho da partícula de gordura, quantidade de sal, pH da carne, viscosidade da massa, tipo de equipamento utilizado, tipo de proteína, entre outros. A elevação da temperatura durante o processamento, poderia quebrar a emulsão, causando a separação da gordura durante o tratamento térmico. Uma vez utilizadas, as proteínas não podem participar novamente na formação da interfase, as partículas de gordura se aglomerariam e deixariam de permanecer em suspensão (PRICE; SCHWEIGERT, 1994; OLIVO, 2006).

De acordo com a legislação brasileira (BRASIL, 2000), a salsicha é definida como um produto cárneo industrializado, obtido da emulsão de carne de uma ou mais espécies de animais de açougue, adicionados de ingredientes, embutidos de

envoltório natural, ou artificial ou por processo de extrusão, e submetido a um processo térmico adequado.

As salsichas são produtos muito populares, de custo acessível e amplamente consumidos pela população devido a sua praticidade (SHIMOKOMAKI; OLIVO, 2006). São classificadas em: salsicha, salsicha Viena, salsicha Frankfurter, salsicha Tipo Viena, salsicha tipo Frankfurter e salsicha de carne de ave, de acordo com a composição da matéria-prima e das técnicas de fabricação.

A salsicha de ave é composta por carne de ave e carne mecanicamente separada (CMS) até 40%, miúdos comestíveis e gorduras. Segundo o regulamento técnico de identidade e qualidade, a CMS é obtida por processo mecânico de moagem e separação de ossos, carcaças ou partes de carcaças de animais de açougue (aves, bovinos e suínos), que é destinada à elaboração de produtos cárneos específicos e que foram aprovados para consumo humano pelo Serviço de Inspeção Federal (SIF), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), não sendo permitida a utilização de pés, cabeças e patas (BRASIL, 2000).

O uso de CMS de ave em produtos emulsionados, pode gerar produtos de boa qualidade, além de contribuir para agregar valor em produtos que contém carne de frango em sua composição, possibilitando a oferta no mercado de fontes protéicas com preços mais acessíveis à população (DEGENHART *apud* OLIVO, 2006).

3.2 A importância da gordura em produtos emulsionados

A gordura do ponto de vista nutricional contribui como fonte de vitaminas, ácidos graxos essenciais, fornecem maior quantidade de energia, em relação aos carboidratos e proteínas e do ponto de vista fisiológico atuam na síntese de vários hormônios (LOTTENBERG, 2009), além de conferir características de qualidade como o sabor, textura e suculência aos alimentos (HORITA et al., 2011), e desempenhar um importante papel na estabilização de emulsões cárneas, reduzir a perda no cozimento, melhorar características sensoriais (maciez, suculência e palatabilidade) e aceitação do consumidor (CHOI et al., 2014).

Os produtos cárneos fazem parte da dieta de grande parte da população mundial, tendo grande importância econômica para a indústria cárnea, porém estes

produtos podem conter elevado teor de gordura animal (20 a 30%) em sua composição e conseqüentemente grande quantidade de ácidos graxos saturados, que em excesso aumentam o risco para o desenvolvimento de diversas doenças crônicas como doenças cardiovasculares, câncer, diabetes tipo 2, infarto e obesidade (NASSU et al., 2002; GARCÍA et al., 2002).

Diante deste contexto, órgãos públicos de saúde tem recomendado a redução no consumo de gordura, principalmente a gordura saturada, o que tem aumentado a demanda por produtos cárneos com baixo teor de gordura em muitos países (TALUKDER, 2015; SANTOS et al., 2012).

Entretanto a redução de gordura em produtos cárneos não é tão simples, já que a mesma desempenha um papel decisivo nas propriedades tecnológicas do produto e na aceitação do consumidor, sendo sua retirada um desafio para a indústria alimentícia (TOMASCHUNAS et al., 2013). De acordo com Lemos (2015), a retirada da gordura pode descaracterizar o produto, podendo comprometer a textura e maciez sendo a adição de água, cortes magros e ingredientes funcionais (substitutos de gordura a base de proteínas e/ou carboidratos) a alternativa mais usual para substituir a gordura tradicional.

A adição de fibra alimentar e amidos como substitutos de gordura em produtos cárneos processados tem sido estudada com vários relatos de melhora de textura, rendimento e também redução dos custos da formulação, além de contribuir com benefícios fisiológicos para a saúde (TALUKDER, 2015; LÓPEZ-VARGAS et al., 2014)

3.3 Fibras alimentares como substitutos de gordura

No Brasil, de acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) - RDC nº 360, de 23/12/2003 (BRASIL, 2003), fibra alimentar é definida como qualquer material comestível, consumido normalmente como componente de um alimento e que não seja hidrolisado pelas enzimas endógenas do trato digestivo humano. Sua principal fonte é derivada da parede celular e estruturas intercelulares de vegetais, cereais, frutas e nozes (TALUKDER, 2015).

Segundo a AACC (2001), as fibras alimentares promovem efeitos fisiológicos benéficos como laxação, e/ou atenuação do colesterol sanguíneo e /ou atenuação da

glicose do sangue. Para melhor entendimento de suas propriedades, elas são classificadas em dois grupos principais: fibras solúveis e insolúveis (VERMA; BANERJEE, 2010).

As fibras solúveis estão presentes predominantemente em frutas sem casca, verduras, aveia, leguminosas (feijão, lentilha e soja), incluem a pectina, gomas e outros polissacarídeos de armazenamento que produzem uma solução viscosa que atua atrasando o esvaziamento gástrico e também a absorção a partir do intestino e tende a reduzir os níveis de colesterol sanguíneo. Essas substâncias são muito acessíveis às enzimas bacterianas sendo rapidamente fermentadas no cólon, portanto tendo um menor impacto sobre o trânsito intestinal. As fibras insolúveis são encontradas em cereais integrais, farelo de trigo, verduras, como por exemplo a celulose e a lignina, que por outro lado tem menor efeito sobre a viscosidade do conteúdo intestinal, e tendem a acelerar o trânsito do intestino delgado, aumentam o bolo fecal, causando um efeito laxativo mais acentuado do que as fibras solúveis (VERMA; BANERJEE, 2010).

Os substitutos de gordura são produzidos à base de proteínas, carboidratos e lipídeos bem como a combinação dessas três categorias e representam uma variedade de tipos químicos com diversas propriedades funcionais, sensoriais e efeitos fisiológicos, podendo ser incorporados em vários alimentos (AKOH, 1998). De acordo com Petracci et al. (2013), uma das estratégias da indústria de carne para se obter produtos cárneos mais saudáveis é o uso dos “substitutos de gordura” (extensores, ligantes e aglomerantes). As fibras alimentares estão classificadas no grupo de “substitutos de gordura derivados de carboidratos”, juntamente com a celulose, dextrina, gomas, amido modificado entre outros (MONTEIRO et al., 2006).

As fibras têm sido utilizadas como substitutos de gordura devido ao seu efeito fisiológico e pela contribuição com os aspectos tecnológicos como integridade estrutural, volume e capacidade de retenção de água (CÁCERES et al., 2004; BORDERÍAS et al., 2005; ÁLVAREZ; BARBUT, 2013).

Conforme relatado por Cyrino e Barretto (2006), além de apresentarem efeito benéfico à saúde, as fibras possuem um grande potencial de aplicação em produtos cárneos, podendo ser utilizadas como substitutos parciais de gordura, devido às suas

propriedades como capacidade de retenção de água, odor neutro, melhora no fatiamento além da melhora no valor nutricional.

As fibras alimentares apresentam benefícios comprovados, mas ainda há entraves regulatórios para sua utilização. De acordo com Ito (2015), o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) está avaliando a utilização das fibras alimentares e outros ingredientes para aplicação em produtos cárneos.

3.3.1 Inulina

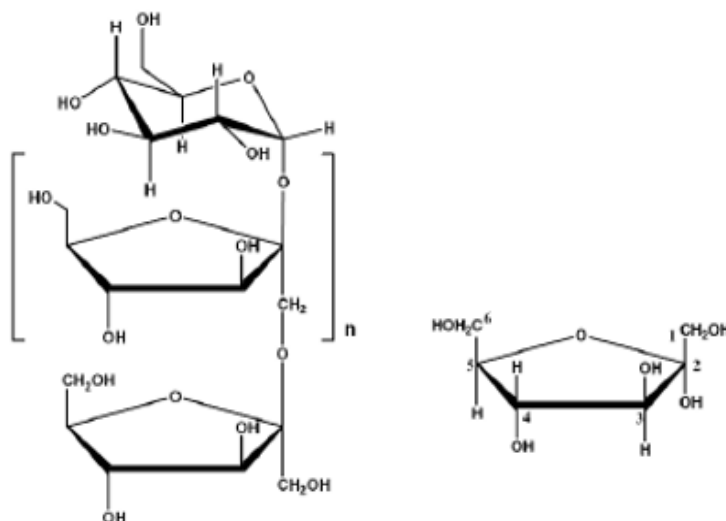
A inulina é um polissacarídeo de reserva presente em várias frutas e verduras comestíveis, como chicória, yacon, dália e tubérculos como a alcachofra e cereais. É uma fibra solúvel, com sabor e odor neutros, possuindo de dois até sessenta monômeros de frutose ligados por ligações glicosídicas do tipo β (2-1), podendo possuir uma unidade de glicose na extremidade da cadeia (MANSO et al., 2008; PAK, 2006). A Figura 2 apresenta a estrutura química da inulina.

A hidrólise enzimática parcial da inulina produz frutanos de cadeia curta, chamados frutooligossacarídeos (FOS) ou oligofrutoses (com grau de polimerização 2-10). A inulina HP (“*high performance*”) é obtida por remoção dos frutooligossacarídeos de cadeia curta presentes na inulina, tendo um grau de polimerização de 11 a 60 (PAK, 2006).

Franck (2002) relata que a inulina propicia mais cremosidade e suculência em produtos cárneos, sem comprometer o sabor e a textura desses alimentos. Sua utilização como substituto de gordura está baseada na sua propriedade de formar géis quando incorporada à água ou em sistemas alimentícios com presença de água, apresentando um gel com textura semelhante à da gordura e conferindo um paladar desejável ao produto (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2008).

Boeckner et al. (2001) consideram a inulina um ingrediente funcional, podendo ser utilizada em diferentes alimentos como substituto de gordura, melhorando a capacidade de retenção de água, a estabilidade da emulsão e também modificando a textura e viscosidade de alimentos.

Figura 2. Estrutura química da inulina.



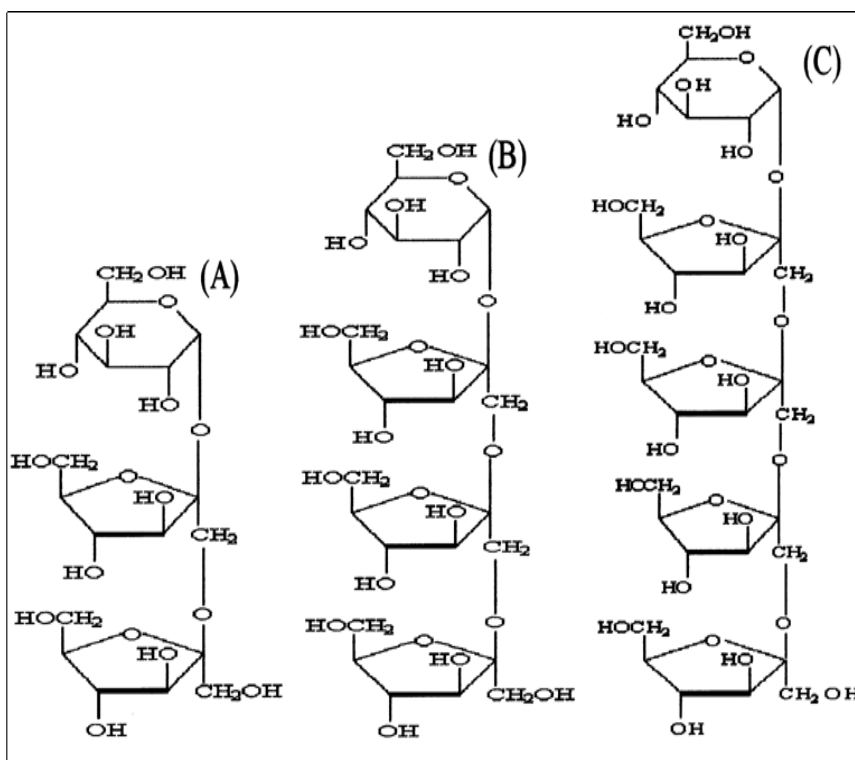
Fonte: MANSO, J.; MENA, M. L.; YÁÑEZ-SEDEÑO, P.; PINGARRÓN, J. M. Bioenzyme amperometric biosensor using gold nanoparticle-modified electrodes for the determination of inulin in foods. **Analytical Biochemistry**, v. 375, n. 2, p. 345–353, 2008.

3.3.2 Frutooligossacarídeo (FOS)

Os frutooligossacarídeos são fibras solúveis de cadeia curta, conhecidos como oligofrutoses, encontrados naturalmente em produtos de origem vegetal (HARTEMINK et al., 1997). São considerados prebióticos pois estimulam o crescimento de *Bifidobactérias* (*Acidophilus* e *Bifidus*) no trato digestivo, desfavorecendo o crescimento de bactérias patogênicas (PASSOS; PARK, 2003) Conforme citado por Santos et al. (2012) seu consumo esta associado à redução do colesterol sérico e a melhora do sistema imune.

De acordo com Yun (1996) os frutooligossacarídeos são oligômeros de frutose compostos de 1-kestose (GF2), nistose (GF3) e frutofuranosil nistose (GF4), em que as unidades de frutossil (F) são ligadas na posição beta-2,1 da sacarose (Figura 3), distinguindo-os de outros oligômeros.

Figura 3. Estrutura química dos principais frutooligossacarídeos: (A) 1- cestone, (B) nistose e (C) frutofuranosil nistose.



Fonte: YUN, J. W. Fructooligosaccharides - Occurrence, preparation and applications. **Enzymes and Microbial Technology**, Kyungbug, v. 19, p. 107-117, 1996.

FOS apresentam características de alta solubilidade, sabor neutro, não cristalizam, não precipitam e não degradam com o aquecimento, sendo estáveis em amplas faixas de pH e temperatura (SANTOS et al., 2012; PASSOS; PARK, 2003).

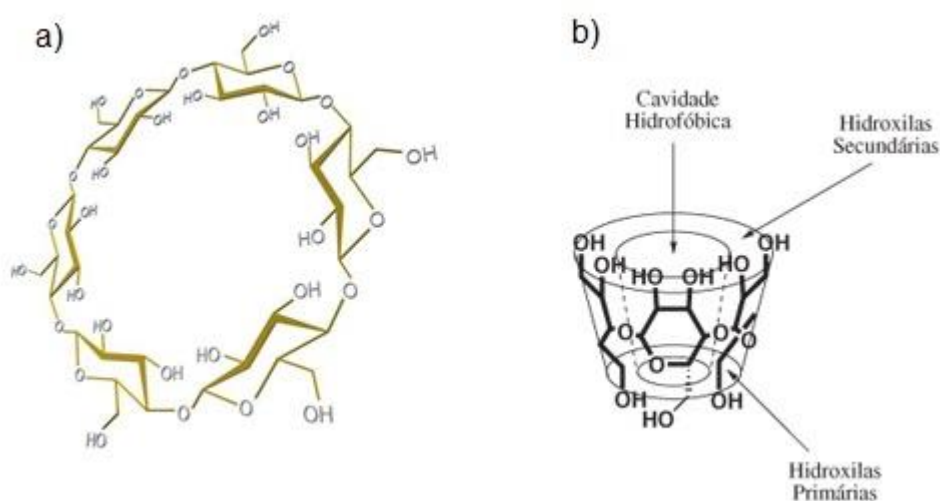
Santos et al. (2012) avaliaram o efeito da adição de FOS em diferentes níveis (0, 3, 6 e 9%) em produto cárneo fermentado com reduzido teor de gordura e relataram que FOS não foi degradado durante o armazenamento e melhorou os defeitos tecnológicos e sensoriais causados pela redução da gordura.

3.3.3 Alfa-ciclodextrina (ACD)

Ciclodextrinas são oligossacarídeos cíclicos, sintetizados naturalmente a partir do amido ou biotecnologicamente por meio da degradação enzimática do milho ou

batata (ZIPP, 2012). São compostas de certo número de unidades de alfa-D-glicose, com ligações glicosídicas alfa-1,4 em um anel. O número de unidades de glicose, e conseqüentemente do tamanho do anel, distingue entre alfa-ciclodextrina, beta-ciclodextrina e gama-ciclodextrina. A alfa é composta de 6 unidades de glicose (Figura 4a), a beta de 7 e a gama de 8 unidades.

Figura 4. Ciclodextrina: (a) Estrutura molecular da alfa-ciclodextrina; (b) Representação esquemática da estrutura funcional das ciclodextrinas.



Fonte: (a) ZIPP, H. Moléculas com talentos especiais: Ciclodextrinas trazem novas soluções para a indústria alimentícia. **Revista Aditivos e Ingredientes**. n. 90, p. 40-44, 2012. Disponível em: <http://www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/404.pdf> Acesso em: 05 mai. 2016; (b) FERREIRA, V. F.; ROCHA, D. R.; SILVA, F. C. Potencialidades e oportunidades na química da sacarose e outros açúcares. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 623-638, 2009.

As ciclodextrinas apresentam uma estrutura tridimensional em forma de anel com uma superfície hidrofílica no exterior e uma cavidade hidrofóbica no interior, capaz de atrair uma outra molécula "hóspede" lipofílica - desde que o seu tamanho e forma sejam compatíveis (Figura 4b). Sua superfície exterior hidrofílica assegura a compatibilidade com sistemas aquosos. Devido estas propriedades específicas a ciclodextrina possui uma vasta aplicação em uma grande variedade de indústrias, como panificação, farmacêutica, química entre outras (CYCLODEXTRINS, 2016) e atualmente são utilizadas para mascarar gosto amargo, proteger ingredientes

sensíveis, como antioxidantes ou vitaminas e melhorar a biodisponibilidade de substâncias ativas (ZIPP, 2012).

A alfa-ciclodextrina é solúvel em água, inodora, possui baixa viscosidade, sendo capaz de ajustar a textura, o gosto ou a aeração em alimentos e bebidas (PATRÓN, 2013). Já é usada nos Estados Unidos, Europa e muitos outros países possuindo propriedades técnicas com alegação de saúde cientificamente comprovados pela Comissão Europeia (CYCLODEXTRINS, 2016).

Estudo realizado comprovou que a ingestão de ciclodextrina foi associada com a perda ou manutenção de peso de indivíduos diabéticos com sobrepeso que consumiram uma dieta rica em gordura e na redução de triglicérides, e nos níveis de colesterol de indivíduos hiperlipidêmicos, além de aumentar a insulina e a sensibilidade a leptina (JAROSZ et al., 2013).

Não foram encontrados na literatura científica a aplicação de alfa-ciclodextrina em produtos cárneos.

3.3.4 Fibra de Aveia

A fibra de aveia é composta das porções de carboidratos das plantas que não sofrem hidrólise pelas enzimas do trato gastrointestinal de humanos, por esse motivo não são reabsorvidas no intestino delgado, chegando ao cólon intactas. Devido ao sabor e odor neutros pode ser adicionada aos alimentos sem alteração do aspecto sensorial (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2008).

A fibra de aveia é considerada um ingrediente com grande potencial para aplicação em produtos cárneos processados, com baixo teor de gordura ou livres de gordura. Em estudos com mortadelas e linguiças com baixo teor de gordura, autores relataram um aumento do rendimento, modificação dos parâmetros de cor (L^* e a^*), diminuição das perdas de cozimento e aumento da dureza (HUGHES et al., 1997; STEENBLOCK et al., 2001).

Huang et al. (2011) estudaram a aplicação de três fibras alimentares (fibra de trigo, fibra de aveia e inulina) em dois níveis (3,5% e 7%) como substitutos de gordura em salsichas, e relataram que as fibras de trigo e aveia aumentaram significativamente a dureza destas em relação a amostra controle, já a inulina não influenciou significativamente este parâmetro. De acordo com os autores, quanto

maior o nível de fibra alimentar adicionado, maior será a influência na textura. Em trabalho envolvendo linguças suínas, a fibra de aveia e o farelo de aveia foram responsáveis por melhorar a textura desses produtos (GARCÍA et al., 2002).

3.3.5 Fibra de Trigo

A fibra de trigo é considerada uma fibra insolúvel, constituída de celulose, hemicelulose e lignina, sendo encontrada em diferentes níveis de processamento (nativos ou modificados) e em diversos tamanhos e formas (BODNER; SIEG, 2009).

Algumas de suas características como cor branca, inodora e insípida a tornam ideal para aplicação em produtos cárneos. Esse tipo de fibra também se destaca pela sua forte capacidade de ligação com a água e ser praticamente isenta de calorias (BARTOLOMEU, 2011).

Mansour; Khalil (1999), avaliando a adição de fibra de trigo hidratada em três proporções (5, 10 e 15%) em substituição à gordura de hambúrguer bovino, relataram que houve redução dos níveis de colesterol, diminuição do valor calórico, melhora do rendimento, do diâmetro, da textura de hambúrgueres, não prejudicando os aspectos de cor, sabor, suculência, maciez e aceitação global.

Choe et al. (2013) demonstraram que salsichas tipo Frankfurter adicionadas de PSFM (mistura de pele de porco com fibra de trigo) como substituto de gordura, melhorou as propriedades tecnológicas e sensorias do produto, gerando produtos com maior estabilidade da emulsão, menores calorias, baixo teor de gordura e de perdas no cozimento e efeitos positivos nos parâmetros de textura (dureza, coesividade e gumosidade), exceto de mastigabilidade.

Barretto et al. (2015) investigaram os efeitos de diferentes níveis de fibra de trigo (0 - 4%) e de gordura (0 - 10%) em mortadelas contendo níveis fixos de inulina (5%) e de fibra de aveia (1%), e relataram aumento do valor da dureza, diminuição da coesividade e concluíram ser possível a adição de fibra de trigo em produto emulsionado com baixo teor de gordura porém em baixos níveis (0,58%) sem haver comprometimento dos aspectos sensoriais do produto.

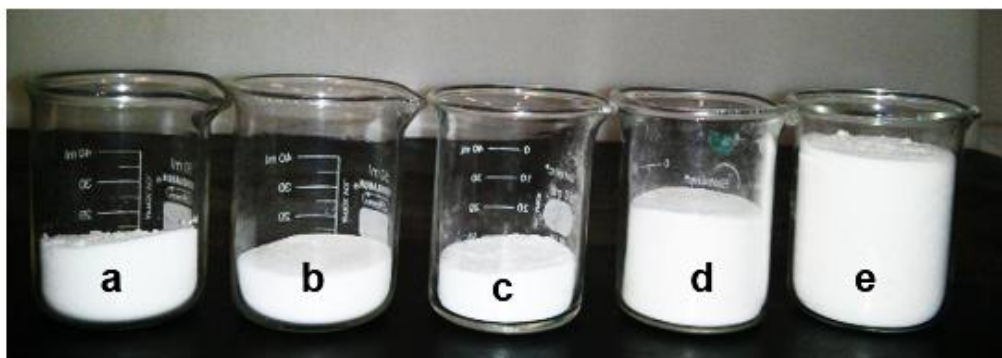
4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

4.1.1 Fibras alimentares utilizadas

Foram utilizadas cinco fibras alimentares comerciais, três solúveis e duas insolúveis, respectivamente, inulina, frutooligossacarídeo (FOS), alfa-ciclodextrina (ACD), fibra de aveia e fibra de trigo. A inulina foi fornecida pela empresa Clariant (Suzano, Brasil), a qual representa a empresa Orafiti®. A fibra FOS (Nultraflora® P95) foi fornecida pela empresa Ingredion® (Mogi Guaçu, Brasil). A fibra ACD (Cavamax® W6) foi fornecida pela empresa Vogler (São Bernardo do Campo, Brasil), a qual representa a empresa Wacker. A fibra de trigo (Creafibe WC-200) foi fornecida pela empresa Nutrassim (Extrema, Brasil) e a fibra de aveia (Vitacel HF 600) foi fornecida pela empresa JRS Rettenmeyer® (São Paulo, Brasil). A Figura 5 ilustra as amostras das fibras utilizadas, em béquer contendo 10 g de cada amostra.

Figura 5. Amostragem de 10 g das fibras alimentares utilizadas (a) FOS; (b) inulina; (c) alfa-ciclodextrina; (d) fibra de aveia; (e) fibra de trigo.



4.1.2 Matéria-prima cárnea dos bolos de carne de frango controles e com redução de gordura

Foram utilizadas coxa e sobrecoxa de frango com pele e gordura suína (toucinho), ambos adquiridos de açougue local, que possui Serviço de Inspeção Federal (SIF). A carne mecanicamente separada (CMS) de ave foi obtida por doação

pelo Frigorífico Céu Azul, da unidade de Guapiaçú – SP. Todos os aditivos (eritorbato de sódio, fécula de mandioca, tripolifosfato de sódio e nitrito de sódio) foram obtidos por meio de empresas comerciais do ramo frigorífico e pesados em balança analítica Ohaus Analytical Standart, modelo AS200S (Marconi, Brasil).

4.1.3 Matéria-prima cárnea das salsichas de frango controles e com redução de gordura

Foram utilizadas coxa e sobrecoxa de frango com pele e gordura suína (toucinho), ambos adquiridos do açougue de Americana - SP, que possui Serviço de Inspeção Federal (SIF). A carne mecanicamente separada (CMS) de ave foi obtida por meio de doação da indústria Seara Alimentos Ltda. Todos os aditivos (eritorbato de sódio, fécula de mandioca, tripolifosfato de sódio e nitrito de sódio, condimento para salsicha) foram obtidos por meio da empresa New Max Industrial Ltda de Americana – SP.

4.1.4 Primeira etapa – Elaboração dos bolos de carne de frango controles e com redução de gordura

Foram elaboradas doze formulações de bolo de carne de frango, sendo duas formulações-controle e dez com adição de 3 e 6% de fibras alimentares com redução de gordura, conforme mostrado na Tabela 1, para as cinco fibras alimentares utilizadas (frutooligossacarídeo, inulina, alfa-ciclodextrina, fibra de aveia e fibra de trigo). A adição da concentração de 3 e 6% de fibras alimentares já foi utilizada em vários trabalhos da área (SANTOS et al., 2012; ÁLVAREZ E BARBUT, 2013; STEENBLOCK et al., 2001; BARRETTO, 2007; GARCÍA et al., 2002) confirmando a escolha pelos resultados em produtos cárneos.

Tabela 1. Formulação dos bolos de carne de frango controles e com redução de gordura.

Ingredientes	C1 (%)	C2 (%)	T1 (%)	T2 (%)	T3 (%)	T4 (%)	T5 (%)	T6 (%)	T7 (%)	T8 (%)	T9 (%)	T10 (%)
Coxa e sobrecoxa de frango com pele	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
CMS de frango	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Toucinho	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gelo	20	30	27	24	27	24	27	24	27	24	27	24
Sal	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
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
Fécula de mandioca	2,185	2,185	2,185	2,185	2,185	2,185	2,185	2,185	2,185	2,185	2,185	2,185
Tripolifosfato de sódio	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
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
Frutooligossacarídeo	-	-	3	6	-	-	-	-	-	-	-	-
Inulina	-	-	-	-	3	6	-	-	-	-	-	-
Fibra de aveia	-	-	-	-	-	-	3	6	-	-	-	-
Fibra de trigo	-	-	-	-	-	-	-	-	3	6	-	-
Alfa-ciclodextrina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	6
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

As carnes e a gordura foram moídas em moedor (Bermar, Brasil), com disco de 4 mm de diâmetro e pesadas em balança semi-analítica modelo MF-30/3 (Filizola Beyond Technogy, Brasil), posteriormente levadas para serem trituradas em Super Cutter Sire (Filizola, Brasil), inicialmente junto com o sal e metade da quantidade total do gelo, onde iniciou a formação do *batter*. Em seguida foram adicionados os aditivos, o restante do gelo e a gordura. O *batter* formado foi monitorado por meio da temperatura utilizando termômetro digital tipo espeto modelo SH-113 (Hidrautech, Brasil), não ultrapassando os 15 °C na saída do *batter*, com objetivo de garantir a integridade do *batter*.

Foram colocados aproximadamente 400 g do *batter* em forma de alumínio retangular para a formação do bolo e cobertos com papel alumínio. Em seguida foram transferidos para um forno industrial modelo turbo 240 Classic (Pasiani, Brasil), com temperatura de 170 °C para serem cozidos até que a temperatura interna atingisse 72 °C, o que levou aproximadamente 20 minutos. Depois de resfriados a temperatura ambiente, os bolos de carne de frango foram fatiados, em fatias com espessura de 2 cm, e armazenados em embalagens de nylon polietileno à vácuo sob refrigeração (2 °C) durante 14 dias. O experimento foi realizado em triplicata.

4.1.5 Segunda etapa – Elaboração das salsichas de frango controles e com redução de gordura

Foram elaboradas quatorze formulações de salsicha de frango, sendo duas formulações-controle e doze formulações com adição de 0 a 10% de fibras alimentares com redução de gordura, conforme delineamento experimental mostrado no item 4.1.6. A Tabela 2 apresenta as formulações detalhadas para o delineamento.

Tabela 2. Formulação das salsichas de frango controles e com redução de gordura

Ingredientes	C1(%)	C2(%)	T1(%)	T2(%)	T3(%)	T4(%)	T5(%)	T6(%)	T7(%)	T8(%)	T9(%)	T10(%)	T11(%)	T12(%)
Coxa e sobrecoxa de frango c/ pele	30,7	30,7	30,7	30,7	30,7	30,7	30,7	30,7	30,7	30,7	30,7	30,7	30,7	30,7
CMS de frango	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Toucinho	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gelo	20	30	28,09	21	25,96	18,87	23,48	23,48	23,48	23,48	28,48	18,48	24,98	21,98
Sal	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
Eritorbato de sódio	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
Fécula de mandioca	2,185	2,185	2,185	2,185	2,185	2,185	2,185	2,185	2,185	2,185	2,185	2,185	2,185	2,185
Tripolifosfato de sódio	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
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
Condimento para Salsicha New Max	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
Alfa-ciclodextrina	-	-	1,45	8,54	1,45	8,54	5	5	5	5	-	10	5	5
Fibra de trigo	-	-	0,44	0,44	2,57	2,57	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	-	3
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

As proporções das fibras alimentares utilizadas foram de acordo com os resultados da primeira etapa com os bolos de carne de frango com redução de gordura, que demonstraram bons resultados nos aspectos tecnológicos (rendimento, textura, estabilidade da emulsão, com até 3% de fibra de trigo e até 10% da alfa-ciclodextrina).

A produção das salsichas de frango controle e com redução de gordura foi conduzida em planta piloto da Indústria New Max, na cidade de Americana – SP. As matérias-primas cárneas (coxa e sobrecoxa de frango com pele e toucinho suíno) estavam sob temperatura de refrigeração (4 °C) e ambas foram moídas em moedor modelo MEW 613 (Mado, Alemanha) com 3 mm de diâmetro. A CMS de ave congelada foi cortada com lâmina Serra Fita modelo SL (Skymesen, Brasil) e moída em moedor com diâmetro de 6 mm. Todos os ingredientes foram previamente pesados.

Posteriormente, as carnes e os ingredientes passaram para a emulsificação em *cutter* (Figura 6a) inox modelo MTK 662 (Mado, Alemanha) de 10 kg até obter uma massa homogênea, não ultrapassando a temperatura de 12 °C no final do *batter*, para manter a integridade do mesmo.

O *batter* foi transferido para uma embutideira hidráulica modelo EM 20 (Mainca, USA) e embutido em tripa artificial celulósica (Figura 6b), calibre 25 mm de diâmetro, e levada para cozimento em estufa a vapor (Figura 6c) modelo Unimatic 2200 (Eller, Brasil).

O cozimento foi realizado com a temperatura inicial da estufa de 65 °C por 15 minutos com chaminé aberta, seguido de 75 °C por 30 minutos com chaminé fechada e 85 °C por 25 minutos com chaminé fechada, até a temperatura interna do produto atingir 72°C.

Após o cozimento, as salsichas passaram por um resfriamento com ducha de água fria (Figura 6d) até o centro do produto atingir 40 °C e posteriormente foram armazenadas em câmara de refrigeração à 4 °C até o dia seguinte, no qual foram depeladas manualmente (Figura 6e) e embaladas em sacos de nylon

polietileno a vácuo (Figura 6f), armazenadas sob refrigeração (4 ± 1 °C) e acondicionadas em caixas isotérmicas, até serem transportadas ao Laboratório de Carnes da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus de São José do Rio Preto – SP, onde foram acondicionadas sob refrigeração (2 °C) durante 60 dias para a realização de todas as análises.

A Figura 6 ilustra as etapas do processo de obtenção das salsichas de frango controles e com redução de gordura.

Figura 6. Etapas do processamento das salsichas de frango controles e com redução de gordura.



4.1.6 Delineamento experimental

Foi utilizada a metodologia de superfície de resposta com planejamento 2^2 , contendo uma fibra solúvel, alfa-ciclodextrina (variável X_1) e uma fibra insolúvel, a fibra de trigo (variável X_2). A Tabela 3 mostra as variáveis e níveis de variação do planejamento proposto. A Tabela 4 mostra as variáveis reais e codificadas do delineamento fatorial completo.

Tabela 3 - Variáveis e níveis de variação do planejamento fatorial completo 2^2 .

Variáveis	Níveis				
	- α (-1,41)	-1	0	1	+ α (+1,41)
X_1 = alfa-ciclodextrina	0,00%	1,45%	5,00%	8,54%	10,00%
X_2 = fibra de trigo	0,00%	0,44%	1,50%	2,57%	3,00%

Tabela 4. Delineamento fatorial completo para as duas variáveis independentes.

Ensaio	Variáveis codificadas		Variáveis reais	
	X_1	X_2	X_1	X_2
1	-1	-1	1,45	0,44
2	1	-1	8,54	0,44
3	-1	1	1,45	2,57
4	1	1	8,54	2,57
5	0	0	5,00	1,50
6	0	0	5,00	1,50
7	0	0	5,00	1,50
8	0	0	5,00	1,50
9	-1,41	0	0,00	1,50
10	1,41	0	10,00	1,50
11	0	-1,41	5,00	0,00
12	0	1,41	5,00	3,00

X_1 – alfa-ciclodextrina; X_2 – fibra de trigo

4.2 Métodos

4.2.1 Análises realizadas nas fibras alimentares e nas matérias-primas cárneas

Inicialmente foi realizada a caracterização das fibras alimentares quanto a capacidade de emulsificação (CE), determinação de pH e umidade. Quanto às matérias-primas cárneas (coxa e sobrecoxa de frango com pele, CMS de ave e toucinho) foram realizadas as seguintes análises: determinação de umidade, lipídeos, cinzas e proteínas. Para a CMS de ave também foi realizado o índice de peróxido. Todas as análises estão descritas no item 4.2.3.

4.2.2 Frequencia (em dias) das análises realizadas nos bolos de carne de frango controles e com redução de gordura e nas salsichas de frango controles e com redução de gordura

As seguintes análises (descritas no item 4.2.3) foram realizadas em amostras de cada formulação:

- rendimento: 0 dia;
- testes de estabilidade da emulsão: 0 dia;
- determinação de pH: 0, 7 e 14 dias (bolos de carne de frango) e 0 e 60 dias (salsichas de frango);
- perfil de textura: 7 dias (bolos de carne de frango) e 30 dias (salsichas de frango);
- cor instrumental: 7 dias (bolos de carne de frango) e 30 dias (salsichas de frango);
- composição centesimal: 14 dias (bolos de carne de frango) e 30 dias (salsichas de frango);
- estabilidade à oxidação lipídica: 7 e 14 dias (bolos de carne de frango) e 0, 30 e 60 dias (salsichas de frango);
- análise microbiológica: 0, 30 e 60 dias (salsichas de frango);
- microscopia eletrônica de varredura: 30 dias (salsichas de frango);
- análise sensorial: 15 dias (salsichas de frango)

4.2.3 Descrição das análises realizadas

4.2.3.1 Capacidade de emulsificação das fibras alimentares utilizadas

A capacidade de emulsificação das fibras foi realizada em triplicata, conforme metodologia descrita por Seibel e Beléia (2009), com algumas modificações. Foi pesado um grama de cada fibra alimentar e posteriormente foi homogeneizado com 50 mL de água destilada por 30 segundos em agitador mecânico (Fisaton, Brasil). Depois foi adicionado gota a gota 50 mL de óleo de soja com o auxílio de uma proveta de 50 mL, com o mesmo agitador em rotação, a uma velocidade mínima. Após a finalização deste procedimento, a mistura foi transferida para uma proveta de 100 mL, para visualizar o comportamento (separação de fases) das emulsões. Fixou-se um tempo de espera de duas horas para observação. A capacidade de emulsificação (CE) foi expressa em porcentagem utilizando a seguinte equação 1:

$$CE = 100 - \% \text{ óleo emulsionado} \quad (1)$$

$$\text{Sendo que: \% Óleo emulsionado} = \frac{\text{mL de óleo emulsionado} \times 100}{50}$$

4.2.3.2 Determinação de umidade

Foi realizada em triplicata, pelo método de secagem em estufa à 105°C até peso constante, de acordo com metodologia descrita por AOAC (2007).

4.2.3.3 Determinação de proteína

Foi realizada em triplicata, por meio da avaliação do nitrogênio total da amostra pelo método micro-Kjeldahl, utilizando o fator de conversão de 6,25, segundo metodologia descrita por AOAC (2007).

4.2.3.4 Determinação de lipídeos

Foi realizada de acordo com o método descrito por Bligh e Dyer (1959), em triplicata.

4.2.3.5 Determinação de cinzas

Foi realizada através da incineração da amostra, previamente seca, em mufla a 550 °C por 6 horas, segundo metodologia descrita pelo AOAC (2007), em triplicata.

4.2.3.6 Determinação de carboidratos

A determinação do teor de carboidratos foi realizada por diferença, de acordo com a equação 2.

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

Sendo:

% U – teor de umidade

% C – teor de cinzas

% P – teor de proteínas

% L – teor de lipídeos

4.2.3.7 Determinação do índice de peróxidos da CMS de ave

A determinação do índice de peróxidos em CMS de ave, foi realizada em triplicata, através da metodologia Cd 8-53 descrita pela AOCS (2003), expressa em termos de miliequivalentes de KOH por kilo de gordura, que oxidam o iodeto de potássio nas condições do teste.

4.2.3.8 Determinação do pH

Para determinação do pH das fibras alimentares foi utilizado o pHmetro digital modelo PG 1800 (Gehara, Brasil), por sonda. Foram pesadas, em triplicata, 10 g de cada fibra alimentar e homogeneizadas em 100 mL de água destilada. Esta mistura foi agitada até que as partículas ficassem uniformemente dispersas (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005).

Para a determinação do pH dos bolos de carne de frango e salsichas de frango controle e com redução de gordura o pH foi medido com perfuração de três pontos de cada amostra, utilizando pHmetro digital com eletrodo de perfuração, modelo PG1800 (Gehara, Brasil), previamente calibrado com solução tampão 4 e 7, sendo feita a limpeza do eletrodo com água destilada entre as amostras e após a realização das leituras. Ambas as determinações foram realizadas em triplicata.

4.2.3.9 Testes de estabilidade da emulsão (EE)

Para os bolos de carne de frango controle e com redução de gordura foram realizados, dois métodos para a estabilidade da emulsão: o “Método A” de acordo com a metodologia descrita por Torre (1991) e o “Método B” de acordo com metodologia descrita por Jimenez-Colmenero et al. (2005) com algumas modificações, em triplicata.

Para as salsichas de frango controle e com redução de gordura foi realizado somente o “Método A”, em triplicata.

- **Método A**

Foram pesadas, em triplicata, 30 g de amostra da emulsão crua e colocadas em sacos de Nylon Polietileno, selados sem vácuo. Posteriormente as amostras foram cozidas em banho maria modelo NT245 (Nova Técnica, Brasil) por 1 hora a 70 °C. Após o resfriamento das embalagens em água corrente, foi retirado o líquido exsudado e calculada a porcentagem de perda sobre o peso inicial. A porcentagem da estabilidade da emulsão, foi calculada de acordo com a equação 3. Na qual a porcentagem de perda, medida pelo volume de líquido exsudato liberado de cada

amostra após o cozimento em banho maria, em relação ao peso inicial de cada amostra (emulsão crua).

$$\% EE = (100 - \% \text{ de perda}) \quad (3)$$

Onde % de perda = (peso do líquido exsudato x 100) / peso emulsão crua

- **Método B**

Foi realizado através da pesagem de 30 g de amostra da emulsão crua em tubos de centrífuga refrigerada modelo Avanti J-26XP (Beckman Coulter, Estados Unidos), utilizando rotação de 5000 xg, durante 5 min à temperatura de 5 °C. Posteriormente as amostras foram aquecidas em banho maria (modelo NT 245, Nova Técnica, Brasil) a 40 °C por 15 minutos seguido de 70 °C, durante 20 minutos. Os tubos foram invertidos e ficaram em repouso por 45 minutos para liberar o líquido exsudado. O volume total de líquido liberado foi expresso como uma percentagem do peso da amostra. O volume de líquido exsudado foi retirado e calculada a porcentagem de perda sobre o peso inicial (emulsão crua), de acordo com a equação 4.

$$\% E.E = (100 - \% \text{ de perda}) \quad (4)$$

4.2.3.10 Rendimento

O rendimento dos bolos de carne de frango, foi quantificado em duplicata, por meio da diferença de peso das amostras, antes e após o cozimento e resfriamento até temperatura ambiente. O resultado foi expresso em porcentagem, utilizando a equação 5. O rendimento das salsichas de frango, foi quantificado uma única vez, pela pesagem do lote total de cada tratamento, cru e após o cozimento.

$$\text{Rendimento (\%)} = 100 - \% \text{ perda de peso} \quad (5)$$

Onde: % perda de peso = $\frac{(\text{peso inicial} - \text{peso final})}{\text{peso inicial}} \times 100$

4.2.3.11 Avaliação da estabilidade à oxidação lipídica (TBARS)

Foi empregado o método de quantificação das substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS), em espectrofotômetro digital modelo SP-22 (Biospectro, Brasil), segundo a metodologia descrita por Vyncke (1970), em triplicata. Por conter nitrito nas formulações, houve acréscimo do reagente sulfanilamida 0,5% em HCl 20% v/v, segundo recomendação descrita por Zipser; Watts (1962). O valor de TBARS foi calculado a partir da curva de malonaldeído e expresso em mg de TBARS/kg amostra. As leituras foram determinadas a 532 nm e a curva padrão foi preparada utilizando o 1,1,3,3 tetraetoxipropano (TEP).

4.3.2.12 Análise do Perfil de Textura (TPA)

A Análise de Perfil de Textura (TPA) foi realizada em um texturômetro TA XT Plus/50 (Stable Micro Systems, Godalming) previamente calibrado com peso padrão de 5 kg. A coleta dos dados e a construção das curvas de TPA foram realizadas pelo programa Texture Exponent 32 (Stable Micro Systems Godalming, England). Os parâmetros avaliados foram dureza, coesividade, elasticidade e mastigabilidade. A dureza foi definida pela altura do pico de força durante o primeiro ciclo de compressão. A coesividade foi calculada como a razão entre as áreas do segundo e do primeiro pico (A_2/A_1). A elasticidade foi definida pela razão entre o tempo em que um alimento demora para recuperar seu estado normal, desde o fim da primeira mordida até o início da segunda mordida (b/a). A mastigabilidade foi definida pela energia requerida para mastigar um alimento sólido e foi obtida multiplicando dureza x elasticidade x coesividade (BOURNE, 2002).

Os bolos de carne de frango foram cortados com auxílio de um cilindro de aço inox (2,5 cm de diâmetro e 2 cm de altura) e comprimidos com um probe cilíndrico (SMS P/36) de 36 mm de diâmetro acoplado ao texturômetro.

As salsichas de frango foram previamente cozidas em água fervente e após resfriamento em temperatura ambiente foram cortadas em fatias de 20 mm de comprimento e inseridas no equipamento. Foi utilizado um probe de alumínio (SMS

P/36) de 36 mm, com velocidade de 5 mm/s e distância da plataforma de 21 mm, que comprimiu axialmente 50% da amostra em dois ciclos consecutivos totalizando 10 amostras de bolo de carne de frango e salsichas de frango de cada tratamento, à temperatura de 25 °C.

4.2.3.13 Cor instrumental

A determinação da cor instrumental foi realizada em colorímetro (modelo ColorFlex 45/0 (Hunter-Lab, Estados Unidos), previamente calibrado, operando com iluminante D65, ângulo do observador 10°, utilizando Software Universal versão 4.10, expressos no sistema CIELab, os valores de luminosidade L^* (luminosidade), a^* (intensidade da cor vermelha) e b^* (intensidade da cor amarela). O índice de branqueamento (*whiteness*) foi calculado através dos valores de L^* , a^* e b^* , utilizando a Equação 6, de acordo com metodologia descrita por Park (1994).

$$Whiteness = 100 - [(100-L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2} \quad (6)$$

As medições foram realizadas em quintuplicata, usando a parte interna das peças de bolo de carne de frango e das salsichas de frango, imediatamente após a retirada da embalagem à vácuo.

4.2.3.14 Estabilidade microbiológica

As análises microbiológicas foram feitas seguindo os padrões microbiológicos estabelecidos pela legislação brasileira (BRASIL, 2001), nas amostras de todas as formulações de salsichas de frango controle e com redução de gordura.

As análises realizadas foram: coliformes a 45 °C, estafilococos coagulase positiva, *Clostridium* a 46 °C e presença de *Salmonella spp* em 25 g de amostra em 0, 30 e 60 dias de estocagem refrigerada (2 °C), conforme recomendado pela legislação brasileira (BRASIL, 2003).

4.2.3.15 Análise sensorial - teste de aceitação e intenção de compra

O teste de análise sensorial foi realizado no laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos da Unesp *campus* de São José do Rio Preto – SP.

Foi realizado o teste de aceitação e intenção de compra com a participação de 66 potenciais consumidores do produto, compostos por alunos e funcionários da Unesp, não treinados, maiores de 18 anos. Foram excluídos indivíduos com patologias relacionadas a ingestão de alimentos como diabéticos, hipertensos, com intolerância à lactose ao glúten e fumantes. O parecer foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa nº 1.412.690 do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas.

As amostras de salsicha de frango controle e com redução de gordura foram cozidas em água fervente por 3 minutos, em seguida foram cortadas em cilindros com aproximadamente de 1,5 cm de altura, sendo as extremidades eliminadas para obtenção de porções homogêneas. As amostras foram mantidas aquecidas (60 °C) em caixas térmicas de isopor cobertas com papel alumínio, e apresentadas aos consumidores codificadas com números de três dígitos, de forma monádica, em cabines individuais sob luz branca, conforme recomendações de Meilgaard et al. (1999). As sessões foram divididas em três, sendo que em cada sessão o consumidor recebeu de 4 a 5 amostras. Os atributos sensoriais avaliados foram cor, aroma, textura, sabor e aceitação global, utilizando-se escala hedônica estruturada de 9 pontos e para a intenção de compra, a escala hedônica estruturada de 5 pontos.

A Figura 7 mostra o questionário utilizado para caracterização do consumidor e a Figura 8 ilustra a ficha sensorial que foi utilizada para a elaboração desta análise.

O termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) (anexo II) foi entregue aos consumidores antes do início da análise, em duas vias, e eles foram orientados a ler e preencher uma via, que ficou sob a responsabilidade da pesquisadora responsável, enquanto que a segunda via ficou com o próprio consumidor. O TCLE será mantido com a pesquisadora responsável por um prazo de 5 anos.

Figura 7. Questionário utilizado para o teste de aceitação sensorial.

Por favor, preencha o questionário com todas as informações solicitadas.

1) Nome: _____

2) Idade: _____

3) Sexo: Feminino Masculino

4) Fumante: Sim Não

5) Utilizando a escala abaixo, indique o quanto você gosta ou desgosta de salsicha:

Gosto muito
 Gosto pouco
 Indiferente
 Desgosto pouco
 Desgosto muito

6) Com que frequência, em média, você consome salsichas?

4 vezes/semana ou mais
 2 a 3 vezes/semana
 1 vez/semana
 1 vez/quinzena
 Não consumo

Figura 8. Ficha utilizada no teste de aceitação sensorial.

Nome: _____ Data: _____

1) Você está recebendo uma amostra de salsicha de frango. Por favor, prove-a e avalie cada item segundo a escala abaixo.

9 – Gostei extremamente
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

AMOSTRA n° _____

Cor	
Aroma	
Textura	
Sabor	
Aceitação global	

2) Assinale, para esta amostra, qual seria a sua intenção de compra:

Eu certamente compraria esta amostra.
 Eu provavelmente compraria esta amostra.
 Tenho dúvidas se compraria ou não esta amostra.
 Eu provavelmente não compraria esta amostra.
 Eu certamente não compraria esta amostra.

Comentários: _____

4.2.3.16 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

As microestruturas das amostras de salsichas de frango controle (C1) e duas amostras com redução de gordura (T2 e T3) foram avaliadas conforme procedimento descrito por Totosaus e Pérez-Chabela (2009), com algumas modificações, onde as amostras foram cortadas (filetes de 4 mm x 2 mm x 2 mm) do interior das salsichas de frango e colocadas em um vidro com tampa, cobertas com solução de glutaraldeído

a 2,5%, em tampão fosfato a 0,1 M durante 24 horas para fixação. Em seguida foram lavadas (por 3 vezes) com solução tampão de fosfato de sódio 0,1 M por 15 minutos. As amostras foram deixadas no escuro em geladeira por 2 horas em solução de tetróxido de ósmio a 1% em tampão fosfato a 0,1 M. Posteriormente foram desidratadas com concentrações de etanol (30%, 50%, 70%, 90% e três vezes em etanol absoluto). Em seguida foram secas em ponto crítico de CO₂ e montadas em superfície de alumínio, cobertas com ouro e examinadas em microscópio eletrônico de varredura modelo 450 VPi (marca LEO), do Laboratório de Microscopia Eletrônica da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” campus de São José do Rio Preto – SP.

Essa análise possibilitou avaliar as diferentes microestruturas formadas nas emulsões das salsichas e entender a contribuição das fibras nas microestruturas com outras determinações.

4.3 Análise estatística

Para verificar o efeito da adição das fibras alimentares nas formulações de bolo de carne de frango controle e com redução de gordura sobre as propriedades estudadas, os resultados foram avaliados por meio da análise de variância (ANOVA), e a diferença entre as médias dos resultados foram avaliados pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, utilizando o software estatístico MiniTab versão 16.

Para as amostras de salsicha de frango com redução de gordura, os resultados foram avaliados pela metodologia de superfície de resposta, aplicando duas variáveis independentes: uma fibra solúvel e uma fibra insolúvel, levando em conta que suas proporções na mistura influenciam diretamente na formação da emulsão, entre outras. 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 R² maior do que 60% foram considerados significativos, sendo possível gerar o gráfico de superfície. Para a análise dos efeitos, ANOVA, gráficos de superfície de resposta e curvas de contorno foi utilizado o programa STATISTICA versão 7.0 da Statsoft Inc.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização das fibras alimentares utilizadas quanto a Capacidade de Emulsificação (CE), determinação de umidade e pH

Os resultados de CE, determinação de umidade e pH das fibras alimentares utilizadas estão expressos na Tabela 5. A Figura 9 ilustra a análise de CE para as fibras alimentares utilizadas.

Tabela 5. Capacidade de emulsificação, determinação de umidade e pH das fibras alimentares utilizadas (média \pm desvio padrão)

Fibras alimentares	**CE (%)	Umidade (%)	pH
Inulina	7,33 \pm 1,15 ^b	3,04 \pm 0,25 ^e	5,21 \pm 0,03 ^e
*FOS	6,67 \pm 1,15 ^b	4,13 \pm 0,10 ^d	5,70 \pm 0,01 ^d
Alfa-ciclodextrina	79,00 \pm 1,41 ^a	9,79 \pm 0,03 ^a	6,98 \pm 0,03 ^a
Fibra de trigo	6,67 \pm 1,15 ^b	6,00 \pm 0,65 ^c	6,87 \pm 0,02 ^b
Fibra de aveia	6,00 \pm 0,00 ^b	7,49 \pm 0,40 ^b	6,11 \pm 0,03 ^c

^{a,b,c,d,e} Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna, diferem pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$).
*Frutooligosacarídeo; ** Capacidade de emulsificação

O maior valor de capacidade de emulsificação foi encontrado para a fibra alfa-ciclodextrina, com 79%, diferindo estatisticamente ($p \leq 0,05$) de todas as fibras alimentares analisadas. Para as demais fibras alimentares não houve diferença significativa ($p > 0,05$) para esta análise.

Com relação a umidade e o pH das fibras alimentares, os resultados encontrados estão de acordo com as especificações dos fabricantes (Anexo I) de cada fibra alimentar.

Figura 9. Ilustração do resultado da análise de capacidade de emulsificação das fibras alimentares utilizadas: (a) fibra de aveia; (b) fibra de trigo; (c) FOS; (d) inulina; (e) alfa-ciclodextrina.



5.2 Primeira etapa - Bolos de carne de frango controles e com redução de gordura

5.2.1 Composição centesimal da matéria-prima cárnea utilizada e índice de peróxido da CMS de ave

Os resultados da composição centesimal da matéria prima cárnea utilizada e o índice de peróxidos para a CMS de ave estão expressos na Tabela 6.

Tabela 6. Composição centesimal da matéria-prima cárnea utilizada e índice de peróxido da CMS de ave (média \pm desvio padrão)

	Coxa e sobrecoxa com pele	Toucinho	**CMS de ave
Umidade (%)	67,46 \pm 1,86	10,33 \pm 0,20	70,51 \pm 0,29
Lipídeos (%)	10,54 \pm 0,86	76,07 \pm 0,71	14,69 \pm 0,44
Proteína (%)	16,71 \pm 0,31	4,05 \pm 0,08	12,12 \pm 0,47
Cinzas (%)	0,82 \pm 0,01	0,07 \pm 0,01	1,66 \pm 0,06
IP*	-	-	0,99 \pm 0,26

*Índice de peróxidos (expressos em mEq KOH/kg de gordura); **Carne mecanicamente separada.

Os valores de composição centesimal encontrados para a coxa e sobrecoxa de frango com pele foram similares aos encontrados por Hautrive et al. (2012).

Os resultados de lipídeos e proteínas encontrados neste estudo para a CMS de ave demonstram que ambos estão em conformidade com a legislação brasileira (BRASIL, 2000), que estabelece teor de lipídeos máximo de 30% e teor de proteína mínimo de 12%.

O valor encontrado para o índice de peróxido (0,99 mEq de KOH/kg gordura) está dentro do padrão estabelecido pela mesma legislação para CMS de ave (BRASIL, 2000).

Quanto ao toucinho, os valores encontrados de lipídeos, proteínas e cinzas foram similares aos valores encontrados por Schmiele et al. (2015).

5.2.2 Composição centesimal dos bolos de carne de frango

Os resultados de composição centesimal dos bolos de carne de frango controles e com redução de gordura estão expressos na Tabela 7.

Tabela 7. Composição centesimal dos bolos de carne de frango controle e com redução de gordura (média \pm desvio padrão)

Tratamento	Umidade (%)	Proteína (%)	Lipídeos (%)	Cinzas (%)	*Carb. (%)
C1	66,90 \pm 0,38 ^g	10,49 \pm 0,31 ^a	14,49 \pm 1,12 ^a	3,56 \pm 0,10 ^a	4,56
C2	75,40 \pm 0,19 ^a	11,10 \pm 0,54 ^a	7,44 \pm 0,26 ^b	3,61 \pm 0,01 ^a	2,50
T1	72,93 \pm 0,12 ^{bc}	10,69 \pm 0,23 ^a	6,88 \pm 0,38 ^b	3,45 \pm 0,04 ^{ab}	6,05
T2	70,09 \pm 0,05 ^e	10,87 \pm 0,16 ^a	6,54 \pm 0,83 ^b	3,37 \pm 0,08 ^{ab}	9,13
T3	72,71 \pm 0,04 ^{bcd}	10,78 \pm 0,25 ^a	6,90 \pm 0,35 ^b	3,17 \pm 0,03 ^{ab}	6,44
T4	69,47 \pm 0,14 ^{ef}	10,96 \pm 0,37 ^a	7,34 \pm 0,39 ^b	3,37 \pm 0,05 ^{ab}	8,86
T5	73,15 \pm 0,39 ^b	10,42 \pm 0,22 ^a	7,38 \pm 0,53 ^b	3,53 \pm 0,01 ^a	5,52
T6	69,54 \pm 0,21 ^{ef}	10,58 \pm 0,20 ^a	7,04 \pm 0,45 ^b	3,60 \pm 0,06 ^a	9,24
T7	72,39 \pm 0,08 ^{cd}	10,68 \pm 0,17 ^a	7,33 \pm 0,45 ^b	3,53 \pm 0,04 ^a	6,07
T8	69,39 \pm 0,26 ^f	10,65 \pm 0,32 ^a	6,93 \pm 1,15 ^b	3,52 \pm 0,06 ^{ab}	9,51
T9	72,25 \pm 0,23 ^d	10,84 \pm 0,34 ^a	7,11 \pm 0,70 ^b	3,39 \pm 0,04 ^{ab}	6,41
T10	68,94 \pm 0,26 ^f	11,03 \pm 0,13 ^a	6,55 \pm 0,59 ^b	3,04 \pm 0,39 ^b	10,44

C1 - formulação controle (sem adição de fibras alimentares e com 10% de gordura suína); C2 – formulação controle (sem adição de fibras alimentares e gordura suína) T1- formulação com 3% de FOS; T2 – formulação com 6% de FOS; T3 – formulação com 3% de inulina; T4 – formulação com 6% de inulina; T5 – formulação com 3% de fibra de aveia; T6 – formulação com 6% de fibra de aveia; T7 – formulação com 3% de fibra de trigo; T8 – formulação com 6% de fibra de trigo; T9 – formulação com 3% de afa ciclodextrina; T10 – formulação com 6% de alfa ciclodextrina. ^{a,b,c,d} Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna, diferem pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$). *Carboidratos – obtidos por diferença.

A umidade variou entre 66,90% e 75,40% correspondendo aos tratamentos C1 e C2, respectivamente, enquanto que os tratamentos com adição de fibras alimentares e com redução de gordura apresentaram umidade entre 68,94% e 73,15%. O teor de umidade dos tratamentos com redução de gordura foi maior ($p < 0,05$) que o tratamento controle C1 (sem adição de fibras e com 10% de gordura). Resultados semelhantes a este estudo foram relatados por Barretto et al. (2015) e Choi et al. (2014), que encontraram teores de umidade menores nas formulações controle (sem adição de

fibras e com adição de gordura) e maiores quando houve adição das fibras alimentares.

Quanto o teor de umidade, o tratamento C2 (sem adição de fibras alimentares e gordura) apresentou maior valor ($p < 0,05$), e o tratamento C1 (sem adição de fibras alimentares e com 10% de gordura suína) apresentou menor valor encontrado ($p < 0,05$). Ambas diferiram significativamente dos outros tratamentos. Esta variação está relacionada com as quantidades de água adicionada nos tratamentos. Observou-se uma diferença significativa entre os tratamentos contendo 3 e 6% de fibras alimentares, quando aumentou-se a concentração de fibras alimentares adicionadas (de 3% para 6%).

Com relação ao teor de proteínas não foram evidenciadas diferenças significativas ($p < 0,05$) para as formulações, fato que pode ser justificado pela mesma quantidade de coxa e sobrecoxa com pele e de CMS de ave adicionada em todas as formulações.

Quanto ao teor de lipídeos, como o esperado, a formulação C1 apresentou o maior valor (14,49%) e diferiu ($p < 0,05$) de todas as outras formulações, devido à gordura adicionada. As outras formulações que não tiveram gordura (toucinho) adicionada, apresentaram uma redução de lipídeos próxima de 50%. Com relação ao teor de cinzas, observou-se pequenas variações (3,04% a 3,61%) entre as formulações. Somente a formulação T10 apresentou diferença ($p < 0,05$) das formulações C1, C2, T5, T6 e T7.

Quanto aos carboidratos, obtidos por diferença, houve grande variação entre as formulações, devido às quantidades variáveis de fibras alimentares adicionadas e também da adição de 2% de amido.

5.2.3 Testes de estabilidade da emulsão (EE) dos bolos de carne de frango

A Tabela 8 apresenta os resultados de estabilidade da emulsão dos bolos de carne de frango controle e com redução de gordura. Os resultados obtidos por meio da avaliação da estabilidade da emulsão utilizando o método A (Figura 10a) apresentaram variação entre 91,16% e 100%, enquanto pelo método B (Figura 10b) esta variação foi entre 98% e 99,73%.

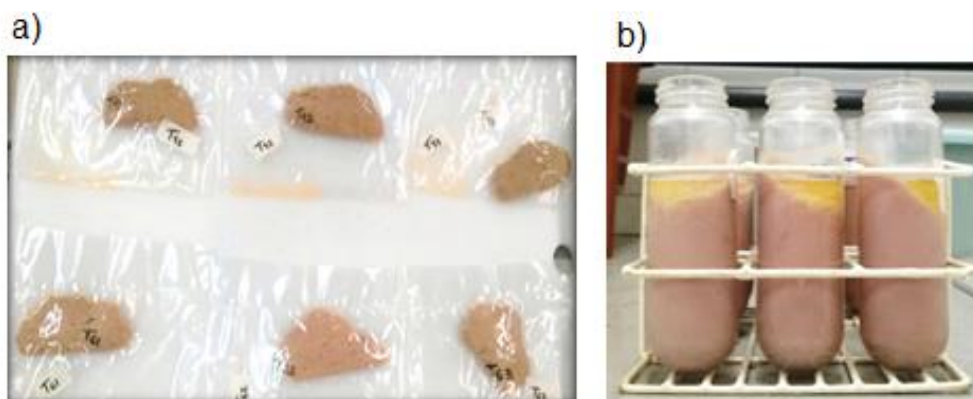
Tabela 8. Estabilidade da emulsão (em 0 dia) dos bolos de carne de frango controles e com redução de gordura pelos dois métodos utilizados (média \pm desvio padrão).

Tratamento	EE – Método A (%)	EE – Método B (%)
C1	96,35 \pm 0,45 ^b	98,62 \pm 0,12 ^{de}
C2	91,16 \pm 0,35 ^f	98,78 \pm 0,20 ^{de}
T1	92,81 \pm 0,58 ^{ef}	99,06 \pm 0,10 ^{bcd}
T2	94,55 \pm 0,41 ^{cd}	98,34 \pm 0,06 ^{ef}
T3	93,23 \pm 1,23 ^{de}	99,43 \pm 0,10 ^{abc}
T4	93,15 \pm 0,42 ^{de}	98,87 \pm 0,18 ^{cde}
T5	96,26 \pm 0,81 ^b	99,17 \pm 0,52 ^{abcd}
T6	99,00 \pm 0,35 ^a	99,73 \pm 0,04 ^a
T7	96,71 \pm 0,44 ^b	99,57 \pm 0,06 ^{ab}
T8	99,04 \pm 0,56 ^a	99,62 \pm 0,20 ^{ab}
T9	95,07 \pm 0,31 ^{bc}	98,00 \pm 0,17 ^f
T10	100,00 \pm 0,00 ^a	99,72 \pm 0,12 ^a

C1 - tratamento controle (sem adição de fibras alimentares e com 10% de gordura suína); C2 – tratamento controle (sem adição de fibras alimentares e gordura suína) T1- tratamento com 3% de FOS; T2 – tratamento com 6% de FOS; T3 – tratamento com 3% de inulina; T4 – tratamento com 6% de inulina; T5 – tratamento com 3% de fibra de aveia; T6 – tratamento com 6% de fibra de aveia; T7 – tratamento com 3% de fibra de trigo; T8 – tratamento com 6% de fibra de trigo; T9 – tratamento com 3% de alfa-ciclodextrina; T10 – tratamento com 6% de alfa-ciclodextrina. ^{a,b,c,d,e,f} Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna, diferem pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Para o método A, o menor valor obtido (91,16%) foi encontrado para a formulação C2, diferindo estatisticamente de todas as outras formulações, exceto T1 (92,81%). Este resultado parece coerente levando em consideração que C2 contém o maior teor de água em função da redução de gordura e não contém adição de fibras alimentares, confirmando a influência na EE.

Figura 10. Resultados dos testes de estabilidade da emulsão: (a) método A; (b) método B



O maior valor encontrado de EE foi para a formulação T10, contendo a adição de 6% de ACD, mostrando sua eficiência em emulsões cárneas e demonstrando um resultado coerente com o observado para a capacidade de emulsificação (Tabela 5). Ainda, ao analisar os resultados do método A, observa-se que com o aumento da concentração de fibras alimentares (de 3% para 6%) houve aumento ($p < 0,05$) da EE dos tratamentos adicionados de fibras alimentares, exceto para inulina.

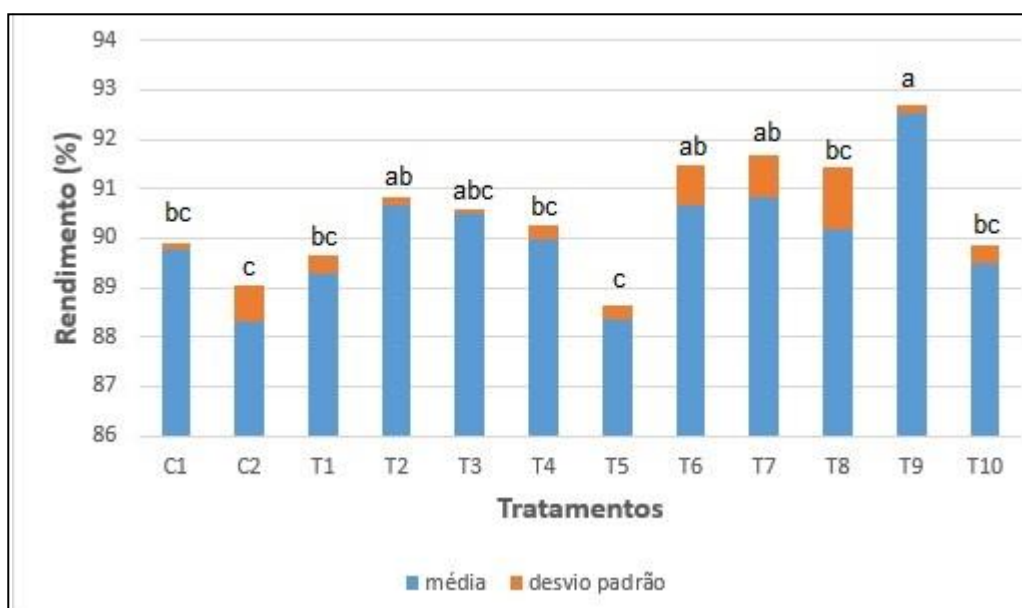
Com relação aos resultados obtidos pelo método B, observa-se que os menores valores de EE encontrados foram 98,34% e 98% correspondente aos tratamentos T2 e T9, que diferiram estatisticamente de todos os outros tratamentos. A utilização de ACD na proporção de 6% aumentou ($p < 0,05$) os valores de EE, confirmando ser mais eficiente nesta proporção (6%) assim como foi observado pelo método A.

O método A mostrou ser mais eficiente neste estudo, pois estudos (BARRETTO et al., 2015; SCHMIELE et al., 2015), relatam que as fibras alimentares e as gorduras desempenham um importante papel na EE de produtos cárneos, e o método B não pode diferenciar os tratamentos C1 e C2, com e sem adição de gordura, respectivamente, sendo considerado menos eficaz nas condições utilizadas.

5.2.4 Rendimento dos bolos de carne de frango

Os resultados de rendimento dos bolos de carne de frango controles e com redução de gordura estão apresentados no Figura 11.

Figura 11. Gráfico de rendimento dos bolos de carne de frango controles e com redução de gordura (média ± desvio padrão)



C1 - tratamento controle (sem adição de fibras alimentares e com 10% de gordura suína); C2 – tratamento controle (sem adição de fibras alimentares e gordura suína) T1- tratamento com 3% de FOS; T2 – tratamento com 6% de FOS; T3 – tratamento com 3% de inulina; T4 – tratamento com 6% de inulina; T5 – tratamento com 3% de fibra de aveia; T6 – tratamento com 6% de fibra de aveia; T7 – tratamento com 3% de fibra de trigo; T8 – tratamento com 6% de fibra de trigo; T9 – tratamento com 3% de alfa-ciclodextrina; T10 – tratamento com 6% de alfa-ciclodextrina. ^{a,b,c}Médias seguidas por letras distintas, diferem pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Os rendimentos do bolo de carne de frango controle e com redução de gordura variaram entre 88,33% e 92,52%. O tratamento T9 apresentou o maior rendimento de processo ($p < 0,05$), em relação aos controles (C1 e C2).

Os baixos rendimentos encontrados podem ser explicados pela redução de gordura e maior adição de água no sistema.

O tratamento T10 apresentou menor rendimento ($p < 0,05$) em relação o tratamento T9, o que não era esperado, pois T10 continha a maior concentração de ACD (6%). Isto pode ser explicado pela estrutura química anelar da ACD, que em maiores proporções tem um comportamento peculiar, se ligando à gordura no meio interno (hidrofóbico) e deixando a água mais livre no meio externo (hidrofílico), consequentemente afetando o rendimento e também diminuindo a dureza do produto

(Tabela 12). Porém foram encontrados relatos na literatura do uso da fibra alfa-ciclodextrina (ACD) em produtos cárneos que evidenciassem aumento do rendimento com o aumento de sua concentração.

O tratamento T5, com adição de fibra insolúvel de aveia, apresentou um dos menores valores para o rendimento, demonstrando que esta proporção utilizada (3%) não foi suficiente para incorporar a maior quantidade de água adicionada na formulação, o que não era esperado, pois de acordo com Thebaudin et al. (1997) as fibras insolúveis melhoram a capacidade de retenção de água e diminuem as perdas durante o cozimento. Resultado similar a este estudo foi encontrado por Rocha (2014) que estudou a inclusão de fibra de ervilha (insolúvel) em salsichas de carne bovina com reduzido teor de gordura (17%) e obtiveram menores valores ($p < 0,05$) de rendimentos em relação ao tratamento controle (com 25% de gordura e sem adição de fibra). Rocha (2014) também relatou que a concentração de fibra utilizada (2%) não foi eficiente na absorção de água adicionada aos tratamentos com redução de carne e gordura.

5.2.5 Determinação de pH dos bolos de carne de frango

Os valores médios de pH obtidos variaram entre 6,18 a 6,66 para todos os tratamentos (Tabela 9) durante a estocagem refrigerada.

Em zero dia de estocagem somente as formulações T9 e T10 (com adição de 3 e 6% de ACD, respectivamente) diferiram ($p \leq 0,05$) dos controles e de todos os tratamentos, mas não diferiram ($p > 0,05$) entre si.

Tabela 9. Valores do pH dos bolos de carne de frango controles e com redução de gordura em 0, 7 e 14 dias de estocagem (média \pm desvio padrão).

Tratamento	0 dia	7 dias	14 dias
C1	6,59 \pm 0,03 ^a	6,59 \pm 0,02 ^a	6,52 \pm 0,02 ^{abc}
C2	6,66 \pm 0,04 ^a	6,59 \pm 0,03 ^a	6,55 \pm 0,03 ^{ab}
T1	6,64 \pm 0,05 ^a	6,53 \pm 0,03 ^{ab}	6,60 \pm 0,03 ^a
T2	6,60 \pm 0,04 ^a	6,18 \pm 0,06 ^f	6,55 \pm 0,03 ^{ab}
T3	6,60 \pm 0,04 ^a	6,44 \pm 0,03 ^{bcd}	6,57 \pm 0,03 ^a
T4	6,59 \pm 0,03 ^a	6,48 \pm 0,03 ^{abc}	6,58 \pm 0,02 ^a
T5	6,57 \pm 0,03 ^a	6,55 \pm 0,03 ^{ab}	6,55 \pm 0,03 ^{ab}
T6	6,60 \pm 0,06 ^a	6,38 \pm 0,05 ^{cde}	6,57 \pm 0,03 ^a
T7	6,63 \pm 0,02 ^a	6,41 \pm 0,07 ^{cd}	6,59 \pm 0,04 ^a
T8	6,64 \pm 0,02 ^a	6,33 \pm 0,04 ^{de}	6,57 \pm 0,02 ^b
T9	6,34 \pm 0,04 ^b	6,27 \pm 0,03 ^{ef}	6,47 \pm 0,03 ^{bc}
T10	6,24 \pm 0,03 ^b	6,27 \pm 0,03 ^{ef}	6,45 \pm 0,02 ^c

C1 - tratamento controle (sem adição de fibras alimentares e com 10% de gordura suína); C2 – tratamento controle (sem adição de fibras alimentares e gordura suína) T1- tratamento com 3% de FOS; T2 – tratamento com 6% de FOS; T3 – tratamento com 3% de inulina; T4 – tratamento com 6% de inulina; T5 – tratamento com 3% de fibra de aveia; T6 – tratamento com 6% de fibra de aveia; T7 – tratamento com 3% de fibra de trigo; T8 – tratamento com 6% de fibra de trigo; T9 – tratamento com 3% de alfa-ciclodextrina; T10 – tratamento com 6% de alfa-ciclodextrina. a,b,c,d,e,f Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna, diferem pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Em 7 dias somente os tratamentos T1, T4 e T5 não diferiram dos controles (C1 e C2) e após 14 dias de armazenamento, os tratamentos T8, T9 e T10 diferiram ($p < 0,05$) dos controles.

Também não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os pHs dos controles (C1 e C2) durante a estocagem.

Os valores de pH encontrados neste estudo são valores considerados adequados para produtos cárneos. Choi et al. (2014) encontraram valores de pH variando entre 6,59 e 6,88 em salsichas tipo Frankfurter, similares aos valores obtidos neste estudo.

5.2.6 Avaliação da estabilidade à oxidação lipídica (TBARS)

A Tabela 10 mostra os valores (expressos em mg de TBARS/kg de amostra) de substâncias que reagem ao ácido tiobarbitúrico durante estocagem refrigerada dos bolos de carne de frango controle e com redução de gordura.

Tabela 10. Avaliação da estabilidade à oxidação lipídica (em mg de TBARS/kg de amostra) dos bolos de carne de frango controles e com redução de gordura durante estocagem refrigerada (média \pm desvio padrão).

Tratamento	7 dias	14 dias
C1	0,322 \pm 0,06 ^b	0,615 \pm 0,06 ^{ab}
C2	0,321 \pm 0,07 ^b	0,614 \pm 0,07 ^{ab}
T1	0,248 \pm 0,05 ^b	0,547 \pm 0,14 ^{abc}
T2	0,424 \pm 0,07 ^b	0,659 \pm 0,05 ^a
T3	0,476 \pm 0,13 ^{ab}	0,545 \pm 0,01 ^{abc}
T4	0,279 \pm 0,00 ^b	0,430 \pm 0,03 ^{abcd}
T5	0,450 \pm 0,07 ^{ab}	0,580 \pm 0,02 ^{abc}
T6	0,454 \pm 0,03 ^{ab}	0,371 \pm 0,02 ^{cd}
T7	0,474 \pm 0,11 ^{ab}	0,557 \pm 0,07 ^{abc}
T8	0,433 \pm 0,00 ^b	0,413 \pm 0,02 ^{bcd}
T9	0,223 \pm 0,03 ^b	0,200 \pm 0,01 ^d
T10	0,700 \pm 0,04 ^a	0,380 \pm 0,03 ^{cd}

C1 - tratamento controle (sem adição de fibras alimentares e com 10% de gordura suína); C2 – tratamento controle (sem adição de fibras alimentares e gordura suína) T1- tratamento com 3% de FOS; T2 – tratamento com 6% de FOS; T3 – tratamento com 3% de inulina; T4 – tratamento com 6% de inulina; T5 – tratamento com 3% de fibra de aveia; T6 – tratamento com 6% de fibra de aveia; T7 – tratamento com 3% de fibra de trigo; T8 – tratamento com 6% de fibra de trigo; T9 – tratamento com 3% de alfa-ciclodextrina; T10 – tratamento com 6% de alfa-ciclodextrina. ^{a,b,c,d} Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna, diferem pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$);

Os valores médios de TBARS em bolos de carne de frango controle e com redução de gordura, ficaram entre 0,223 e 0,700 mg TBARS/kg de amostra em 7 dias de armazenamento, e entre 0,200 à 0,659 mg TBARS/kg, em 14 dias de armazenamento, onde a maioria dos tratamentos apresentou um aumento nos valores

de TBARS neste período. De acordo com Kingston et al. (1998), o processo de oxidação é maior em produtos cárneos cozidos, pois o aquecimento acelera as reações de oxidação das carnes. A presença de coxa e sobrecoxa com pele e da CMS de ave, juntamente com a trituração dos ingredientes, característico de produto emulsionado, auxiliam com o aumento do processo oxidativo, mesmo com a utilização do antioxidante eritorbato de sódio nas formulações. Valores abaixo de 1 mg TBARS/kg de amostra, não afetam a percepção sensorial de odores e aromas, conforme relatado por Arganosa et al. (1987).

Em 7 dias de estocagem, o tratamento T10 apresentou o maior valor ($p \leq 0,05$) de TBARS, em relação às amostras controles (C1 e C2), e as amostras com reduzido teor de gordura T1, T2, T4, T8 e T9.

Em 14 dias de armazenamento, os valores de TBARS aumentaram em todos os tratamentos, exceto para os tratamentos T6, T9 e T10, que foram menores ($p < 0,05$) que os controles. Resultados semelhantes foram obtidos por López-Vargas et al. (2014), quando analisaram a oxidação lipídica de hambúrgues (crus e cozidos) de carne suína adicionados de 2,5% e 5% de albedo de maracujá e relataram valores menores de TBARS em relação ao tratamento controle (sem adição de fibra).

5.2.7 Análise do Perfil de Textura (TPA) dos bolos de carne de frango

A Tabela 11 apresenta os resultados de perfil de textura instrumental dos bolos de carne de frango controle e com redução de gordura avaliados quanto os parâmetros de dureza (N), elasticidade, coesividade e mastigabilidade (N).

O parâmetro dureza apresentou variação entre os tratamentos, e os maiores valores encontrados foram para os tratamentos T8 (20,15 N) e T6 (17,52 N), diferindo ($p < 0,05$) estatisticamente de todos os outros tratamentos. Ambos tratamentos continham 6% de adição de fibras insolúveis (fibra de trigo e fibra de aveia, respectivamente), indicando que as fibras insolúveis neste caso aumentaram a dureza.

Tabela 11. Perfil de textura dos bolos de carne de frango controles e com redução de gordura (média ± desvio padrão).

Tratamento	Dureza (N)	Elasticidade	Coabilidade	*Mast. (N/cm)
C1	10,18 ± 2,28 ^{efg}	0,85 ± 0,04 ^{ab}	0,74 ± 0,03 ^{abc}	6,34 ± 1,48 ^{def}
C2	7,71 ± 1,40 ^g	0,81 ± 0,07 ^{abc}	0,71 ± 0,04 ^{ab}	4,68 ± 1,10 ^f
T1	10,91 ± 2,75 ^{def}	0,84 ± 0,06 ^{abc}	0,75 ± 0,02 ^{ab}	6,85 ± 1,87 ^{cd}
T2	12,12 ± 1,64 ^{de}	0,85 ± 0,04 ^{ab}	0,76 ± 0,02 ^a	7,83 ± 1,13 ^{bcd}
T3	10,70 ± 1,85 ^{def}	0,81 ± 0,05 ^{abc}	0,74 ± 0,03 ^{abc}	6,44 ± 1,16 ^{def}
T4	11,43 ± 1,25 ^{de}	0,84 ± 0,05 ^{ab}	0,74 ± 0,03 ^{abc}	7,15 ± 0,75 ^{cd}
T5	13,16 ± 2,03 ^{cd}	0,80 ± 0,08 ^{bc}	0,72 ± 0,01 ^{bcd}	7,57 ± 1,62 ^{bcd}
T6	17,52 ± 2,62 ^{ab}	0,78 ± 0,05 ^{bc}	0,69 ± 0,01 ^{de}	9,40 ± 1,83 ^{ab}
T7	16,04 ± 1,48 ^{bc}	0,80 ± 0,02 ^{bc}	0,68 ± 0,02 ^e	8,71 ± 0,81 ^{abc}
T8	20,15 ± 2,53 ^a	0,77 ± 0,04 ^c	0,64 ± 0,02 ^f	9,93 ± 1,28 ^a
T9	10,41 ± 1,23 ^{defg}	0,88 ± 0,03 ^a	0,73 ± 0,02 ^{bc}	6,68 ± 0,67 ^{de}
T10	8,37 ± 1,20 ^{fg}	0,83 ± 0,04 ^{abc}	0,71 ± 0,02 ^{cd}	4,92 ± 0,77 ^{ef}

C1 - tratamento controle (sem adição de fibras alimentares e com 10% de gordura suína); C2 – tratamento controle (sem adição de fibras alimentares e gordura suína) T1- tratamento com 3% de FOS; T2 – tratamento com 6% de FOS; T3 – tratamento com 3% de inulina; T4 – tratamento com 6% de inulina; T5 – tratamento com 3% de fibra de aveia; T6 – tratamento com 6% de fibra de aveia; T7 – tratamento com 3% de fibra de trigo; T8 – tratamento com 6% de fibra de trigo; T9 – tratamento com 3% de alfa-ciclodextrina; T10 – tratamento com 6% de alfa-ciclodextrina. a,b,c,d,e,f,g Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna, diferem pelo Teste de Tukey (p≤0,05). *Mastigabilidade.

A redução de gordura quando comparado C1 com C2, não diminuiu significativamente a dureza nas condições estudadas. Já em estudos realizados por Grigelmo-Miguel et al. (1999) com produto cárneo emulsionado a redução de gordura ou aumento da adição de água na formulação diminuiu os parâmetros de dureza, coabilidade, gomosidade e mastigabilidade. Choi et al. (2014) também encontraram resultados similares ao reduzir a gordura de salsichas tipo Frankfurter (sem adição de fibras alimentares) e obteve valores significativamente menores para dureza (N), coabilidade e mastigabilidade (N/cm).

Houve aumento ($p < 0,05$) da dureza quando a concentração de fibras insolúveis foi aumentada de 3 para 6% de concentração. Os tratamentos com redução de gordura e adição de fibras insolúveis (T6, T7 e T8) tiveram diminuição significativa ($p < 0,05$) da coesividade e aumento significativo ($p < 0,05$) da mastigabilidade, em relação os tratamentos controles, demonstrando que a adição dessas fibras insolúveis nas proporções utilizadas tem influência sobre esses parâmetros.

Com relação a elasticidade, não houve diferença significativa entre os controles e os demais tratamentos, exceto T8, que diferiu ($p < 0,05$) de C1. O tratamento T9 com 3% de ACD diferiu significativamente ($p < 0,05$) dos tratamentos contendo 3 e 6% de fibras insolúveis.

5.2.8 Cor instrumental dos bolos de carne de frango

Na Tabela 12 estão apresentados os parâmetros de cor dos bolos de carne de frango controles e com redução de gordura, representados pelos valores de L^* , a^* , b^* e *whiteness*.

Tabela 12. Parâmetros de cor L*, a*, b* e *whiteness* dos bolos de carne de frango controles e com redução de gordura (média ± desvio padrão).

Tratamento	L*	a*	b*	Whiteness
C1	66,81 ± 0,62 ^c	10,12 ± 0,35 ^{bc}	14,76 ± 0,41 ^{abc}	62,29 ± 0,54 ^{bcd}
C2	64,52 ± 1,20 ^{efgh}	10,45 ± 0,39 ^{ab}	14,42 ± 0,09 ^{bc}	60,30 ± 1,13 ^{de}
T1	64,04 ± 0,64 ^{ef}	10,47 ± 0,30 ^{ab}	14,79 ± 0,35 ^{abc}	59,45 ± 0,55 ^{de}
T2	64,38 ± 0,57 ^{fgh}	11,14 ± 0,24 ^a	14,58 ± 0,46 ^{abc}	59,93 ± 0,34 ^{bcd}
T3	67,37 ± 1,03 ^{cde}	10,09 ± 0,27 ^{bcd}	14,69 ± 0,32 ^{abc}	62,82 ± 0,74 ^{cde}
T4	65,37 ± 0,91 ^{efgh}	10,41 ± 0,44 ^{ab}	14,11 ± 0,52 ^c	61,18 ± 0,91 ^e
T5	63,42 ± 0,87 ^h	10,40 ± 0,16 ^{ab}	14,69 ± 0,19 ^{abc}	59,23 ± 0,69 ^{cde}
T6	66,48 ± 0,40 ^{defg}	9,33 ± 0,28 ^{cde}	15,00 ± 0,22 ^{ab}	62,11 ± 0,38 ^{bc}
T7	69,43 ± 0,65 ^{bc}	9,12 ± 0,21 ^{def}	14,73 ± 0,10 ^{abc}	64,86 ± 0,57 ^b
T8	69,18 ± 0,23 ^{bcd}	8,64 ± 0,29 ^{ef}	15,40 ± 0,18 ^a	64,48 ± 0,27 ^a
T9	71,55 ± 3,45 ^{ab}	8,30 ± 1,07 ^f	14,62 ± 0,59 ^{abc}	68,86 ± 0,26 ^a
T10	72,84 ± 1,37 ^a	7,01 ± 0,14 ^g	14,51 ± 0,36 ^{bc}	68,41 ± 1,06 ^a

C1 - tratamento controle (sem adição de fibras alimentares e com 10% de gordura suína); C2 – tratamento controle (sem adição de fibras alimentares e gordura suína) T1- tratamento com 3% de FOS; T2 – tratamento com 6% de FOS; T3 – tratamento com 3% de inulina; T4 – tratamento com 6% de inulina; T5 – tratamento com 3% de fibra de aveia; T6 – tratamento com 6% de fibra de aveia; T7 – tratamento com 3% de fibra de trigo; T8 – tratamento com 6% de fibra de trigo; T9 – tratamento com 3% de alfa-ciclodextrina; T10 – tratamento com 6% de alfa-ciclodextrina. a,b,c,d,e,f,g,h Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna, diferem pelo Teste de Tukey (p<0,05).

A luminosidade (L*) diminuiu significativamente (p<0,05) quando houve diminuição de gordura entre os tratamentos controles (C1 e C2), ou seja, a gordura contribuiu para aumentar valor de L* em bolos de carne de frango. Resultado similar foi reportado por Álvarez e Barbut (2013), que reduziram a gordura de *batters* de carne cozidos e observaram um decréscimo significativo do valor de L*, de 62,5 para 60,3 quando os níveis de gordura foram reduzidos de 20% para 5%, respectivamente.

Os tratamentos T9 e T10 apresentaram os maiores valores de L*, diferindo estatisticamente (p<0,05) de todas os outros tratamentos, ou seja, a adição de ACD aumenta o valor L* significativamente.

A intensidade da cor vermelha (a^*) não modificou quando houve redução da gordura, quando comparado C1 com C2, mas houve diminuição de a^* quando os bolos tiveram adição de 6% de fibra de aveia e 3 e 6% de fibra de trigo, com relação aos controles.

Nos tratamentos contendo ACD foram encontrados os menores valores de a^* . O tratamento T10 apresentou menor valor de a^* (7,01) e diferiu significativamente de todos os outros tratamentos.

Quanto a variável b^* , os valores médios encontrados foram próximos, demonstrando uma pequena variação (14,11 a 15,40) entre os tratamentos. Não houve diferença significativa de b^* quando houve redução de gordura, quando comparado C1 com C2. Resultados contrários foram observados por Choi et al. (2014), que ao reduzirem a gordura de salsichas tipo Frankfurter (sem adição de fibras) obtiveram valores significativamente ($p < 0,05$) menores de b^* e valores significativamente ($p < 0,05$) maiores deste mesmo parâmetro ao substituírem a gordura por 2% de fibra (*makgeolli lees*).

Com relação ao parâmetro *whiteness*, os maiores valores foram encontrados para os tratamentos T8, T9 e T10, contendo 6% de fibra de trigo, 3% e 6% de ACD, respectivamente, e diferiram significativamente dos controles e de todos os outros tratamentos. Resultado contrário foi obtido por Faria et al. (2015), que encontrou maior valor de *whiteness* para mortadela controle (sem adição de celulose amorfa).

Com base nos resultados obtidos nos bolos de carne de frango com CMS de ave e com redução de gordura, foram escolhidas duas fibras alimentares (uma solúvel e outra insolúvel), que apresentaram melhor desempenho para aplicação em salsichas de frango contendo CMS de ave, com reduzido teor de gordura. A fibra solúvel com melhor resultado para capacidade de emulsificação e também aumento da estabilidade da emulsão, foi a alfa-ciclodextrina (ACD), e a fibra insolúvel que melhorou os aspectos de textura (dureza, mastigabilidade) e também a estabilidade da emulsão, foi a fibra de trigo.

5.3 Segunda etapa – Salsichas de frango controles e com redução de gordura

5.3.1 Composição centesimal da matéria-prima carne utilizada e índice de peróxido da CMS de ave.

Os resultados de composição centesimal da matéria-prima carne das salsichas de frango e o índice de peróxido da CMS de ave estão expressos na Tabela 13.

Tabela 13. Composição centesimal da matéria-prima carne utilizada e índice de peróxido da CMS de ave (média ± desvio padrão).

	Coxa e sobrecoxa com pele	Toucinho	**CMS de ave
Umidade (%)	63,55 ± 0,66	11,24 ± 0,19	59,39 ± 0,89
Lipídeos (%)	20,93 ± 1,33	76,38 ± 2,31	27,27 ± 0,98
Proteína (%)	14,36 ± 1,21	3,46 ± 0,53	11,98 ± 0,71
Cinzas (%)	1,01 ± 0,08	0,07 ± 0,01	0,73 ± 0,13
*IP	-	-	0,40 ± 0,20

*Índice de peróxidos (expressos em mEq KOH/kg de gordura); ** Carne Mecanicamente Separada

Os resultados obtidos de composição centesimal encontrados para a coxa e sobrecoxa de frango com pele estão de acordo com os valores de sobrecoxa com pele crua da Tabela de Composição de Alimentos (TACO, 2011).

Com relação a composição centesimal do toucinho, os valores de umidade e lipídeos encontrados foram similares aos encontrados por Barretto et al. (2015) que também utilizaram toucinho suíno para a elaboração de mortadelas tipo Bolonha contendo adição de fibra de trigo, inulina e fibra de aveia.

Os valores de lipídeos e proteínas encontrados para CMS de ave se encontraram dentro do estabelecido pelo regulamento técnico dessa matéria-prima (BRASIL, 2000), sendo estabelecido o mínimo de 12% de proteína e o máximo de 30% de gordura. A legislação não contempla limites para os teores de cinzas da CMS de ave, somente para a concentração de cálcio (máximo de 1,5% na base seca). O valor encontrado para o índice de peróxido também está dentro do padrão estabelecido pela mesma legislação.

5.3.2 Composição centesimal das salsichas de frango

Os resultados de composição centesimal das salsichas de frango controles e com redução de gordura estão apresentados no Tabela 14.

Tabela 14. Composição centesimal das salsichas de frango controles e com redução de gordura (média \pm desvio padrão).

Tratamento	Umidade (%)	Proteína (%)	Lipídeos (%)	Cinzas (%)	*Carb.(%)
C1	56,98 \pm 0,68 ^g	11,78 \pm 0,52 ^a	25,33 \pm 0,75 ^a	2,81 \pm 0,02 ^a	3,10
C2	67,55 \pm 0,41 ^a	11,43 \pm 0,21 ^a	13,80 \pm 0,46 ^{cd}	2,59 \pm 0,04 ^a	4,63
T1	64,38 \pm 0,35 ^{cd}	11,56 \pm 0,26 ^a	14,71 \pm 0,50 ^{bc}	2,60 \pm 0,06 ^a	6,75
T2	60,33 \pm 0,16 ^f	11,81 \pm 0,26 ^a	13,68 \pm 0,22 ^{cd}	2,70 \pm 0,05 ^a	11,48
T3	66,07 \pm 0,45 ^{ab}	10,77 \pm 0,89 ^a	14,93 \pm 0,50 ^{bc}	2,50 \pm 0,33 ^a	5,73
T4	60,57 \pm 0,44 ^f	11,63 \pm 0,24 ^a	11,60 \pm 0,22 ^e	2,56 \pm 0,01 ^a	13,64
T5	62,85 \pm 0,04 ^{de}	11,53 \pm 0,48 ^a	14,90 \pm 0,12 ^{bc}	2,46 \pm 0,10 ^a	8,26
T6	63,92 \pm 1,44 ^{cd}	11,51 \pm 0,62 ^a	14,35 \pm 0,25 ^{bc}	2,78 \pm 0,10 ^a	6,81
T7	63,90 \pm 0,36 ^{cd}	11,45 \pm 0,39 ^a	14,02 \pm 0,41 ^c	2,58 \pm 0,19 ^a	8,05
T8	62,30 \pm 0,14 ^d	11,53 \pm 0,02 ^a	14,11 \pm 0,46 ^{bc}	2,48 \pm 0,08 ^a	9,58
T9	67,48 \pm 0,63 ^a	11,12 \pm 0,04 ^a	15,49 \pm 0,19 ^b	2,52 \pm 0,07 ^a	3,39
T10	58,00 \pm 0,43 ^g	11,74 \pm 0,23 ^a	13,56 \pm 0,43 ^{cd}	2,57 \pm 0,10 ^a	14,13
T11	65,11 \pm 0,33 ^{bc}	11,47 \pm 0,11 ^a	14,38 \pm 0,68 ^{bc}	2,53 \pm 0,04 ^a	6,51
T12	61,17 \pm 0,54 ^{ef}	10,69 \pm 0,09 ^a	12,56 \pm 0,52 ^{de}	2,56 \pm 0,07 ^a	13,02

C1: controle, sem adição de fibras alimentares e com 10% de gordura; C2: controle, sem adição de fibras alimentares e sem adição de gordura; T1: sem adição de gordura, 1,45% de alfa-ciclodextrina e 0,44% de fibra de trigo; T2: sem adição de gordura, 8,54% de alfa ciclodextrina e 0,44% de fibra de trigo; T3: sem adição de gordura, 1,45% de alfa-ciclodextrina e 2,57% de fibra de trigo; T4: sem adição de gordura, 8,54% de alfa-ciclodextrina e 2,57% de fibra de trigo; T5 a T8: sem adição de gordura, 5% de alfa-ciclodextrina e 1,5% de fibra de trigo; T9: sem adição de gordura, 0% de alfa-ciclodextrina e 1,5% de fibra de trigo; T10: sem adição de gordura, 10% de alfa-ciclodextrina e 1,5% de fibra de trigo; T11: sem adição de gordura, 5% de alfa-ciclodextrina e 0% de fibra de trigo; T12: sem adição de gordura, 5% de alfa-ciclodextrina e 3% de fibra de trigo; ^{a,b,c,d,e,f,g} Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna, diferem pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$). *Carboidratos – obtidos por diferença.

O teor de umidade das salsichas de frango variou entre 60,33% e 67,55% entre todos os tratamentos, exceto para os tratamentos C1 e T10, que apresentaram os menores valores de umidade, com 56,98% e 58%, respectivamente, diferindo ($p < 0,05$) de todos os outros tratamentos.

Houve um aumento significativo da umidade das salsichas de frango com a redução da gordura e adição das fibras alimentares, exceto para o tratamento T10 que não diferiu ($p>0,05$) do tratamento controle (C1). Resultados semelhantes foram obtidos por Barretto e Pollonio (2009), que avaliaram a inclusão de três fibras alimentares (fibra de trigo, fibra de aveia, e inulina) em mortadelas com baixo teor de gordura e encontraram um aumento significativo ($p<0,05$) da umidade para a maioria das amostras. Este mesmo resultado foi encontrado por Choi et al. (2014), que descreveram um aumento significativo de umidade em relação ao controle (com 30% de gordura e sem adição de fibra) em salsichas tipo Frankfurter, com baixo teor de gordura (30% para 10%) adicionadas de diferentes concentrações (0, 1 e 2%) de *makgeolli* lees (fibra insolúvel de arroz).

Para o teor de proteína, não foi encontrada diferença significativa entre os tratamentos, todos os tratamentos apresentaram valores próximos de 12%, podendo ser justificado pela padronização na quantidade de carne de frango e CMS de ave adicionada nas formulações.

Em relação aos lipídeos, o tratamento controle (C1) apresentou o maior valor (25,33%), diferindo ($p<0,05$) de todos os outros tratamentos. A salsicha de frango controle (C2) e demais tratamentos com adição de fibras alimentares, apresentaram valores próximos de gordura, variando entre 15,49 e 11,60%. Houve redução de gordura próxima de 50% quando comparado C1 com os demais tratamentos.

Para os teores de cinzas das salsichas de frango, não houve diferença ($p>0,05$) entre os tratamentos.

Com relação aos carboidratos, obtidos por diferença, pode-se notar uma grande variação entre os tratamentos, porém estes valores são influenciados pelas diferentes quantidades de fibras alimentares adicionadas além dos 2% de fécula de mandioca adicionados às formulações.

5.3.3 Teste de estabilidade da emulsão (EE) das salsicha de frango

A Tabela 15 apresenta os resultados de EE (Método A) das salsichas de frango controles e com redução de gordura.

Tabela 15. Valores da estabilidade da emulsão (EE) das salsichas de frango controles e com redução de gordura (média ± desvio padrão).

Tratamento	% EE
C1	96,47 ± 0,85 ^c
C2	97,70 ± 0,67 ^{bc}
T1	92,72 ± 0,32 ^d
T2	99,93 ± 0,03 ^a
T3	99,88 ± 0,05 ^a
T4	99,46 ± 0,88 ^a
T5	99,20 ± 0,47 ^{ab}
T6	99,28 ± 0,82 ^{ab}
T7	99,79 ± 0,28 ^a
T8	100,00 ± 0,00 ^a
T9	95,95 ± 0,62 ^c
T10	99,88 ± 0,15 ^a
T11	99,85 ± 0,18 ^a
T12	99,99 ± 0,02 ^a

C1: controle, sem adição de fibras alimentares e com 10% de gordura; C2: controle, sem adição de fibras alimentares e sem adição de gordura; T1: sem adição de gordura, 1,45% de alfa-ciclodextrina e 0,44% de fibra de trigo; T2: sem adição de gordura, 8,54% de alfa ciclodextrina e 0,44% de fibra de trigo; T3: sem adição de gordura, 1,45% de alfa-ciclodextrina e 2,57% de fibra de trigo; T4: sem adição de gordura, 8,54% de alfa-ciclodextrina e 2,57% de fibra de trigo; T5 a T8: sem adição de gordura, 5% de alfa-ciclodextrina e 1,5% de fibra de trigo; T9: sem adição de gordura, 0% de alfa-ciclodextrina e 1,5% de fibra de trigo; T10: sem adição de gordura, 10% de alfa-ciclodextrina e 1,5% de fibra de trigo; T11: sem adição de gordura, 5% de alfa-ciclodextrina e 0% de fibra de trigo; T12: sem adição de gordura, 5% de alfa-ciclodextrina e 3% de fibra de trigo; ^{a,b,c,d} Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna, diferem pelo Teste de Tukey (p ≤ 0,05).

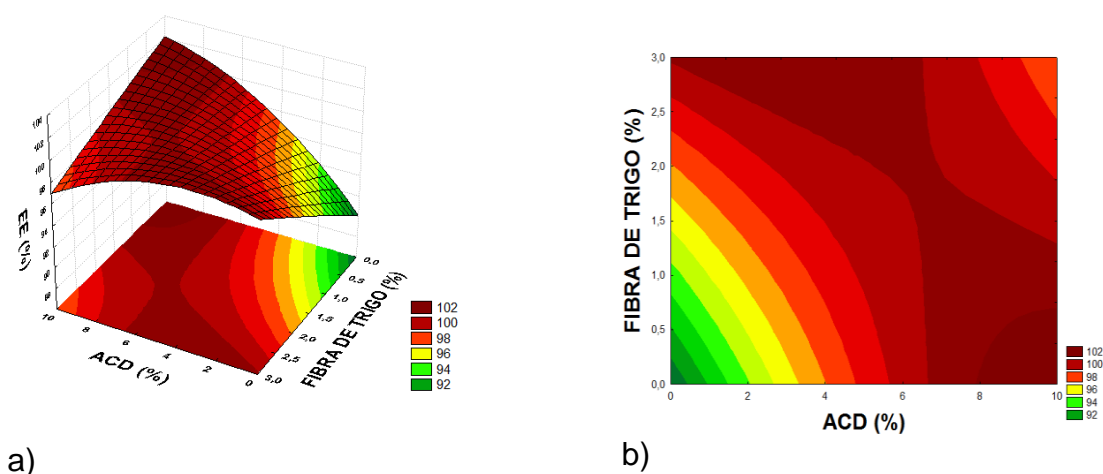
Os valores de EE para este delineamento variaram entre 92,72 e 100%, valores mínimo e máximo respectivamente encontrados para os tratamentos T1 e T8.

Por meio da análise dos efeitos realizada para a EE (Anexo III Tabela 23), pode-se verificar um efeito linear e quadrático significativos da variável independente ACD, um efeito linear significativo da variável independente Fibra de trigo (FT) e da interação entre as variáveis ACD e FT, o que possibilitou a obtenção do modelo matemático com as variáveis independentes codificadas (Equação 7).

$$EE = 99,57023 + 1,54601.x_1 - 1,06296.x_1^2 + 0,86349.x_2 - 1,9075.x_1.x_2 \quad (7)$$

Os dados foram submetidos a análise de variância, como demonstra o anexo IV, Tabela 41. O R^2 encontrado foi de 86,12% e F_{cal} (7,45) foi maior do que o F_{tab} (4,39). Por isso foi possível a construção do gráfico de superfície de resposta e curvas de contorno para a EE em função das variáveis independentes ACD e FT, como mostra a Figura 12.

Figura 12. Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) para estabilidade da emulsão (EE) do delineamento em função das variáveis alfa-ciclodextrina (ACD) e fibra de trigo.



Analisando a Figura 12, a medida que aumenta a concentração de ACD e FT, há um aumento da EE, ou seja, as fibras alimentares utilizadas contribuíram para o aumento da EE nas salsichas de frango com redução de gordura.

Resultados similares foram relatados por vários autores, que ao aumentarem os níveis de fibra alimentar em produtos cárneos emulsionados, observaram melhora da estabilidade da emulsão (FARIA et al., 2015; CHOI et al., 2014; ÁLVAREZ; BARBUT, 2013). Muitos estudos citam que a estabilidade da emulsão é influenciada pelos níveis de gordura, de umidade e de ingredientes adicionados, como as fibras alimentares (CHOI et al., 2010; KIM et al., 2010; YANG et al., 2007).

5.3.4 Rendimento das salsichas de frango

A Tabela 16 apresenta os resultados de rendimento das salsichas de frango controles e com redução de gordura.

Tabela 16. Rendimento das salsichas de frango controles e com redução de gordura.

Tratamento	% Rendimento
C1	89,37
C2	91,80
T1	90,67
T2	92,40
T3	92,63
T4	93,51
T5	92,43
T6	92,53
T7	92,53
T8	93,37
T9	92,63
T10	92,35
T11	93,22
T12	92,62

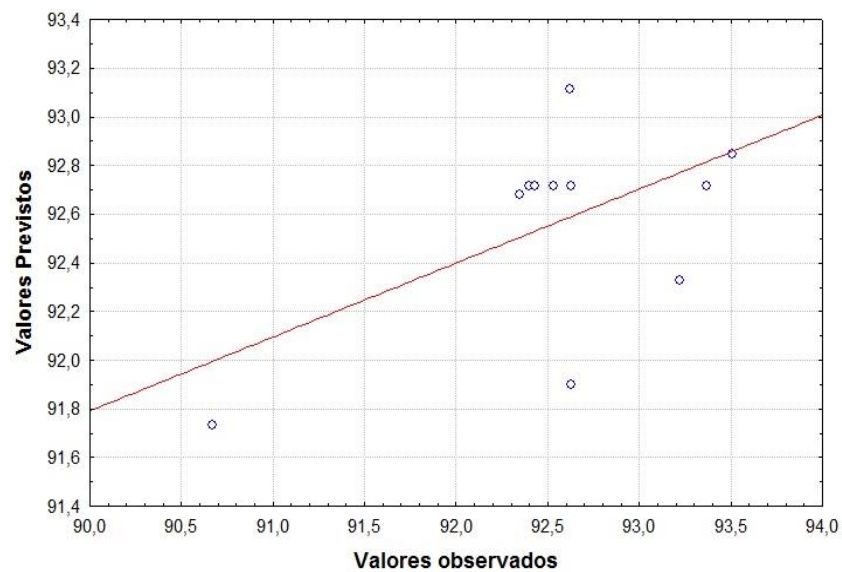
C1: controle, sem adição de fibras alimentares e com 10% de gordura; C2: controle, sem adição de fibras alimentares e sem adição de gordura; T1: sem adição de gordura, 1,45% de alfa-ciclodextrina e 0,44% de fibra de trigo; T2: sem adição de gordura, 8,54% de alfa ciclodextrina e 0,44% de fibra de trigo; T3: sem adição de gordura, 1,45% de alfa-ciclodextrina e 2,57% de fibra de trigo; T4: sem adição de gordura, 8,54% de alfa-ciclodextrina e 2,57% de fibra de trigo; T5 a T8: sem adição de gordura, 5% de alfa-ciclodextrina e 1,5% de fibra de trigo; T9: sem adição de gordura, 0% de alfa-ciclodextrina e 1,5% de fibra de trigo; T10: sem adição de gordura, 10% de alfa-ciclodextrina e 1,5% de fibra de trigo; T11: sem adição de gordura, 5% de alfa-ciclodextrina e 0% de fibra de trigo; T12: sem adição de gordura, 5% de alfa-ciclodextrina e 3% de fibra de trigo;

Os rendimentos variaram entre 89,37 e 93,51%. Observa-se na análise dos efeitos (Tabela 24, Anexo III), que as fibras alimentares ACD e FT não apresentaram efeitos significativos ($p < 0,05$) para a resposta rendimento, com isso não foi possível a retirada de um modelo matemático.

Na análise de variância (Tabela 42 do Anexo IV) o R^2 foi 30,39 e o F_{cal} (0,52) foi oito vezes menor do que o F_{tab} (4,39), portanto não foi possível a construção do gráfico

de superfície de resposta para esta resposta. A Figura 13 explica esta impossibilidade, mostrando uma maior concentração de resultados (valores observados) distante dos valores previstos para este delineamento, portanto, neste estudo as fibras alimentares utilizadas não influenciaram o rendimento das salsichas de frango.

Figura 13. Valores previstos *versus* valores observados de rendimento do delineamento.



5.3.5 Determinação de pH das salsichas de frango

A Tabela 17 mostra os resultados do pH das salsichas de frango durante estocagem refrigerada.

Tabela 17. Resultados do pH das salsichas de frango controles e com redução de gordura durante estocagem (média ± desvio padrão).

Tratamento	pH 0 dia	pH 60 dias
C1	6,46 ± 0,03 ^a	6,51 ± 0,02 ^{abc}
C2	6,44 ± 0,02 ^{ab}	6,47 ± 0,04 ^{bc}
T1	6,40 ± 0,03 ^{abcd}	6,51 ± 0,02 ^{abc}
T2	6,43 ± 0,04 ^{abc}	6,55 ± 0,05 ^{ab}
T3	6,42 ± 0,03 ^{abc}	6,47 ± 0,02 ^c
T4	6,31 ± 0,02 ^d	6,58 ± 0,01 ^a
T5	6,43 ± 0,08 ^{abc}	6,50 ± 0,01 ^{abc}
T6	6,41 ± 0,02 ^{abcd}	6,47 ± 0,02 ^c
T7	6,34 ± 0,03 ^{bcd}	6,26 ± 0,07 ^d
T8	6,32 ± 0,03 ^{cd}	6,43 ± 0,04 ^c
T9	6,46 ± 0,07 ^a	6,30 ± 0,01 ^d
T10	6,48 ± 0,02 ^a	6,46 ± 0,01 ^c
T11	6,33 ± 0,01 ^{cd}	6,58 ± 0,02 ^a
T12	6,34 ± 0,03 ^{bcd}	6,46 ± 0,01 ^c

C1: controle, sem adição de fibras alimentares e com 10% de gordura; C2: controle, sem adição de fibras alimentares e sem adição de gordura; T1: sem adição de gordura, 1,45% de alfa-ciclodextrina e 0,44% de fibra de trigo; T2: sem adição de gordura, 8,54% de alfa ciclodextrina e 0,44% de fibra de trigo; T3: sem adição de gordura, 1,45% de alfa-ciclodextrina e 2,57% de fibra de trigo; T4: sem adição de gordura, 8,54% de alfa-ciclodextrina e 2,57% de fibra de trigo; T5 a T8: sem adição de gordura, 5% de alfa-ciclodextrina e 1,5% de fibra de trigo; T9: sem adição de gordura, 0% de alfa-ciclodextrina e 1,5% de fibra de trigo; T10: sem adição de gordura, 10% de alfa-ciclodextrina e 1,5% de fibra de trigo; T11: sem adição de gordura, 5% de alfa-ciclodextrina e 0% de fibra de trigo; T12: sem adição de gordura, 5% de alfa-ciclodextrina e 3% de fibra de trigo; ^{a,b,c,d} Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna, diferem pelo Teste de Tukey (p ≤ 0,05).

Na Tabela 17, pode-se verificar que os valores de pH das salsichas de frango tiveram pouca variação, entre 6,26 e 6,58, indicando boa estabilidade microbiológica durante estocagem.

Em 0 dia os tratamentos T4, T8, T11 e T12 apresentaram os menores valores de pH, diferindo (p < 0,05) dos tratamentos controles e após 60 dias de estocagem os tratamentos T7 e T9 apresentaram os menores valores de pH diferindo

significativamente dos controles (C1 e C2). Em ambos os períodos os demais tratamentos não apresentaram diferença significativa entre os controles. Resultados semelhantes foram relatados por Huang et al. (2011) e Steenblock et al. (2001), que ao estudarem a influência da adição de diferentes fibras alimentares (trigo, aveia e inulina) em diferentes matrizes cárneas, linguiça de porco chinesa e mortadela de frango “light”, respectivamente, relataram que a adição de fibras utilizadas não influenciou significativamente o pH destes produtos cárneos.

5.3.6 Avaliação da estabilidade à oxidação lipídica

Os resultados de oxidação lipídica das salsichas controles e com redução de gordura no tempo 0, 30 e após 60 dias de estocagem sob temperatura de refrigeração são apresentados na Tabela 18.

Tabela 18. Resultados da estabilidade à oxidação lipídica (em mg de TBARS/kg de amostra) das salsichas de frango controles e com redução de gordura durante estocagem (média ± desvio padrão).

Tratamento	0 dia	30 dias	60 dias
C1	0,108 ± 0,01 ^{abA}	0,103 ± 0,03 ^{abA}	0,166 ± 0,02 ^{abcA}
C2	0,063 ± 0,02 ^{bcdA}	0,074 ± 0,04 ^{bcdA}	0,182 ± 0,05 ^{abA}
T1	0,113 ± 0,00 ^{abC}	0,161 ± 0,01 ^{aB}	0,226 ± 0,00 ^{aA}
T2	0,023 ± 0,00 ^{dB}	0,017 ± 0,01 ^{dB}	0,051 ± 0,01 ^{dA}
T3	0,092 ± 0,01 ^{abcA}	0,103 ± 0,03 ^{abcA}	0,177 ± 0,04 ^{abA}
T4	0,068 ± 0,00 ^{bcdB}	0,028 ± 0,01 ^{bcdC}	0,153 ± 0,01 ^{abcA}
T5	0,040 ± 0,02 ^{cdB}	0,034 ± 0,00 ^{bcdB}	0,119 ± 0,01 ^{bcdA}
T6	0,017 ± 0,01 ^{dB}	0,057 ± 0,00 ^{bcdAB}	0,096 ± 0,02 ^{bcdA}
T7	0,040 ± 0,01 ^{cdB}	0,040 ± 0,01 ^{bcdB}	0,165 ± 0,01 ^{abcA}
T8	0,040 ± 0,01 ^{cdA}	0,028 ± 0,01 ^{bcdA}	0,085 ± 0,02 ^{cdA}
T9	0,126 ± 0,03 ^{aAB}	0,069 ± 0,00 ^{bcdB}	0,154 ± 0,01 ^{abcA}
T10	0,126 ± 0,00 ^{aA}	0,028 ± 0,02 ^{cdB}	0,153 ± 0,01 ^{abcA}
T11	0,040 ± 0,01 ^{cdA}	0,040 ± 0,01 ^{bcdA}	0,039 ± 0,02 ^{dA}
T12	0,045 ± 0,00 ^{cdA}	0,063 ± 0,01 ^{bcdA}	0,096 ± 0,02 ^{bcdA}

C1: controle, sem adição de fibras alimentares e com 10% de gordura; C2: controle, sem adição de fibras alimentares e sem adição de gordura; T1: sem adição de gordura, 1,45% de alfa-ciclodextrina e 0,44% de fibra de trigo; T2: sem adição de gordura, 8,54% de alfa ciclodextrina e 0,44% de fibra de trigo; T3: sem adição de gordura, 1,45% de alfa-ciclodextrina e 2,57% de fibra de trigo; T4: sem adição de gordura, 8,54% de alfa-ciclodextrina e 2,57% de fibra de trigo; T5 a T8: sem adição de gordura, 5% de alfa-ciclodextrina e 1,5% de fibra de trigo; T9: sem adição de gordura, 0% de alfa-ciclodextrina e 1,5% de fibra de trigo; T10: sem adição de gordura, 10% de alfa-ciclodextrina e 1,5% de fibra de trigo; T11: sem adição de gordura, 5% de alfa-ciclodextrina e 0% de fibra de trigo; T12: sem adição de gordura, 5% de alfa-ciclodextrina e 3% de fibra de trigo; ^{a,b,c,d} Médias seguidas por letras minúsculas distintas na mesma coluna, diferem pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ^{A,B,C} Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma linha, diferem pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

De acordo com Aguirrezábal et al. (2000), a rancidez oxidativa pode provocar alterações de cor, sabor, gosto, textura, aparência e odor em produtos cárneos processados, podendo ocasionar problemas de saúde quando consumidos, devido a compostos formados durante esse processo.

As salsichas de frango mostraram boa estabilidade oxidativa durante os 60 dias de estocagem, com pouca variação durante estocagem (Tabela 18). Ainda

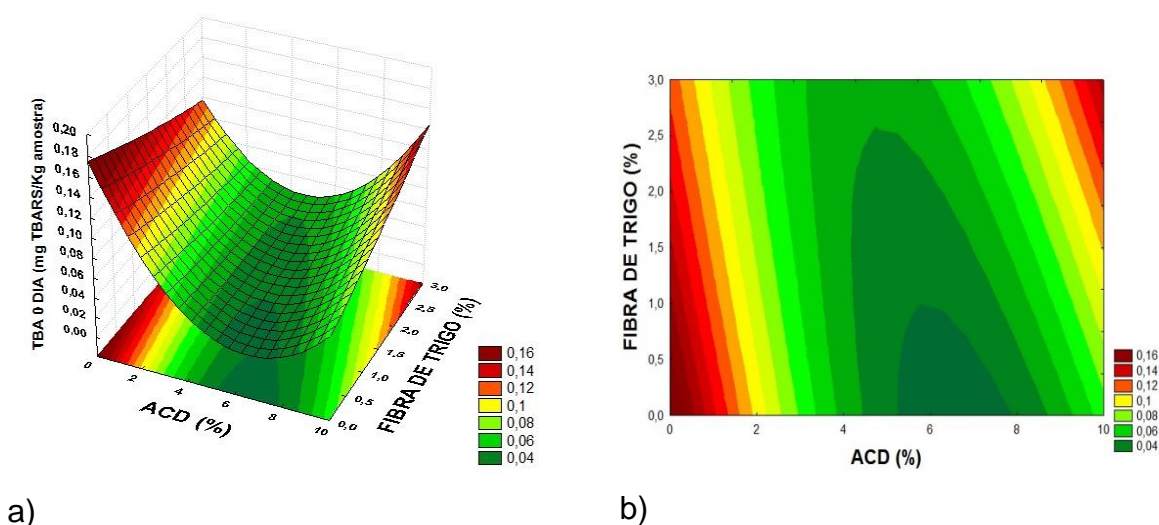
apresentaram valores de TBARS abaixo de 1 mg de malonaldeído/kg de amostra, valor este que segundo alguns autores é o limite de indicação do início da percepção sensorial de oxidação lipídica, com a formação de odores e aromas indesejáveis de rancidez. (WU et al., 1991; ARGANOSA et al., 1987; TRINDADE et al., 2004). Os baixos valores de oxidação lipídica das salsichas de frango podem ser atribuídos à boa qualidade da matéria-prima utilizada, aos aditivos adicionados (principalmente o nitrito de sódio e eritorbato de sódio) e ao armazenamento adequado desses produtos. Resultados semelhantes a estes foram obtidos por Souza et al. (2013), que avaliaram a oxidação lipídica de charque e jerked beef durante armazenamento e relataram baixos valores de TBARS após 60 dias de estocagem, sendo o jerked beef o produto com o menor valor (0,05 mg TBARS/kg) encontrado. Os autores atribuíram isto ao nitrito de sódio adicionado, que inibiu a oxidação.

Foi realizada a análise dos efeitos para o valor de TBARS em zero dia (Tabela 25, Anexo III), e foram encontrados efeitos significativos (linear e quadrático) somente da fibra ACD, onde foi possível retirar o modelo matemático, com a variável independente codificada (Equação 8).

$$\text{TBARS zero dia} = 0,034281 - 0,014543.x_1 + 0,044046.x_1^2 \quad (8)$$

Na análise de variância (Tabela 43, Anexo IV) o R^2 encontrado foi de 87,15% e o F_{cal} (8,15) foi maior do que o F_{tab} , tornando possível a construção do gráfico de superfície e curvas de contorno para o TBARS zero dia, em função das variáveis independentes (ACD e FT), como mostra a Figura 14.

Figura 14. Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) para o TBARS zero dia do delineamento, em função das variáveis alfa-ciclodextrina (ACD) e fibra de trigo.



Observa-se na Figura 14, que os níveis de ACD com efeito antioxidante estão entre 5 e 8%.

Também foi realizada a análise dos efeitos para o valor de TBARS no tempo de trinta (Tabela 26, Anexo III) e sessenta dias (Tabela 27, Anexo III), e não foram observados efeitos significativos de nenhuma variável independente.

Na análise de variância para trinta dias (Tabela 44, Anexo IV), o R^2 obtido foi 66,98% e F_{cal} (2,40) foi menor do que F_{tab} (4,39) e para sessenta dias o valor de R^2 foi de 63,30% e F_{cal} (2,10) foi menor do que F_{tab} (4,39), conforme mostra a Tabela 45, do Anexo IV), com isso não foi possível a construção dos gráficos de superfície e curvas de contorno para 30 e 60 dias de estocagem. Tanto a FT, quanto a ACD não tiveram efeito antioxidante durante a estocagem (30 e 60 dias) de salsichas de frango. Portanto, o efeito observado com 0 dia de estocagem para a fibra ACD não foi confirmado em 30 e 60 dias de estocagem.

5.3.7 Análise do Perfil de Textura (TPA) das salsichas de frango

A Tabela 19 apresenta os resultados da análise de perfil de textura das salsichas de frango controles e com redução de gordura - dureza (N), elasticidade, coesividade e mastigabilidade (N/cm).

Tabela 19. Valores da análise do perfil de textura das salsichas de frango controles e com redução de gordura (média ± desvio padrão).

Tratamento	Dureza (N)	Elasticidade	Coesividade	*Mast. (N/cm)
C1	26,29 ± 2,69 ^d	0,79 ± 0,04 ^{ab}	0,71 ± 0,01 ^a	14,84 ± 1,85 ^{efgh}
C2	16,33 ± 1,19 ^e	0,81 ± 0,04 ^{ab}	0,70 ± 0,0 ^{ab}	9,30 ± 0,91 ^j
T1	19,98 ± 1,39 ^e	0,82 ± 0,03 ^a	0,68 ± 0,02 ^{bc}	11,14 ± 0,82 ^{ij}
T2	37,34 ± 3,83 ^c	0,80 ± 0,04 ^{ab}	0,64 ± 0,01 ^{de}	19,35 ± 2,55 ^{cd}
T3	25,00 ± 2,48 ^d	0,78 ± 0,03 ^{ab}	0,66 ± 0,01 ^{cd}	12,80 ± 1,49 ^{hi}
T4	52,73 ± 4,34 ^a	0,79 ± 0,03 ^{ab}	0,60 ± 0,03 ^f	25,06 ± 2,69 ^a
T5	38,25 ± 2,20 ^c	0,80 ± 0,03 ^{ab}	0,63 ± 0,01 ^e	19,31 ± 1,58 ^{cd}
T6	36,06 ± 3,43 ^c	0,76 ± 0,03 ^b	0,63 ± 0,02 ^e	17,36 ± 1,85 ^{de}
T7	34,81 ± 2,51 ^c	0,77 ± 0,03 ^{ab}	0,64 ± 0,01 ^{de}	17,18 ± 1,35 ^{def}
T8	33,41 ± 3,09 ^c	0,78 ± 0,02 ^{ab}	0,66 ± 0,01 ^{cd}	16,92 ± 1,06 ^{defg}
T9	25,90 ± 2,42 ^d	0,80 ± 0,04 ^{ab}	0,66 ± 0,02 ^{cd}	13,64 ± 1,68 ^{ghi}
T10	49,28 ± 3,00 ^a	0,80 ± 0,03 ^{ab}	0,62 ± 0,01 ^e	24,57 ± 1,82 ^{ab}
T11	26,58 ± 2,99 ^d	0,81 ± 0,03 ^{ab}	0,68 ± 0,01 ^c	14,53 ± 1,92 ^{fgh}
T12	44,48 ± 3,15 ^b	0,79 ± 0,03 ^{ab}	0,63 ± 0,01 ^e	21,92 ± 1,89 ^{bc}

C1: controle, sem adição de fibras alimentares e com 10% de gordura; C2: controle, sem adição de fibras alimentares e sem adição de gordura; T1: sem adição de gordura, 1,45% de alfa-ciclodextrina e 0,44% de fibra de trigo; T2: sem adição de gordura, 8,54% de alfa ciclodextrina e 0,44% de fibra de trigo; T3: sem adição de gordura, 1,45% de alfa-ciclodextrina e 2,57% de fibra de trigo; T4: sem adição de gordura, 8,54% de alfa-ciclodextrina e 2,57% de fibra de trigo; T5 a T8: sem adição de gordura, 5% de alfa-ciclodextrina e 1,5% de fibra de trigo; T9: sem adição de gordura, 0% de alfa-ciclodextrina e 1,5% de fibra de trigo; T10: sem adição de gordura, 10% de alfa-ciclodextrina e 1,5% de fibra de trigo; T11: sem adição de gordura, 5% de alfa-ciclodextrina e 0% de fibra de trigo; T12: sem adição de gordura, 5% de alfa-ciclodextrina e 3% de fibra de trigo; ^{a,b,c,d,e,f,g,h,i,j} Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna, diferem pelo Teste de Tukey (p ≤ 0,05). *Mastigabilidade

As análises dos efeitos estão expressas nas Tabela 28, 29, 30 e 31, do Anexo III, respectivamente para dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade.

Pode-se verificar um efeito linear significativo ($p < 0,05$) da ACD e da FT para a resposta dureza, sendo possível a obtenção do modelo matemático, como mostra a equação 9.

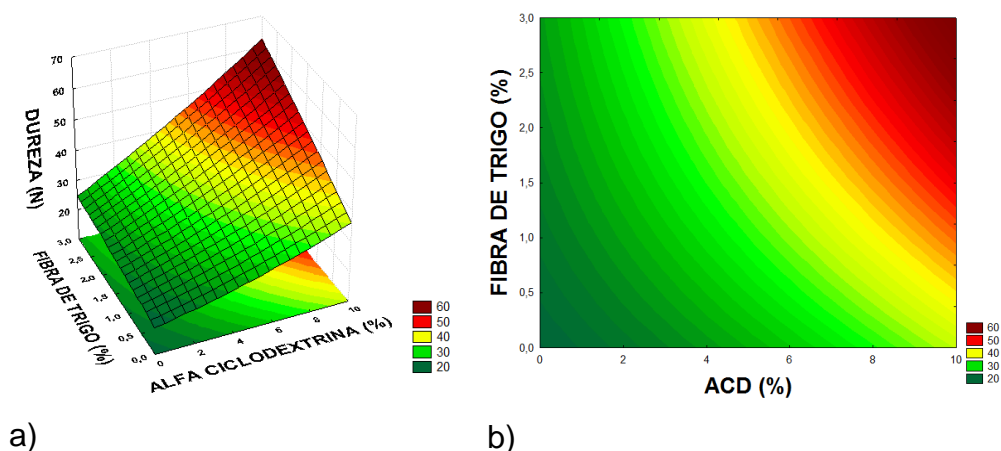
$$\text{Dureza} = 35,6408 + 9,7861.x_1 + 5,7232.x_2 \quad (9)$$

A redução de gordura diminuiu significativamente a dureza entre os tratamentos controles (C1 e C2). Resultado semelhante foi obtido por Choi et al. (2014), que ao reduzirem o teor de gordura (de 30% para 20, 15 e 10%) de salsichas tipo Frankfurter (sem adição de fibra), obtiveram uma diminuição ($p < 0,05$) da dureza. Os tratamentos T4 e T10 apresentaram maiores valores de dureza, diferindo ($p < 0,05$) de todos os outros tratamentos. Os menores valores de dureza foram encontrados para os tratamentos C2 e T1, que não diferiram entre si, porém diferiram ($p < 0,05$) dos demais tratamentos.

A adição das fibras alimentares aumentou ($p < 0,05$) a dureza das salsichas de frango com redução de gordura neste estudo (exceto para os tratamentos C2 e T1), isto pode ser confirmado em vários outros trabalhos que adicionaram diferentes tipos de fibras alimentares em produtos cárneos emulsionados (FARIA et al., 2015; CHOE et al., 2013; STEENBLOCK et al., 2001; HUANG et al., 2011; ÁLVAREZ; BARBUT, 2013) e reestruturados (LÓPEZ-VARGAS et al., 2014) e encontraram valores significativamente maiores para o parâmetro dureza (N).

Na análise de variância (Tabela 46, Anexo IV), o R^2 encontrado foi 95,56 e o F_{cal} (25,84) foi maior que o F_{tab} (4,39), sendo possível a construção do gráfico de superfície de resposta e curvas de contorno para a dureza em função das variáveis estudadas, como mostra a Figura 15.

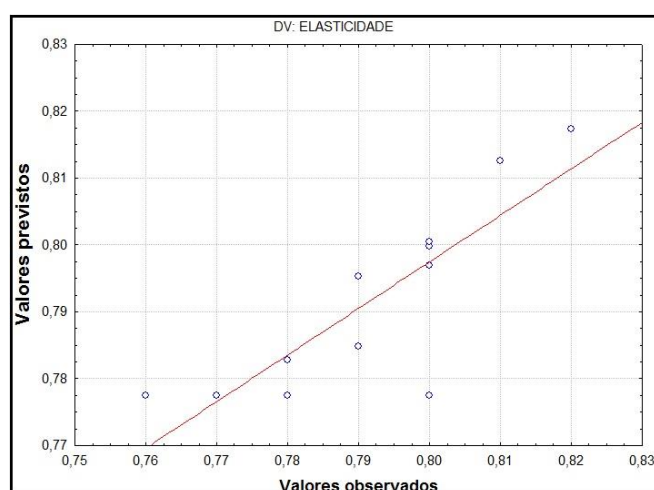
Figura 15. Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) para a dureza do delineamento em função das variáveis alfa-ciclodextrina (ACD) e fibra de trigo.



Observa-se na Figura 14 que quanto maior a concentração de ACD e de FT, maior a dureza das salsichas de frango.

Com relação a elasticidade, pela análise dos efeitos (Tabela 29, Anexo III), não foram observados efeitos significativos ($p < 0,05$) das fibras alimentares ACD e FT para esta resposta, com isso não foi possível a retirada de um modelo matemático. Na análise de variância (Tabela 47 do Anexo IV) o R^2 foi 69,69, e o F_{cal} (2,76) foi menor do que o F_{tab} (4,39), portanto não foi possível a construção do gráfico de superfície de resposta para este parâmetro. A Figura 16 mostra os resultados observados distantes dos valores previstos para este delineamento.

Figura 16. Valores previstos versus valores observados de elasticidade do delineamento.

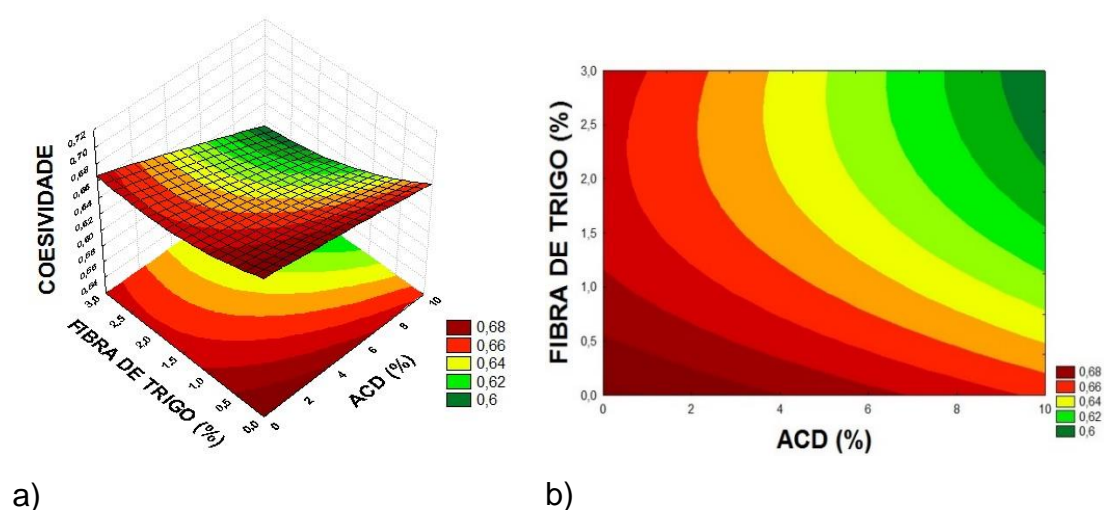


Com relação a coesividade, a análise dos efeitos (Tabela 30, Anexo III), encontrou efeitos lineares ($p < 0,05$) negativos das fibras ACD e FT para esta resposta, sendo possível obter um modelo matemático para este parâmetro, como mostra a equação 10.

$$\text{Coesividade} = 0,6400 - 0,0196.x_1 - 0,0164.x_2 \quad (10)$$

Na análise de variância (Tabela 48 do Anexo IV) o R^2 encontrado foi de 86,74 e o F_{cal} (7,85) foi maior do que F_{tab} (4,39), sendo possível a construção do gráfico de superfície e curvas de contorno para a resposta coesividade como mostra a Figura 17. Resultados similares foram encontrados por Barretto et al. (2015), em mortadela com adição de fibra e redução de gordura.

Figura 17. Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) para a coesividade do delineamento em função das variáveis alfa-ciclodextrina (ACD) e fibra de trigo.



Analisando a Figura 17, a medida que aumenta a concentração das fibras alimentares, há uma diminuição do parâmetro coesividade, ou seja, as fibras (ACD e FT) contribuíram para a redução da coesividade em salsichas de frango com baixo teor de gordura, nos níveis estudados. Álvarez e Barbut (2013) avaliaram a mistura de inulina em gel e beta-glucana como substitutos de gordura em emulsão cárnea

cozida. Os autores também encontraram uma diminuição significativa da coesividade quando aumentaram os níveis de fibras alimentares em relação ao controle (0% de fibra).

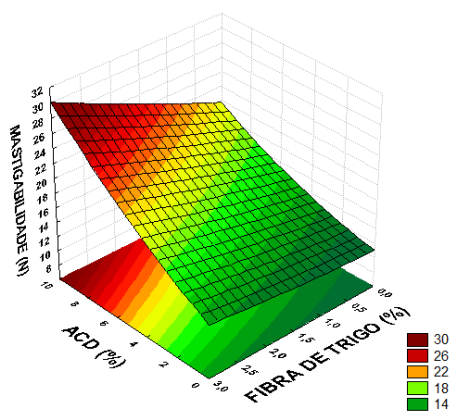
Para a mastigabilidade foram observados efeitos lineares significativos ($p < 0,05$) das fibras ACD e FT (Tabela 31 do Anexo III), ou seja, ambas as fibras alimentares influenciaram o aumento deste parâmetro, o que tornou possível a retirada de um modelo matemático para a resposta mastigabilidade (Equação 11).

$$\text{Mastigabilidade} = 17,6972 + 4,4986.x_1 + 2,2304.x_2 \quad (11)$$

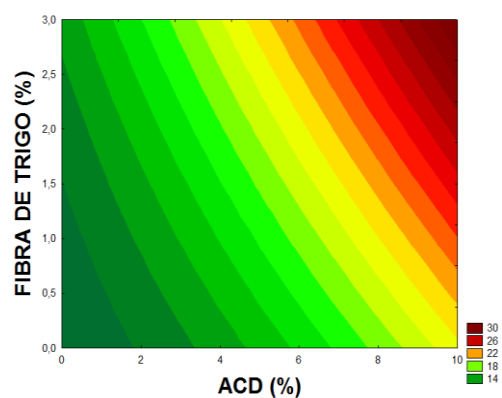
Os maiores valores para a mastigabilidade foram encontrados pelos tratamentos T4 (25,06) e T10 (24,57) que diferiram ($p < 0,05$) dos demais tratamentos, o que coincide com os resultados de dureza desses tratamentos, e os menores valores foram obtidos pelos tratamentos C2 e T1. Resultado similar foi encontrado por Faria et al. (2015) quando aumentou o teor de celulose amorfa para 0,3 e 0,4% em mortadelas com baixo teor de gordura e obtiveram os maiores valores ($p < 0,05$) de dureza (N) e de mastigabilidade (N) com relação ao controle com 20% de gordura e sem adição de celulose amorfa.

Na análise de variância (Tabela 49 do Anexo IV), o R^2 foi de 94,13 e o F_{cal} (19,24) foi maior do que o F_{tab} (4,39) o que tornou possível a construção do gráfico de superfície de resposta e curvas de contorno para este parâmetro, como ilustra a Figura 18.

Figura 18. Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) para a mastigabilidade do delineamento, em função das variáveis alfa-ciclodextrina (ACD) e fibra de trigo.



a)



b)

Analisando a Figura 18, observamos que quanto maior a concentração das fibras alimentares (ACD e FT), maiores os valores encontrados para a mastigabilidade.

5.3.8 Cor instrumental das salsichas de frango

A Tabela 20 apresenta os resultados de cor instrumental das salsichas de frango controles e com redução de gordura.

Tabela 20. Avaliação da cor instrumental das salsichas de frango controles e com redução de gordura após 30 dias de estocagem (média ± desvio padrão).

Tratamento	L*	a*	b*	Whiteness
C1	65,40 ± 0,66 ^e	9,11 ± 0,28 ^a	16,10 ± 0,29 ^{ab}	60,76 ± 0,57 ^e
C2	64,26 ± 0,64 ^e	8,58 ± 0,25 ^b	15,29 ± 0,43 ^{cd}	60,19 ± 0,39 ^e
T1	67,56 ± 0,38 ^d	7,76 ± 0,35 ^d	16,33 ± 0,28 ^a	62,86 ± 0,27 ^d
T2	72,83 ± 0,84 ^{ab}	6,75 ± 0,15 ^{ef}	14,88 ± 0,26 ^{de}	68,29 ± 0,68 ^{ab}
T3	67,56 ± 0,48 ^d	8,03 ± 0,33 ^{cd}	15,97 ± 0,40 ^{ab}	62,96 ± 0,54 ^d
T4	73,64 ± 0,65 ^{ab}	5,82 ± 0,21 ⁱ	14,83 ± 0,25 ^{de}	69,20 ± 0,50 ^a
T5	72,84 ± 0,41 ^{ab}	6,39 ± 0,16 ^{fgh}	14,89 ± 0,24 ^{de}	68,29 ± 0,33 ^{ab}
T6	72,59 ± 0,58 ^{ab}	6,40 ± 0,10 ^{fgh}	14,55 ± 0,23 ^e	68,31 ± 0,42 ^{ab}
T7	72,66 ± 0,58 ^{ab}	6,64 ± 0,19 ^{efg}	14,50 ± 0,26 ^e	68,34 ± 0,39 ^{ab}
T8	73,17 ± 0,56 ^{ab}	6,14 ± 0,06 ^{ghi}	14,75 ± 0,20 ^{de}	68,79 ± 0,40 ^{ab}
T9	65,12 ± 0,86 ^e	8,44 ± 0,19 ^{bc}	15,62 ± 0,34 ^{bc}	60,85 ± 0,66 ^e
T10	73,70 ± 1,16 ^a	6,18 ± 0,06 ^{hi}	14,57 ± 0,18 ^e	69,30 ± 0,94 ^a
T11	71,04 ± 0,70 ^c	6,94 ± 0,17 ^e	14,57 ± 0,24 ^e	66,84 ± 0,63 ^c
T12	72,32 ± 0,40 ^{bc}	6,72 ± 0,14 ^{ef}	14,68 ± 0,15 ^e	67,96 ± 0,33 ^b

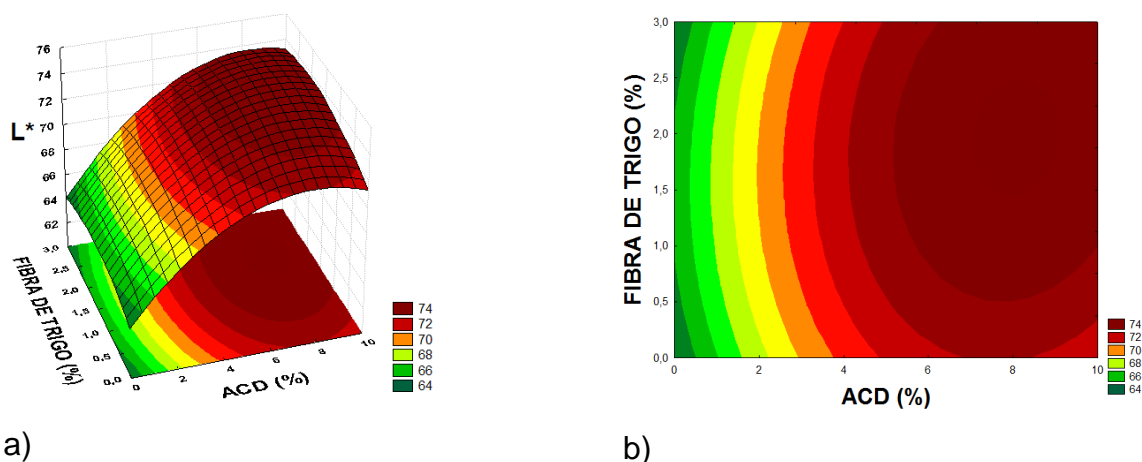
C1: controle, sem adição de fibras alimentares e com 10% de gordura; C2: controle, sem adição de fibras alimentares e sem adição de gordura; T1: sem adição de gordura, 1,45% de alfa-ciclodextrina e 0,44% de fibra de trigo; T2: sem adição de gordura, 8,54% de alfa ciclodextrina e 0,44% de fibra de trigo; T3: sem adição de gordura, 1,45% de alfa-ciclodextrina e 2,57% de fibra de trigo; T4: sem adição de gordura, 8,54% de alfa-ciclodextrina e 2,57% de fibra de trigo; T5 a T8: sem adição de gordura, 5% de alfa-ciclodextrina e 1,5% de fibra de trigo; T9: sem adição de gordura, 0% de alfa-ciclodextrina e 1,5% de fibra de trigo; T10: sem adição de gordura, 10% de alfa-ciclodextrina e 1,5% de fibra de trigo; T11: sem adição de gordura, 5% de alfa-ciclodextrina e 0% de fibra de trigo; T12: sem adição de gordura, 5% de alfa-ciclodextrina e 3% de fibra de trigo; ^{a,b,c,d,e,f,g,h,i} Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna, diferem pelo Teste de Tukey (p ≤ 0,05).

Houve um efeito significativo linear e quadrático das fibras ACD e FT (Anexo III, Tabela 32) para a luminosidade, o que possibilitou a obtenção de um modelo matemático com as variáveis independentes codificadas (Equação 12).

$$L^* = 72,8153 + 2,9272.x_1 - 1,7529.x_1^2 + 0,3404.x_2 - 0,6111.x_2^2 \quad (12)$$

Os dados foram submetidos a análise de variância (Anexo IV, Tabela 50). O R² encontrado foi 99,49% e o F_{cal} (233,83) foi cinquenta e três vezes maior do que F_{tab} (4,39), sendo possível a construção do gráfico de superfície de resposta e curvas de contorno para a luminosidade em função das variáveis independentes ACD e FT, como demonstra a Figura 19.

Figura 19. Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) para a luminosidade (L*) do delineamento, em função das variáveis alfa-ciclodextrina (ACD) e fibra de trigo.



Como observado na Figura 19, ambas as fibras alimentares contribuíram para o aumento da luminosidade. A medida que aumenta a concentração de ACD e FT, maiores os valores de L*.

A redução de gordura não afetou a luminosidade de salsichas de frango, em relação aos controles (C1 e C2), isto pode ser devido a matéria-prima cárnea utilizada (carne de frango), que é mais clara, não interferindo nesta análise.

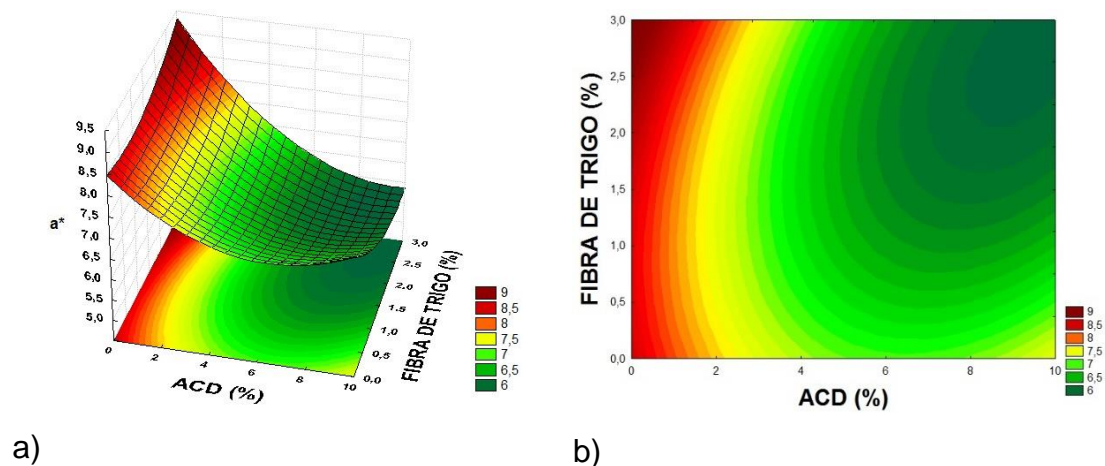
O tratamento T9 mostra resultado de luminosidade similar aos controles, mostrando que a concentração de FT adicionada isoladamente não interferiu o valor L^* de salsichas de frango.

Em relação ao valor a^* (intensidade da cor vermelha), observa-se na Tabela 33 do Anexo III, um efeito linear e quadrático significativo somente da fibra ACD. Com isso foi possível a obtenção de um modelo matemático que é apresentado na equação 13, com a variável independente codificada.

$$a^* = 6,3925 - 0,8032.x_1 + 0,4655.x_1^2 \quad (13)$$

Os dados foram então submetidos a análise de variância, como mostra a Tabela 51, do Anexo IV. O R^2 encontrado foi de 98,06% e o F_{cal} (60,81) foi treze vezes maior do que o F_{tab} (4,39), tornando assim possível a construção do gráfico de superfície de resposta e curvas de contorno para o valor a^* em função das variáveis independentes ACD e FT, como mostrado na Figura 20.

Figura 20. Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) para o valor a^* do delineamento, em função das variáveis alfa-ciclodextrina (ACD) e fibra de trigo.

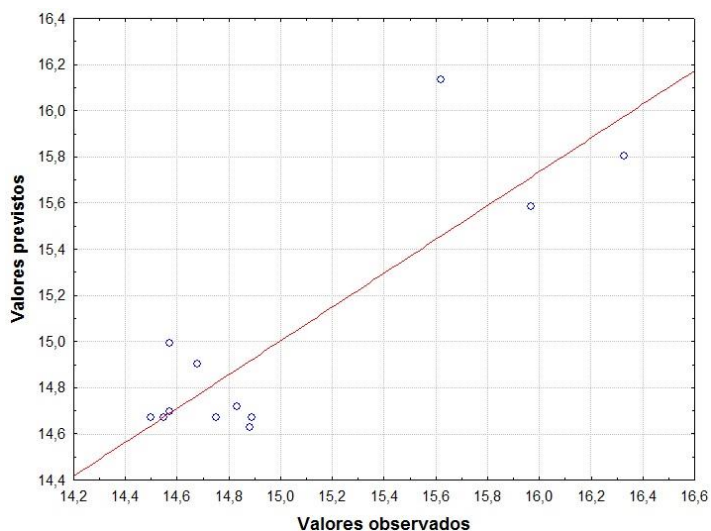


Observa-se na Figura 20, que quanto maior os níveis das fibras alimentares adicionadas, menor são os valores para o valor a^* .

O tratamento C1, com adição de gordura, apresentou o maior valor a^* (9,11), diferindo ($p \leq 0,05$) de todos os tratamentos. A retirada da gordura reduziu significativamente o valor a^* em todos os tratamentos, em relação ao controle C1. A adição de fibras alimentares reduziu ($p \leq 0,05$) o valor a^* de todos os tratamentos, exceto para o tratamento T9 que não diferiu do tratamento C2 (sem adição de gordura e sem adição de fibras alimentares), evidenciando que a fibra de trigo (FT) quando utilizada isoladamente não foi capaz de influenciar este parâmetro, diferente da fibra ACD, que mesmo adicionada de forma isolada (T11) demonstrou ser capaz de reduzir significativamente o valor a^* em salsichas de frango com redução de gordura.

Com os resultados da análise dos efeitos para intensidade da cor amarela b^* (Tabela 34 do Anexo III), pode-se verificar que somente a fibra ACD apresentou um efeito linear e quadrático significativo ($p < 0,05$) para esta resposta, porém de acordo com a análise de variância (Tabela 52, Anexo IV) o R^2 encontrado foi 73,24 e o F_{cal} (3,28) foi menor que o F_{tab} (4,39), com isso não foi possível a construção do gráfico de superfície de resposta e curvas de contorno para a resposta valor b^* . A Figura 21 ilustra a impossibilidade de retirada do modelo, mostrando uma baixa concordância entre os valores experimentais em relação aos previstos pelo modelo.

Figura 21. Valores previstos *versus* valores observados do valor b^* do delineamento.



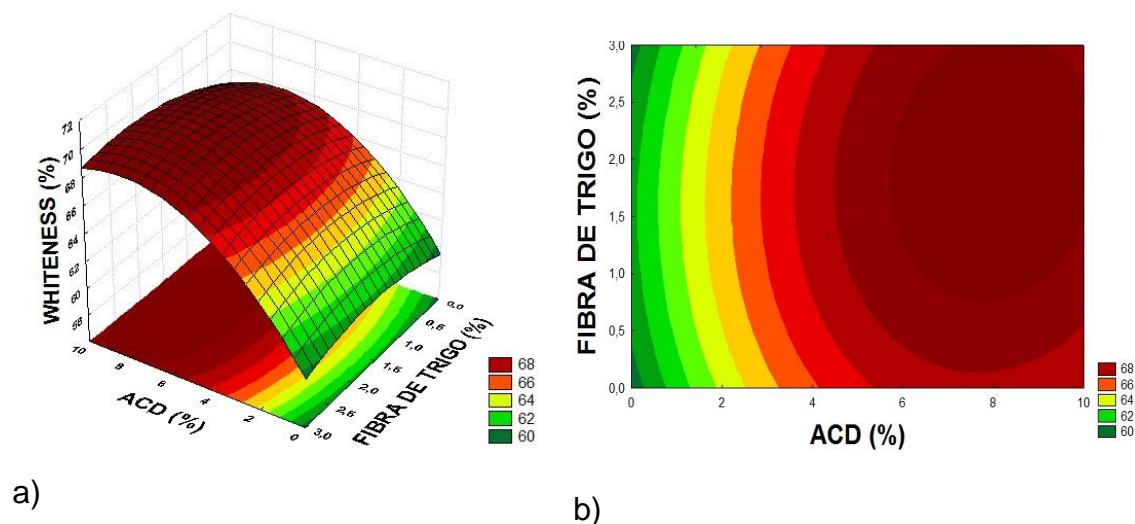
Não foi comprovado efeitos das fibras alimentares utilizadas, a adição das fibras nos níveis estudados não interferiu o valor b^* .

Para o parâmetro *whiteness*, pode-se verificar pela análise dos efeitos (Tabela 35 do Anexo III), que as fibras ACD e FT apresentaram um efeito linear e quadrático significativo ($p < 0,05$) para esta resposta, com isso, foi possível a obtenção de um modelo matemático, que é apresentado na equação 14, com as variáveis independentes codificadas.

$$\text{Whiteness} = 68,4337 + 2,9569.x_1 - 1,7892.x_1^2 + 0,3246.x_2 - 0,6197.x_2^2 \quad (14)$$

Na análise de variância (Tabela 53, Anexo IV) o R^2 encontrado foi 99,41 e o F_{cal} (205,22) foi quarenta e seis vezes maior do que o F_{tab} (4,39), com isso foi possível a construção do gráfico de superfície de resposta e curvas de contorno para a resposta *whiteness*.

Figura 22. Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) para o *whiteness* do delineamento, em função das variáveis alfa-ciclodextrina (ACD) e fibra de trigo.



A Figura 22 se mostra bastante semelhante as curvas de contorno da luminosidade (Figura 19 b), ilustrando que quanto maior os níveis das duas fibras alimentares (ACD e FT) em conjunto, maiores os valores de *whiteness* encontrados. A fibra ACD tem maior influência sobre este parâmetro, visto que mesmo adicionada

isoladamente (T11), foi capaz de aumentar ($p < 0,05$) o valor de *whiteness*, em relação aos controles (C1 e C2), já a FT isolada (T9), não alterou este parâmetro.

5.3.9 Estabilidade microbiológica das salsichas de frango

Os resultados obtidos nas análises de estabilidade microbiológica para a detecção e quantificação dos microorganismos patogênicos das amostras de salsicha de frango controles e com redução de gordura, no tempo zero, trinta e sessenta dias de estocagem se mostraram em condições sanitárias satisfatórias e estão demonstradas na Tabela 21. O produto se mostrou de acordo com os padrões legais vigentes (BRASIL, 2001).

Tabela 21. Resultados microbiológicos das salsichas de frango controles e com redução de gordura durante estocagem (0, 30 e 60 dias)

Microrganismo	*Tolerância	0 dia	30 dias	60 dias
Clostrídios sulfito-redutores 46 °C	5×10^2	< 10 UFC/g	< 10 UFC/g	< 10 UFC/g
Estafilococcus Coagulase Positiva	3×10^3	< 100 UFC/g	< 100 UFC/g	< 100 UFC/g
Coliformes a 45 °C	10^3	< 3 NMP/g	< 3 NMP/g	< 3 NMP/g
<i>Salmonella sp</i>	Ausente em 25 g	Ausente em 25 g	Ausente em 25 g	Ausente em 25 g

* Fonte: BRASIL, 2001.

5.3.10 Análise sensorial das salsichas de frango

Os resultados obtidos na análise sensorial das salsichas de frango controle e com redução de gordura estão apresentados na Tabela 22.

Tabela 22. Médias das notas obtidas com a análise sensorial das salsichas de frango controles e com redução de gordura (média ± desvio padrão).

Tratamento	Cor	Aroma	Textura	Sabor	*AG
C1	6,26 ± 1,97 ^a	6,77 ± 1,36 ^a	6,55 ± 1,93 ^{abcd}	6,67 ± 1,89 ^a	6,42 ± 1,81 ^{ab}
C2	6,32 ± 1,91 ^a	6,94 ± 1,33 ^a	5,97 ± 2,10 ^d	6,83 ± 1,67 ^a	6,47 ± 1,55 ^{ab}
T1	5,82 ± 2,02 ^a	6,77 ± 1,51 ^a	6,08 ± 2,00 ^{cd}	6,42 ± 1,79 ^a	6,21 ± 1,62 ^b
T2	5,91 ± 1,94 ^a	7,00 ± 1,52 ^a	7,50 ± 1,19 ^a	7,26 ± 1,56 ^a	7,21 ± 1,23 ^a
T3	6,38 ± 1,94 ^a	7,15 ± 1,21 ^a	7,24 ± 1,36 ^{ab}	7,30 ± 1,47 ^a	7,05 ± 1,32 ^{ab}
T4	5,58 ± 2,04 ^a	6,79 ± 1,43 ^a	6,85 ± 1,71 ^{abcd}	6,58 ± 1,68 ^a	6,56 ± 1,54 ^{ab}
T5	5,82 ± 2,01 ^a	7,20 ± 1,34 ^a	7,23 ± 1,62 ^{ab}	7,17 ± 1,47 ^a	7,08 ± 1,55 ^a
T6	5,88 ± 2,05 ^a	7,12 ± 1,12 ^a	7,26 ± 1,34 ^{ab}	7,26 ± 1,32 ^a	7,12 ± 1,17 ^a
T7	5,77 ± 2,10 ^a	6,83 ± 1,49 ^a	6,95 ± 1,60 ^{abc}	6,88 ± 1,74 ^a	6,71 ± 1,56 ^{ab}
T8	5,77 ± 2,09 ^a	6,95 ± 1,53 ^a	7,05 ± 1,32 ^{abc}	6,85 ± 1,48 ^a	6,82 ± 1,35 ^{ab}
T9	6,44 ± 1,98 ^a	7,03 ± 1,30 ^a	6,45 ± 2,07 ^{bcd}	7,11 ± 1,80 ^a	6,74 ± 1,60 ^{ab}
T10	5,76 ± 2,08 ^a	7,08 ± 1,32 ^a	6,91 ± 1,56 ^{abcd}	6,77 ± 1,37 ^a	6,73 ± 1,40 ^{ab}
T11	5,73 ± 1,89 ^a	6,68 ± 1,73 ^a	6,59 ± 1,95 ^{abcd}	6,74 ± 1,64 ^a	6,53 ± 1,46 ^{ab}
T12	5,97 ± 1,93 ^a	7,03 ± 1,24 ^a	7,39 ± 1,35 ^{ab}	7,03 ± 1,37 ^a	7,02 ± 1,20 ^{ab}

C1: controle, sem adição de fibras alimentares e com 10% de gordura; C2: controle, sem adição de fibras alimentares e sem adição de gordura; T1: sem adição de gordura, 1,45% de alfa-ciclodextrina e 0,44% de fibra de trigo; T2: sem adição de gordura, 8,54% de alfa ciclodextrina e 0,44% de fibra de trigo; T3: sem adição de gordura, 1,45% de alfa-ciclodextrina e 2,57% de fibra de trigo; T4: sem adição de gordura, 8,54% de alfa-ciclodextrina e 2,57% de fibra de trigo; T5 a T8: sem adição de gordura, 5% de alfa-ciclodextrina e 1,5% de fibra de trigo; T9: sem adição de gordura, 0% de alfa-ciclodextrina e 1,5% de fibra de trigo; T10: sem adição de gordura, 10% de alfa-ciclodextrina e 1,5% de fibra de trigo; T11: sem adição de gordura, 5% de alfa-ciclodextrina e 0% de fibra de trigo; T12: sem adição de gordura, 5% de alfa-ciclodextrina e 3% de fibra de trigo; *AG = Aceitação Global; ^{a,b,c,d} Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna, diferem pelo Teste de Tukey (p ≤ 0,10).

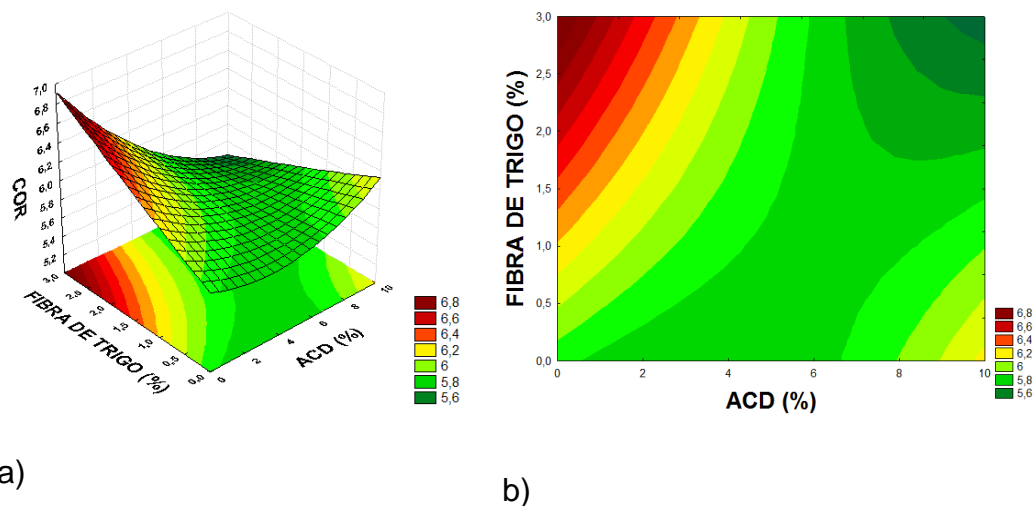
Observou-se que não houve diferença significativa entre as amostras nos atributos cor, aroma e sabor (p < 0,10), ou seja, todas as salsichas de frango foram consideradas semelhantes nestes atributos, de acordo com os consumidores.

Para o atributo cor da análise sensorial, não houve diferença significativa entre os tratamentos, mesmo assim foi feita a análise dos efeitos (Tabela 36, Anexo III), que demonstrou um efeito linear e quadrático (p ≤ 0,10) da fibra ACD, um efeito linear (p ≤ 0,10) da FT e uma interação significativa entre ambas as fibras alimentares utilizadas, possibilitando a obtenção do modelo matemático, demonstrado na equação 15.

$$\text{Cor} = 5,8102 - 0,2092.x_1 + 0,1323.x_1^2 + 0,0713.x_2 - 0,2225.x_1.x_2 \quad (15)$$

De acordo com a análise de variância, disponível no Anexo IV- Tabela 54, o valor de R^2 foi de 96,76 e F_{cal} (37,97) foi doze vezes maior do que F_{tab} (3,11), com isso foi possível a construção o gráfico de superfície de resposta e curvas de contorno para o atributo cor, como mostrado na Figura 23.

Figura 23. Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) para o atributo sensorial de cor do delineamento em função das variáveis alfa-ciclodextrina (ACD) e fibra de trigo.



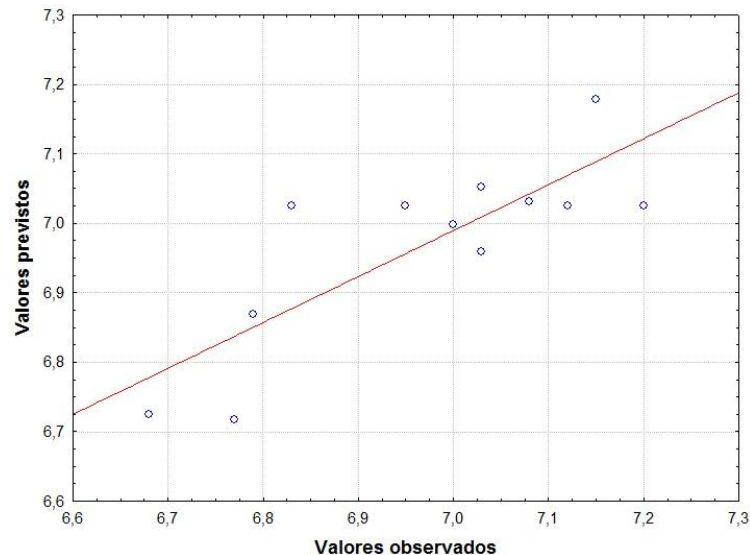
Observa-se na Figura 23, que a adição de ACD teve uma contribuição negativa para a diminuição das notas de cor, ou seja, quanto maior o teor de ACD nas amostras, menores eram as notas dadas pelos consumidores, por outro lado, observa-se que a FT contribuiu positivamente para este atributo, ou seja, quanto maior o teor de FT (e menor de ACD), maiores eram as notas dadas pelos consumidores.

Para o atributo aroma a análise dos efeitos revelou que as variáveis independentes utilizadas (ACD e FT) não apresentaram efeito significativo ($p > 0,10$) (Anexo III- Tabela 37), não sendo possível a retirada de um modelo.

Na análise de variância (Tabela 55 do Anexo IV), o R^2 encontrado foi de 66,15 e o F_{cal} (2,34) foi menor do que o F_{tab} (3,11), sendo assim, não foi possível a construção dos gráficos de superfície e curvas de contorno para o atributo sensorial de aroma. A

Figura 24 mostra os valores previstos versus os valores observados para o atributo aroma, evidenciando que os pontos não se ajustam ao modelo proposto.

Figura 24. Valores previstos *versus* valores observados do atributo sensorial aroma do delineamento



Para o atributo sensorial de textura, a análise dos efeitos (Tabela 38 do Anexo III) mostrou efeitos lineares ($p \leq 0,10$) da ACD e da FT, um efeito quadrático significativo da ACD e uma interação negativa entre ambas as fibras alimentares, possibilitando a retirada do modelo matemático (Equação 16).

$$\text{Textura} = 7,1222 + 0,2105.x_1 - 0,2013.x_1^2 + 0,2054.x_2 - 0,4525.x_1.x_2 \quad (16)$$

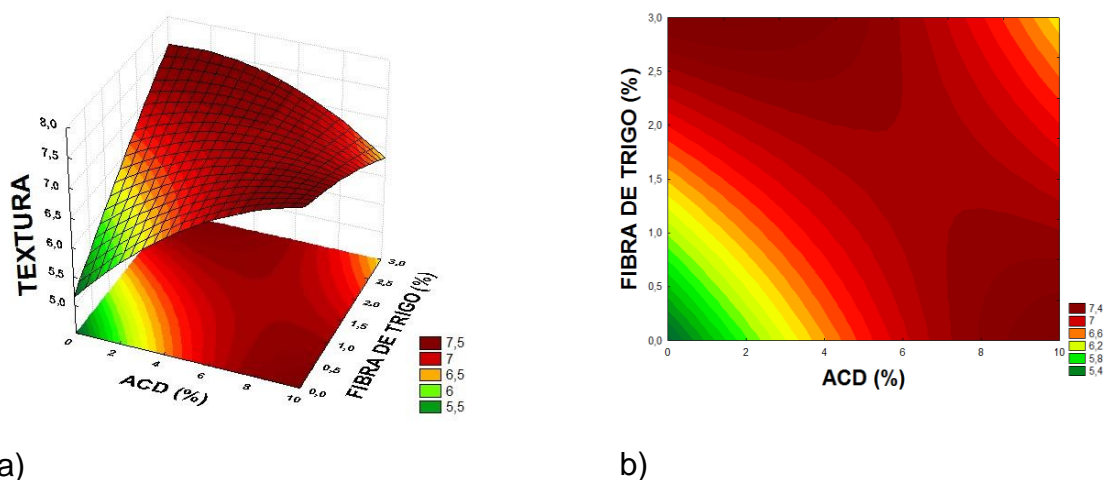
A análise de variância (Tabela 56 do Anexo IV) mostrou que R^2 foi de 92,36 e o F_{cal} (14,54) foi maior do que o F_{tab} (3,11), o que tornou possível a construção do gráfico de superfície de resposta e curvas de contorno para o atributo textura, mostrado na Figura 23.

As maiores notas foram atribuídas pelos consumidores a medida em que se aumentava os teores das fibras alimentares nas amostras de salsichas de frango. Os consumidores atribuíram notas mais altas para amostras com dureza e

mastigabilidade ($p \leq 0,05$) maior do que os controles (C1 e C2), de acordo com a análise do perfil de textura (Tabela 19).

O tratamento T2 recebeu a maior nota (7,50) para a textura diferindo ($p \leq 0,10$) dos tratamentos C2, T1 e T9, porém esta foi igualmente aceita em relação aos demais tratamentos.

Figura 25. Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) para o atributo sensorial de textura do delineamento em função das variáveis alfa-ciclodextrina (ACD) e fibra de trigo.



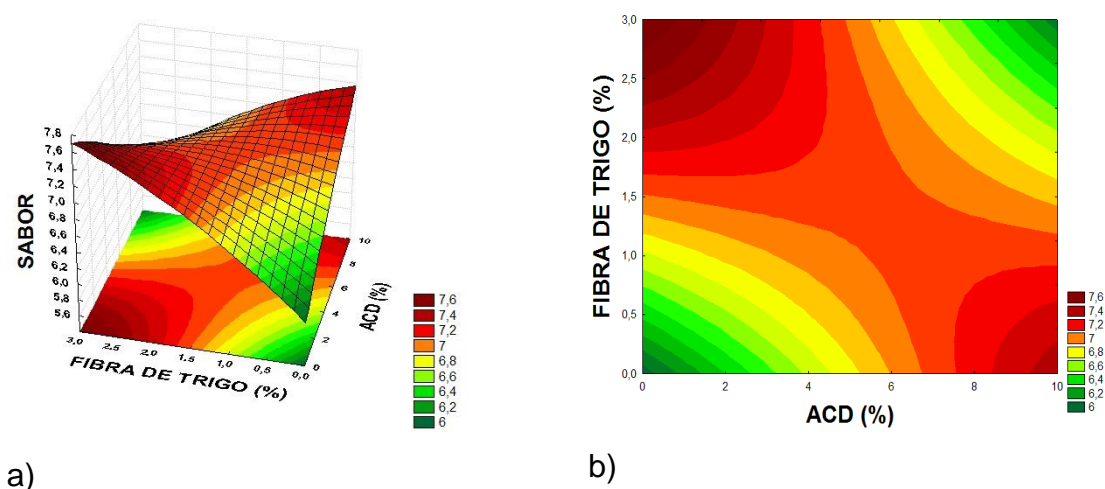
Com a Figura 25, concluímos que as maiores notas foram obtidas quanto maior os níveis de fibras alimentares adicionadas.

Quanto ao atributo sabor, não houve diferença significativa entre as amostras, indicando que a redução de gordura e a adição das fibras não influenciou este atributo. As salsichas de frango com redução de gordura e adicionadas de fibras foram igualmente aceitas ($p \geq 0,10$) para este atributo em relação aos tratamentos controles (C1 e C2). Na análise dos efeitos (Anexo III - Tabela 39) apenas a interação entre as fibras (ACD e FT) foi significativa, possibilitando a obtenção do modelo matemático com as variáveis independentes codificadas (Equação 17).

$$\text{Sabor} = 7,0401 - 0,3900 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (17)$$

A análise de variância (Anexo IV Tabela 57) apresentou um valor de $R^2 = 80,24$ e $F_{cal} (4,87)$ foi maior do que $F_{tab} (3,11)$. Com isso, foi possível a construção do gráfico de superfície de resposta para o atributo sensorial sabor em função das duas variáveis independentes utilizadas (ACD e FT), como mostra a Figura 26.

Figura 26. Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) para o atributo sensorial sabor do delineamento em função das variáveis alfa-ciclodextrina (ACD) e fibra de trigo.



A Figura 26 mostra que, as maiores notas eram dadas quando se aumentava o nível de uma fibra e diminuía o nível da outra. Níveis altos e baixos das duas fibras alimentares, resultavam em notas mais baixas pelos consumidores.

Os atributos sabor e aroma das salsichas de frango, não ficaram comprometidos quanto a rancidez, confirmando os dados obtidos no TBARS (Tabela 18).

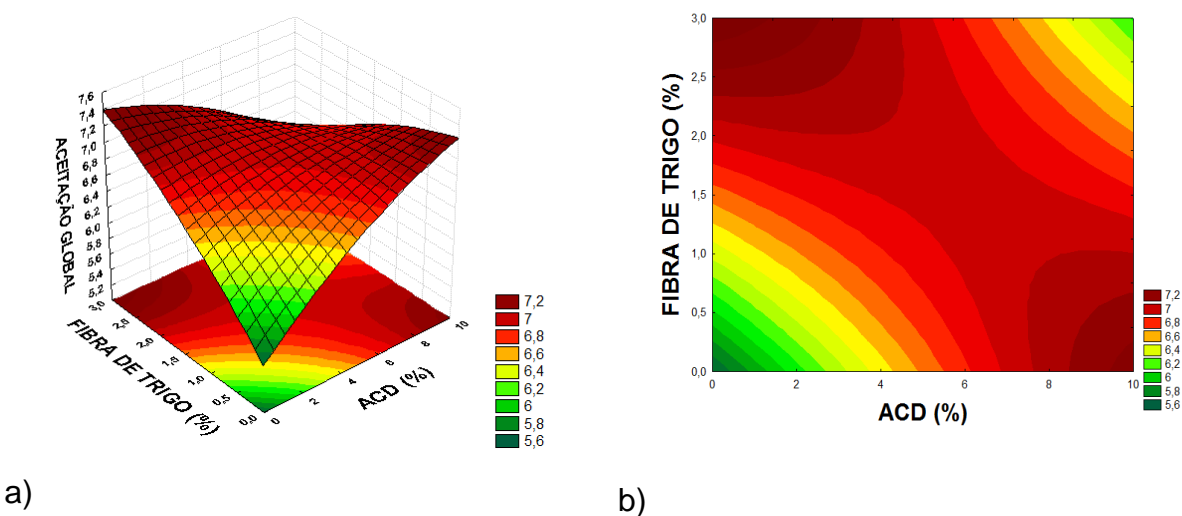
Para o atributo aceitação global, houve diferença entre os tratamentos, onde T1 diferiu significativamente de T2, T5 e T6, sendo portanto menos aceito em relação a esses tratamentos, porém estes tratamentos apesar de receberem as maiores notas, não diferiram ($p > 0,10$) entre si e entre os controles (C1 e C2). Com excessão do tratamento T1, todos os tratamentos (incluindo os controles) foram igualmente aceitos pelos consumidores.

Na análise dos efeitos (Anexo III - Tabela 40) apenas a interação entre as fibras (ACD e FT) foi significativa, possibilitando a obtenção do modelo matemático com as variáveis independentes codificadas (Equação 18).

$$\text{Aceitação global} = 6,9325 - 0,3725 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (18)$$

A análise de variância (Anexo IV Tabela 58) apresentou um valor de $R^2 = 80,57$ e $F_{\text{cal}} (4,97)$ foi maior do que $F_{\text{tab}} (3,11)$. Com isso, foi possível a construção do gráfico de superfície de resposta para o atributo sensorial aceitação global em função das duas variáveis independentes utilizadas (ACD e FT), como mostra a Figura 27.

Figura 27. Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) para o atributo sensorial aceitação global do delineamento em função das variáveis alfa-ciclodextrina (ACD) e fibra de trigo.



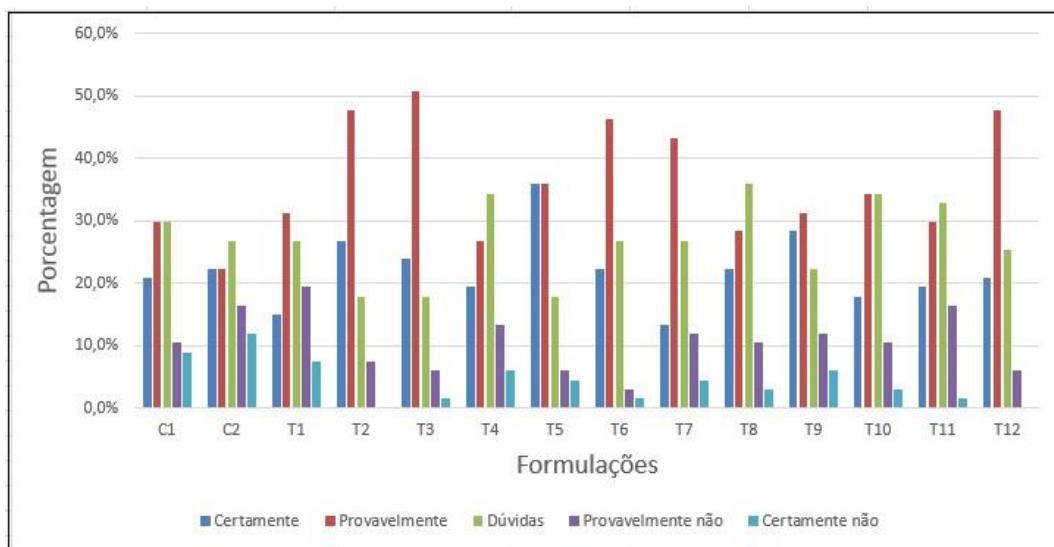
Analizando as Figuras 27a e 27b, observamos que a medida que os níveis da adição das duas fibras alimentares (ACD e FT) eram muito altos ou muito baixos, a média das notas diminuíram. As maiores médias para aceitação global foram encontradas no nível mais baixo de uma fibra juntamente com o nível mais elevado da outra fibra, o que pode ser observado pela T2 (contendo 8,54% de ACD e 0,44% de FT) que ficou entre os tratamentos com as maiores notas recebidas na aceitação global. Resultados similares a estes foram obtidos por Barretto e Pollonio (2009), que estudaram a aplicação de três fibras alimentares (inulina, fibra de trigo e fibra de aveia)

sobre as propriedades sensoriais e relataram que as notas de impressão global foram maiores nas faixas mínimas de adição de fibras. Os mesmos autores ainda afirmaram que até o nível de 5% de inulina, as notas finais para impressão global foram maiores do que 6,8 e acima deste nível a avaliação foi comprometida.

A Figura 28 ilustra o gráfico de intenção de compra (em porcentagem) a partir do análise sensorial das salsichas de frango controle e com redução de gordura.

De acordo com o gráfico observa-se que o tratamento T5 apresentou a maior porcentagem de intenção de compra, 35% dos consumidores certamente comprariam o produto. Os tratamentos T2, T3, T6, T7 e T12 também apresentaram boa aceitação, em torno de 50% dos potenciais consumidores alegaram que provavelmente comprariam o produto. Já os tratamentos T2 e T12 não receberam nenhuma resposta de “certamente não compraria”.

Figura 28. Gráfico de intenção de compra para as salsichas de frango controles e com redução de gordura.



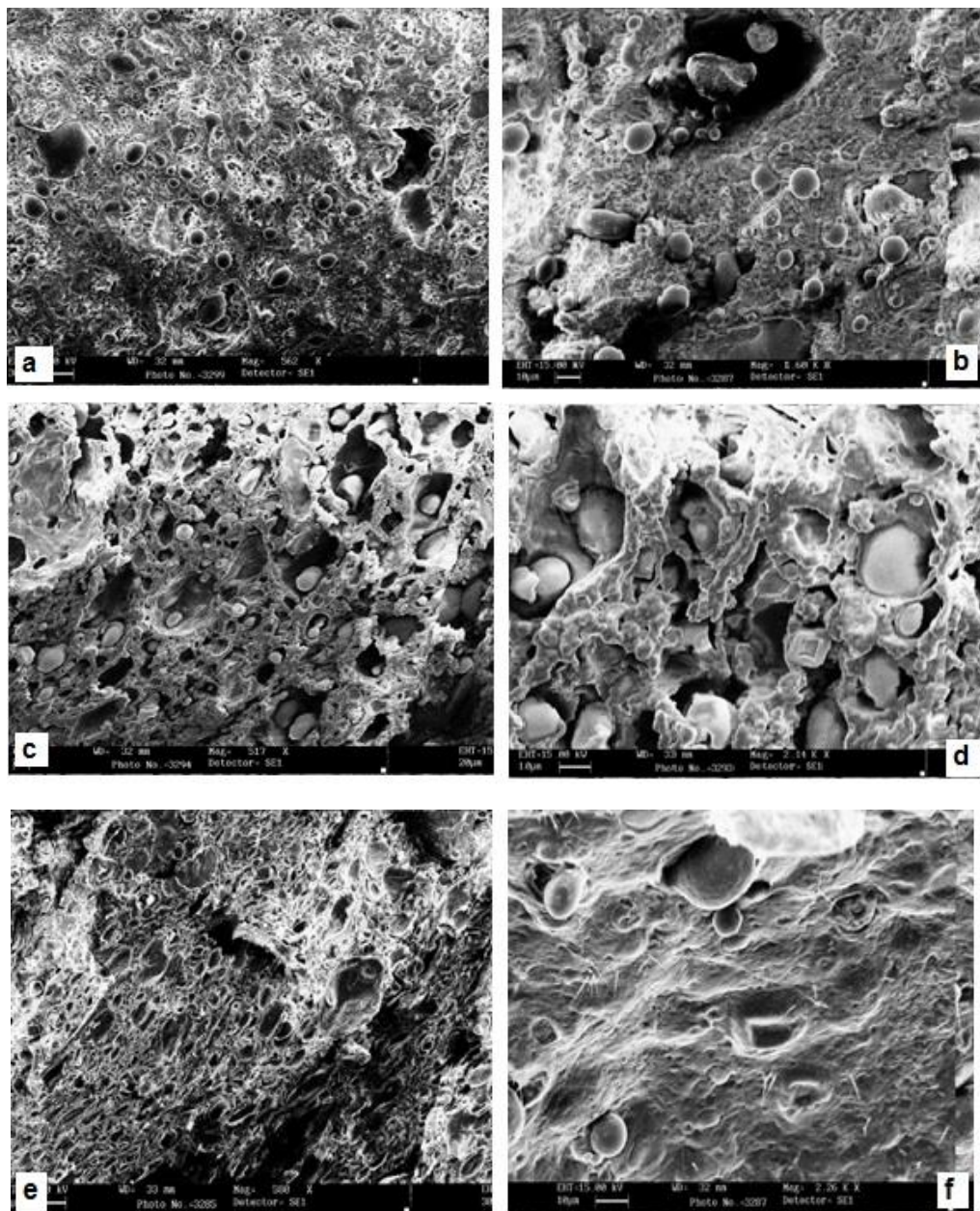
C1: controle, sem adição de fibras alimentares e com 10% de gordura; C2: controle, sem adição de fibras alimentares e sem adição de gordura; T1: sem adição de gordura, 1,45% de alfa-ciclodextrina e 0,44% de fibra de trigo; T2: sem adição de gordura, 8,54% de alfa ciclodextrina e 0,44% de fibra de trigo; T3: sem adição de gordura, 1,45% de alfa-ciclodextrina e 2,57% de fibra de trigo; T4: sem adição de gordura, 8,54% de alfa-ciclodextrina e 2,57% de fibra de trigo; T5 a T8: sem adição de gordura, 5% de alfa-ciclodextrina e 1,5% de fibra de trigo; T9: sem adição de gordura, 0% de alfa-ciclodextrina e 1,5% de fibra de trigo; T10: sem adição de gordura, 10% de alfa-ciclodextrina e 1,5% de fibra de trigo; T11: sem adição de gordura, 5% de alfa-ciclodextrina e 0% de fibra de trigo; T12: sem adição de gordura, 5% de alfa-ciclodextrina e 3% de fibra de trigo.

5.3.11 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) das salsichas de frango

A escolha dos tratamentos para a realização da análise de microscopia eletrônica de varredura baseou-se no tratamento com a melhor média na aceitação global (T2) e o ponto fatorial oposto a este tratamento (no caso T3). Ambas estruturas foram comparadas com o tratamento controle, com adição de gordura (C1).

Pela análise das microscopias das salsichas de frango dos tratamentos C1 (controle), T2 e T3, pode-se verificar o efeito de cada variável sobre a microestrutura do produto. A Figura 29 corresponde a microestrutura dos tratamentos C1, T2 e T3, respectivamente.

Figura 29. Microscopia eletrônica de varredura das salsichas de frango em diferentes tratamentos.



(a) e (b) = C1 (controle, com adição de gordura e sem adição de fibras), com aumento de 562 vezes e 1600 vezes, respectivamente; (c) e (d) = T2 (sem adição de gordura, 8,54% de alfa-ciclodextrina e 0,44% de fibra de trigo), com aumento de 517 vezes e 2000 vezes, respectivamente; (e) e (f) = T3 (sem adição de gordura, 1,45% de alfa-ciclodextrina e 2,57% de fibra de trigo), com aumento de 580 vezes e 2000 vezes, respectivamente.

Observa-se nas Figuras 29a e 29b, que o tratamento controle (C1) apresentou maior presença de glóbulos de gordura dispersos na emulsão. No tratamento com redução de gordura (T2), foi observada uma estrutura esponjosa, com grande número

de poros (Figura 29c e 29d). Nota-se ainda nestas figuras que a fibra solúvel (ACD) auxiliou a retenção dos glóbulos de gordura, através da microestrutura encontrada. Já no tratamento T3 foi observado uma estrutura mais homogênea e menos porosa (Figuras 29e 29f).

6 CONCLUSÃO

As fibras insolúveis (fibra de aveia e fibra de trigo) foram mais eficientes para dureza, mastigabilidade e estabilidade da emulsão, quando comparada com as fibras solúveis (frutooligossacarídeo e inulina), já a alfa-ciclodextrina teve desempenho diferenciado de todas as fibras estudadas, com melhores resultados para capacidade de emulsificação e estabilidade da emulsão, em bolos de carne de frango contendo carne mecanicamente separada de ave e redução de gordura.

Em salsicha de frango contendo carne mecanicamente separada de ave e com redução de gordura, a alfa-ciclodextrina apresentou microestrutura porosa com englobamento da gordura, melhora da textura sensorial e aceitação global, mostrando que a melhor formulação foi T2 (8,54% de alfa-ciclodextrina e 0,44% de fibra de trigo), e indicando que a fibra alimentar solúvel alfa-ciclodextrina apresentou ótimo potencial de aplicação, como substituto de gordura em produto cárneo emulsionado, com bons resultados tecnológicos e sensoriais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIRREZÁBAL, M. M.; MATEO, J.; DOMÍNGUEZ, M. C.; ZUMALACÁRREGUI, J. M. The effect of paprika, garlic and salt on rancidity in dry sausages. **Meat Science**, v. 54, n. 1, p. 77–81, 2000.

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

ALMEIDA, A. L. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, n. 457, p. 50-55, 2015.

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.

ÁLVAREZ, D.; CASTILLO, M.; PAYNE, F. A., GARRIDO, M. D.; BAÑÓN, S.; XIONG, Y. L. Prediction of meat emulsion stability using reflection photometry. **Journal of Food Engineering**, v. 82, n. 3, p. 310–315, 2007.

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

American Oil Chemists' Society (AOCS). **Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society**, 4th edn., edited by D. Firestone, American Oil Chemists' Society, Champaign, Método Cd 8-53, 2003.

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.

Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA) – **Relatório Anual 2016**. Disponível em: http://abpa.br.com.br/storage/files/versao_final_para_envio_digital_1925a_final_abpa_relatorio_anual_2016_portugues_web1.pdf> Acesso em 7 de Maio, 2016.

Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). **Official Methods of Analysis**. 18 ed. Horwits, W. (Ed.). Washington, DC, Revisão 2, 2007.

BAGNARA, F. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, n. 457, p. 50-55, 2015.

BARRETTO, A. C. S. **Efeito da adição de fibras como substitutos de gordura em mortadela.** 2007. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Unicamp, Campinas, 2007.

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 Technology**, v. 35, n. 1, p. 100-107, 2015.

BARRETTO, A. C. S.; POLLONIO, M. A. R. Aplicação de fibras como substituto de gordura em mortadela e influência sobre as propriedades sensoriais. **Higiene Alimentar**, v. 23, n. 171/175, p. 181-188, 2009.

BARTOLOMEU, D. A. F. S. **Desenvolvimento e avaliação da aceitação de embutido defumado “tipo mortadela” elaborado com CMS de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e fibra de trigo.** 2011. 121 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

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

BODNER, J. M.; SIEG, J. Fiber Ingredients in meat products. Edited by Tarté, R. Madison, Wisconsin (USA): **Springer Science**, 2009, p. 83-109.

BOECKNER, L. S., SCHNEPF, M. I.; TUNGLAND, B. C. Inulin: A review of nutritional and health implications. **Advanced in Food and Nutrition Research**, v. 43, p. 1–63, 2001.

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.

BOURNE, M. C. Food Texture and Viscosity: concept and measurement. **Food Science and Technology**, 2. ed. International Series, San Diego: Academic Press, 2002, 427 p.

BOURSCHEID, C. **Avaliação da Influência da Fécula de Mandioca e Proteína Texturizada de Soja nas Características Físico – Químicas e Sensoriais de Hambúrguer de Carne Bovina**. 2009. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Pinhalzinho, 2009.

BRASIL . 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://www.aguaseguas.com.br/images/stories/pdflegislacaonovas/008.pdf> > Acesso em 21 mar. 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 4 de 31 de março de 2000**. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Salsicha. Diário Oficial, Brasília, 05 abr. 2000. Disponível em:<http://www.engetecno.com.br/port/legislacao/carnes_salsicha.htm> Acesso em: 23 mar. 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 62, de 26 agosto de 2003**: Métodos analíticos oficiais para análises microbiológicas para controle de produtos de origem animal e água. Disponível em: <http://www.a3q.com.br/dmdocuments/Instru_Normativa_62.pdf> Acesso em 27 mar. 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.

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

CAVANI, C., PETRACCI, M., TROCINO, A., XICCATO, G. Advances in research on poultry and rabbit meat quality. **Italian Journal of Animal Science**, v. 8, n. 2, p. 741-750, 2009.

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, J. S.; CHOI, J. H.; HAN, D. J.; KIM, H. Y.; LEE, M. A.; JEONG, J. Y.; CHUNG, H. J.; KIM, C. J. Effects of replacing pork back fat with vegetable oils and rice bran fiber on the quality of reduced-fat frankfurters. **Meat Science**, v. 84, n. 3, p. 557–563, 2010.

CHOI, Y. S.; KIM, H. W.; HWANG, K. E.; SONG, D. H.; CHOI, J. H.; LEE, M. A.; CHUNG, H. J.; CHEON, J. K. Physicochemical properties and sensory characteristics of reduced-fat frankfurters with pork back fat replaced by dietary fiber extracted from *makgeolli* lees. **Meat Science**, v. 96, n. 2, p. 892-900, 2014.

CICLODEXTRINS. Disponível em:
<http://www.wacker.com/cms/en/products/product_groups/cyclodextrine_2.jsp>
Acesso em 10 abr. 2016.

CYRINO, N. A.; BARRETTO, A. C. S. O que a Vitacel pode fazer aos seus embutidos? **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, n. 352, v. 1, p. 110-111, 2006.

DEGENHART, J. Carne Mecanicamente Separada (CMS). In: OLIVO, R. (Org.) **O mundo do frango: cadeia Produtiva da carne de frango**. Criciúma, SC: Ed. do autor., 2006. p. 387 – 403.

DESMOND, E. M.; TROU, D. J.; BUCKLEY, D. J. The effect of tapioca starch, oat fibre and whey protein on the physical and sensory properties of low fat beef burgers. **LWT – Food Science and Technology**, v. 31, n. 7- 8, p. 653-657, 1998.

FARIA, M. O.; CIPRIANO, T. M.; CRUZ, A. G.; SANTOS, B. A.; POLLONIO, M. A. R.; CAMPAGNOL, P. C. B. Properties of bologna-types sausages with pork back-fat replaced with pork skin and amorphous cellulose. **Meat Science**, v. 104, p. 44-51, 2015.

FERNANDEZ-GINÉS, J. M.; FERNANDEZ-LOPEZ, J.; SAYAS-BARBERA, E.; PEREZ-ALVAREZ, J. A. Meat products as functional food: A review. **Journal of Food Science**, v. 70, n. 2, p. R37-R43, 2005.

FERREIRA, V. F.; ROCHA, D. R.; SILVA, F. C. Potencialidades e oportunidades na química da sacarose e outros açúcares. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 623-638, 2009.

FOEGEDING, E. A.; Clark, J. B.; Xiong, Y. L. Gelation of myofibrillar proteins. In N. Parris, R. Barford (Eds.), **Interactions of food proteins**. Washington, DC : American Chemical Society, 1991, p. 257–267.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. **Dossiê: Fibras Alimentares**. n.3, 2008. Disponível em:<<http://www.revista-fi.com/materias/63.pdf>> Acesso em 2 abr. 2015.

FORREST, J.C.; ABERLE, E.D.; HEDRICK, H.B.; JUDGE, M. D.; MERKEL, R. A. **Fundamentos de ciência de la carne**. Zaragoza: Acribia, 1979, 364 p.

FRANÇA, F. C. O.; MENDES, A. C. R.; ANDRADE, I. S.; RIBEIRO, G. S.; PINHEIRO, I. Mudanças dos hábitos alimentares provocados pela industrialização e o impacto sobre a saúde do brasileiro. In: **Anais do 1º Seminário Alimentação e Cultura na Bahia**. Salvador: Universidade do Estado da Bahia; 2013. p. 1-7.

FRANCK, A. Technological functionality of inulin and oligofructose. **The British Journal of Nutrition**, v. 87, n. 2, p. 287-291, 2002

GARCÍA, M. L.; DOMINGUEZ, R.; GALVEZ, M. D.; CASAS, C.; SELGAS, M. D. Utilization of cereal and fruit fibres in low fat dry fermented sausages. **Meat Science**, v.60, n. 3, p. 227-236, 2002.

GRIGELMO-MIGUEL, N.; ABADÍAS-SERÓS, M. I.; MARTÍN-BELOSÓ, O. Characterization of low-fat high-dietary fiber frankfurters. **Meat Science**, v. 52, n. 3, p. 247-256, 1999.

HARTEMINK, R.; VAN LAERE, K.M.J.; ROMBOUTS, F. M. Growth of enterobacteria on fructo-oligosaccharides. **Journal of Applied Microbiology**, Wageningnen, v. 83, n. 3, p. 367-374, 1997.

HAUTRIVE, T. P.; MARQUES, A. C., KUBOTA, E. H. Avaliação da composição centesimal, colesterol e perfil de ácidos graxos de cortes cárneos comerciais de

avestruz, suíno, bovino e frango. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 23, n. 2, p. 327-334, 2012.

HORITA, C. N.; MORGANO, M. A.; CELEGHINI, R. M. S., POLLONIO, M. A. R. Physico-chemical and sensory properties of reduced fat mortadella prepared with blends of calcium, magnesium and potassium chloride as partial substitutes for sodium chloride. **Meat Science**, v. 89, n. 4, p. 426-433, 2011.

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

HUGHES, E., COFRADES, S., e TROY, D. J. Effects of fat level, oat fibre and carrageenan on frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat. **Meat Science**, v. 45, n. 3, p. 273–281, 1997.

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.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (INCA). OMS classifica carnes processadas como cancerígenas, 2015. Disponível em: <http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/agencianoticias/site/home/noticias/2015/oms_classifica_carnes_processadas_como_cancerigenas> Acesso em 05 Jun 2016.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**, ed.4, Brasília, 2005.

ITO, T. A desconstrução de um vilão. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, n. 457, ano 38, p. 50-55, 2015.

JAROSZ, P. A; FLETCHER, E.; ELSERAFY, E.; ARTISS, J. D.; CATHERINE JEN, K. L. The Effect of α -Cyclodextrin on postprandial lipid and glycemic responses to a fat-containing meal. **Metabolism**, v. 62, n.10, p.1443-1447, 2013.

JIANG, J.; XIANG, Y. L. Natural antioxidants as food and feed additives to promote health benefits and quality of meat products: A review. **Meat Science**, Article in Press, 2016.

JIMENEZ-COLMENERO, F., AYO, M. J.; CARBALLO, J. Physicochemical properties of low sodium frankfurter with added walnut: effect of transglutaminase combined with caseinate, KCl and dietary fibre as salt replacers. **Meat Science**, v. 69, n. 4, p. 781–788, 2005.

KIM, H. W. ; HWANG, K. E.; SONG, D. H. ; LEE, S. Y.; CHOI, M. S.; LIM, Y. B.; CHOI, J. H.; CHOI, Y. S.; KIM, H. Y.; KIM; C. J. Effects of dietary fiber extracts from brewer's spent grain on quality characteristics of chicken patties cooked in convective oven. **Journal of Korean Society for Food Science of Animal Resources**, v. 33, n. 1, p. 45–52, 2013.

KINGSTON, E. R.; MONAHAN, F.J.; BUCKLEY, D. J.; LYNCH, P. B. Lipid oxidation in cooked pork as affected by vitamin E, cooking and storage conditions. **Journal of Food Science**, v. 63, n. 3, p- 386-389, 1998.

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. 521-525, 2014.

LEMOS, A. L. S. O. A desconstrução de um vilão. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, n. 457, ano 38, p.50-55, 2015.

LÓPEZ-VÁRGAS, J.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A.; VIUDAMARTOS, 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. 1, p. 270-276, 2014.

LOTTENBERG, A. M. P. Importância da gordura alimentar na prevenção e no controle de distúrbios metabólicos e da doença cardiovascular. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, p. 53-55, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/abem/v53n5/12.pdf>>. Acesso em 7 nov. 2015.

MANSO, J.; MENA, M. L.; YÁÑEZ-SEDEÑO, P.; PINGARRÓN, J. M. Bioenzyme amperometric biosensor using gold nanoparticle-modified electrodes for the

determination of inulin in foods. **Analytical Biochemistry**, v. 375, n. 2, p. 345–353, 2008.

MANSOUR, E. H.; KHALIL, A. H. Characteristics of low fat beefburgers as influenced by various types of wheat fibers. **Food Research International**, v. 30, n. 3-4, p.199–205, 1999.

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

MONTEIRO, C. S.; CARPES, S. T.; KALLUF, V. H.; DYMINSKI, D. S.; CÂNDIDO, L. M. B. Evolução dos substitutos de gordura utilizados na tecnologia de alimentos. **Boletim Ceppa**, Curitiba, v. 24, n. 2, p. 347- 362, 2006.

NASSU, R. T.; GONÇALVES, L. A. G.; BESERRA, F. J. Efeito do teor de gordura nas características químicas e sensoriais de embutido fermentado de carne de caprinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 1169-1173, 2002.

OLIVO, R. **O mundo do frango: cadeia produtiva da carne de frango**. Criciúma, SC: Ed. do autor., 2006, 680 p.

PAK, N. Inulina e fructooligosacáridos: propiedades nutricionales y funcionales. In: LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. **Carboidratos em alimentos regionales iberoamericanos**. São Paulo: Edusp, 2006. cap.14. p. 335-356.

PARK, J. W. Functional protein additives in surimi gels. **Journal of Food Science**, v. 59, n. 3, p. 525–527, 1994.

PARK, K. S.; CHOI, Y.S.; KIM, H. Y.; KIM, H. W.; SONG, D.H.; HWANG, K. E.; CHOI, S.G.; KIM, C.J. Quality Characteristics of Chicken Emulsion Sausages with different levels of *makgeolli* lees fiber. **Korean Journal for Food Science of Animal Resources**, v. 32, n. 1, p. 54-61, 2012.

PASSOS, L.M.L.; PARK, Y.K. Fructooligosacáridos: Implicações na saúde humana e utilização em alimentos. **Ciência Rural**, v. 33, n. 2, p. 385-390, 2003.

PATRÓN, J. Dossiê Emulsificantes. Novos métodos de emulsificação e texturização: As ciclodextrinas trazem novas soluções para a indústria de alimentos. **Food**

Ingredients Brasil, n. 25, p. 50-68, 2013. Disponível em:< <http://www.revista-fi.com/materias/324.pdf>> Acesso em: 20 maio 2016.

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

PRICE, J. F.; SCHWEIGERT, B. S. **Ciencia de la carne y de los productos carnicos**. Zaragoza: Acribia, 1994. 581 p.

RUST, R. E. Productos embutidos. In: PRICE, J. F.; SCHWEIGERT, B. S. (Org.) **Ciencia de la carne y de los productos carnicos**. Zaragoza: Acribia, 1994. p. 415-437.

ROCHA, Y. J. P. **Aplicação de fibra de ervilha em produtos cárneos**. 2014. 103 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos) - Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2014.

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

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.

SEIBEL, N. F.; BELÉIA, A. D. P. Características químicas e funcionalidade tecnológica de ingredientes de soja [Glycine Max (L.) Merrill]: carboidratos e proteínas". **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 12, n. 2, p. 113-122, 2009.

SHIMOKOMAKI, M.; OLIVO, R. Emulsões cárneas. In: SHIMOKOMAKI, M.; OLIVO, R.; TERRA, N. N.; FRANCO, B. D. G. M. **Atualidades em Ciência e Tecnologia de Carnes**. São Paulo: Editora Varela, 2006. cap.12, p. 95-113.

SOUZA, M. A. A.; VISENTAINER, J. V.; CARVALHO, R. H.; GARCIA, F.; IDA, E. I.; SHIMOKOMAKI, M. Lipid and Protein Oxidation in Charqui Meat and Jerked Beef. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 56, n. 1, p. 107-112, 2013.

STTENBLOCK, R. L.; SEBRANEK, J. G.; OLSON, D. G.; LOVE, J. A. The effects of oat fiber on the properties of light bologna and fat-free frankfurters. **Journal of Food Science**, v. 99, n. 9, p. 1409-1415, 2001.

Tabela Brasileira de Composição dos Alimentos (TACO)/ Núcleo de Estudos e Pesquisa em Alimentação - NEPA, UNICAMP- 4.ed, 2011. Disponível em:<https://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf?aquivo=taco_4_versao_ampliada_e_revisada.pdf> Acesso em: 15 set. 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. 7, p. 1005-1011, 2015.

TARDIDO, A. P; FALCÃO, M. C. O impacto da modernização na transição nutricional e obesidade. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, v. 21, n. 2, p. 117-24, 2006.

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

TOLONI, M. H. de A.; LONGO-SILVA, G.; KONSTANTYNER, T.; TADDEI, J. A. de A. C. Consumption of industrialized food by infants attending child day care centers. **Revista Paulista de Pediatria**, v.32, n.1, 2014.

TOMASCHUNAS, M.; ZORB, R.; FISCHER, J.; KOHN, E.; HINRICHS, J.; BUSCH-STOCKFISCH, M. Changes in sensory properties and consumer acceptance of reduced fat pork Lyon-style and liver sausages containing inulin and citrus fiber as fat replacer. **Meat Science**, v. 95, n. 3, p. 629-640, 2013.

TORRE, J. C. M. D. **Efeitos do uso de carne bovina pre "Rigor Mortis" e fosfato nas características físicas, químicas e sensoriais de embutidos tipo emulsão.** Campinas, 1991. (Dissertação de mestrado. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas), Campinas, 1991.

TOTOSAUS, A.; PÉREZ-CHABELA, M. L. Textural properties and microstructure of low-fat and sodium-reduced meat batters formulated with gellan gum and dicationic salts. **FWT – Food Science and Technology**, v. 42, n. 2, p. 563-569, 2009.

TRINDADE, M. A.; FELÍCIO, P. E.; CASTILHO, C. J. C. Mechanically separated meat of broilers breeder and white layer spent hens. **Scientia Agricola**, v. 61. n. 2, p. 234-239, 2004.

VERMA, A. K.; BANERJEE, R. Dietary fibre as functional ingredient in meat products: a novel approach for healthy living – a review. **Journal Food Science and Technology**, v. 47, n. 3, p. 247-257, 2010.

VYNCHÉ, W. Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. **Fette Seifen Anstrichmittel**, Leinfelden, v. 72, n. 12, p. 1084-1087, 1970.

WHO - World Health Organization. **Health and the millennium development goals**. Paris: WHO Press; 2005.

WU, W. H.; RULE, D. C.; BUSBOOM, J. R.; FIELD, R. A.; RAY, B. Starter culture and time/temperature of storage influences on quality of fermented mutton sausage. **Journal of Food Science**, v. 56, n. 4, p. 916-919, 1991.

YANG, A.; KEETON, J. T.; BEILKEN, S. L.; TROUT, G. R. Evaluation of some binders and fat substitutes in low-fat Frankfurters. **Journal of Food Science**, v. 66, n. 7, p. 1039 – 1046, 2001.

YANG, H. S.; CHOI, S. G.; JEON, J. T.; PARK, G. B.; JOO, S. T. Textural and sensory properties of low fat pork sausages with added hydrated oatmeal and tofu as texture-modifying agents. **Meat Science**, v. 75, n. 2, p. 283–289, 2007.

YUN, J. W. Fructooligosaccharides - Occurrence, preparation and applications. **Enzymes and Microbial Technology**, v. 19, n. 2, p. 107-117, 1996.

ZIPP, H. Moléculas com talentos especiais: Ciclodextrinas trazem novas soluções para a indústria alimentícia. **Revista Aditivos e Ingredientes**. n. 90, p. 40-44, 2012.
Disponível em:

<http://www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/404.pdf> Acesso em: 26 maio 2016.

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

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

Fibra alimentar*	Umidade (%)	Fibra (%)	pH
Inulina (ORAFTI- Beneo GR®) ¹	1 - 5	90 - 100	5 – 7
Frutooligossacarídeo (NutraFlora P95®) ²	Max. 5	Min. 95	5 – 7
Fibra de aveia (VITACEL Oat Fiber®) ³	Max. 8	Min. 96	5,5 - 7,5
Fibra de trigo (Creafiber WC-200®) ⁴	Max. 7	95,7	6 - 8
Alfa-ciclodextrina (Cavamax W6) ⁵	Máx. 10	98	6 - 7

*Fonte. ¹Clariant, ²Ingredion®; ³J.Rettenmaier Latinoamericana Ltda, ⁴Nutrassim, ⁵Vogler, respectivamente.

ANEXO II- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE

(Conselho Nacional de Saúde, Resolução 466/2012)

Você está sendo convidado a participar como voluntário do projeto de pesquisa “Influência da adição de fibras alimentares em salsicha de frango com redução de gordura sobre as propriedades tecnológicas e sensoriais” sob responsabilidade da pesquisadora Jenifer Mayara Monari Henck. O estudo será realizado através de análise sensorial de produtos cárneos desenvolvidos para avaliação da aceitabilidade pelos mesmos. Os riscos físicos à sua saúde são mínimos, embora os produtos tenham sido elaborados seguindo as Boas Práticas de Fabricação. Serão excluídos indivíduos com patologias relacionadas à ingestão de alimentos, como diabéticos, hipertensos, com intolerância à lactose e ao glúten, e assim por diante. Você poderá consultar a pesquisadora responsável em qualquer época, pessoalmente ou pelo telefone da instituição, para esclarecimento de qualquer dúvida. Você está livre para, a qualquer momento, deixar de participar da pesquisa. Todas as informações por você fornecidas e os resultados obtidos serão mantidos em sigilo e, estes últimos só serão utilizados para divulgação em reuniões e revistas científicas. Você será informado de todos os resultados obtidos, independentemente do fato destes poderem mudar seu consentimento em participar da pesquisa. Você não terá quaisquer benefícios ou direitos financeiros sobre os eventuais resultados decorrentes da pesquisa. No caso de eventual problema de saúde (efeito adverso) decorrente de sua participação no teste sensorial, você será encaminhado à Seção Técnica de Saúde (UNAMOS), situado à Rua Cristóvão Colombo, 2265- Jardim Nazareth- São José do Rio Preto/SP- Telefones (17) 3221.2415-3221.2416- 3221.2485.

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

Nome: _____ R.G. _____ Endereço: _____
Fone: _____ Email: _____ São José do Rio Preto, _____ de _____ de 2015.

Usuário ou responsável legal

Pesquisador(a) responsável

OBS.: Termo apresenta duas vias, uma destinada ao usuário ou seu representante e a outra ao pesquisador

Nome: Jenifer Mayara Monari Henck	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. Tabela de análise dos efeitos do delineamento fatorial 2²

Tabela 23. Análise dos efeitos para a estabilidade da emulsão do delineamento.

	Efeitos	Erro Puro	t (3)	p-valor	C.L (-95%)	C.L (+95%)
Média	99,57023	0,194565	511,7579	0,000000	98,95103	100,1894
ACD (L)	3,09202	0,275569	11,2205	0,001518	2,21504	3,9690
ACD (Q)	-2,12591	0,308922	-6,8817	0,006285	-3,10904	-1,1428
FT (L)	1,72699	0,275569	6,2670	0,008201	0,85000	2,6040
FT (Q)	-0,10891	0,308922	-0,3526	0,747738	-1,09204	0,8742
ACD x FT	-3,81500	0,389134	-9,8038	0,002256	-5,05340	-2,5766

Tabela 24. Análise dos efeitos para o rendimento do delineamento.

	Efeitos	Erro Puro	t (3)	p-valor	C.L (-95%)	C.L (+95%)
Média	92,71620	0,219600	422,2050	0,000000	92,01733	93,41506
ACD (L)	0,55545	0,311027	1,7859	0,172101	-0,43437	1,54528
ACD (Q)	-0,42997	0,348672	-1,2332	0,305331	-1,53960	0,67966
FT (L)	0,55766	0,311027	1,7930	0,170881	-0,43217	1,54749
FT (Q)	0,00261	0,348672	0,0075	0,994507	-1,10702	1,11223
ACD x FT	-0,42500	0,439204	-0,9677	0,404592	-1,82274	0,97274

Tabela 25. Análise dos efeitos para a oxidação lipídica (0 dia) do delineamento.

	Efeitos	Erro Puro	t (3)	p-valor	C.L (-95%)	C.L (+95%)
Média	0,034281	0,005750	5,96191	0,009440	0,015982	0,052580
ACD (L)	-0,029087	0,008144	-3,57159	0,037510	-0,055004	-0,003169
ACD (Q)	0,088092	0,009130	9,64911	0,002363	0,059038	0,117146
FT (L)	0,007638	0,008144	0,93785	0,417507	-0,018280	0,033555
FT (Q)	0,003589	0,009130	0,39312	0,720501	-0,025465	0,032643
ACD x FT	0,035000	0,011500	3,04348	0,055714	-0,001598	0,071598

Tabela 26. Análise dos efeitos para a oxidação lipídica (30 dias) do delineamento.

	Efeitos	Erro Puro	t (3)	p-valor	C.L (-95%)	C.L (+95%)
Média	0,040418	0,006252	6,46527	0,007508	0,020523	0,060314
ACD (L)	-0,069306	0,008854	-7,82734	0,004342	-0,097485	-0,041128
ACD (Q)	0,022435	0,009926	2,26018	0,108907	-0,009154	0,054024
FT (L)	-0,003049	0,008854	-0,34436	0,753303	-0,031228	0,025129
FT (Q)	0,025453	0,009926	2,56423	0,082908	-0,006136	0,057042
ACD x FT	0,035000	0,012503	2,79925	0,067895	-0,004791	0,074791

Tabela 27. Análise dos efeitos para a oxidação lipídica (60 dias) do delineamento.

	Efeitos	Erro Puro	t (3)	p-valor	C.L (-95%)	C.L (+95%)
Média	0,117126	0,017726	6,60743	0,007058	0,060713	0,173539
ACD (L)	-0,050149	0,025106	-1,99746	0,139669	-0,130049	0,029751
ACD (Q)	0,059117	0,028145	2,10042	0,126514	-0,030454	0,148687
FT (L)	0,033191	0,025106	1,32202	0,277924	-0,046709	0,113091
FT (Q)	-0,027901	0,028145	-0,99132	0,394605	-0,117471	0,061669
ACD x FT	0,077000	0,035453	2,17189	0,118246	-0,035827	0,189827

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

	Efeitos	Erro puro	t(3)	p-valor	C.L (-95%)	C.L (+95%)
Média	35,64084	1,026720	34,71330	0,000053	32,37336	38,90832
ACD (L)	19,57218	1,454179	13,45926	0,000887	14,94433	24,20002
ACD (Q)	0,55096	1,630183	0,33798	0,757650	-4,63701	5,73893
FT (L)	11,44630	1,454179	7,87132	0,004272	6,81846	16,07415
FT (Q)	-1,52137	1,630183	-0,93325	0,419534	-6,70934	3,66660
ACD x FT	5,18500	2,053458	2,52501	0,085799	-1,35002	11,72002

Tabela 29. Análise dos efeitos para a elasticidade do delineamento.

	Efeitos	Erro puro	t(3)	p-valor	C.L (-95%)	C.L (+95%)
Média	0,777508	0,008539	91,05321	0,000003	0,750333	0,804683
ACD (L)	-0,002507	0,012094	-0,20733	0,849029	-0,040996	0,035982
ACD (Q)	0,021302	0,013558	1,57115	0,214182	-0,021846	0,064449
FT (L)	-0,019608	0,012094	-1,62131	0,203400	-0,058097	0,018881
FT (Q)	0,021302	0,013558	1,57115	0,214182	-0,021846	0,064449
ACD x FT	0,015000	0,017078	0,87831	0,444438	-0,039351	0,069351

Tabela 30. Análise dos efeitos para a coesividade do delineamento.

	Efeitos	Erro puro	t(3)	p-valor	C.L (-95%)	C.L (+95%)
Média	0,640008	0,007071	90,51154	0,000003	0,617504	0,662511
ACD (L)	-0,039217	0,010015	-3,91583	0,029607	-0,071089	-0,007345
ACD (Q)	-0,001288	0,011227	-0,11469	0,915936	-0,037017	0,034442
FT (L)	-0,032722	0,010015	-3,26736	0,046870	-0,064594	-0,000850
FT (Q)	0,013802	0,011227	1,22937	0,306562	-0,021927	0,049532
ACD x FT	-0,010000	0,014142	-0,70711	0,530478	-0,055007	0,035007

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

	Efeitos	Erro puro	t(3)	p-valor	C.L (-95%)	C.L (+95%)
Média	17,69721	0,546673	32,37259	0,000065	15,95745	19,43697
ACD (L)	8,99709	0,774271	11,62008	0,001369	6,53301	11,46117
ACD (Q)	0,61985	0,867984	0,71412	0,526700	-2,14247	3,38216
FT (L)	4,46075	0,774271	5,76122	0,010393	1,99667	6,92482
FT (Q)	-0,26542	0,867984	-0,30579	0,779755	-3,02773	2,49689
ACD x FT	2,02500	1,093355	1,85210	0,161089	-1,45454	5,50454

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

	Efeitos	Erro puro	t(3)	p-valor	C.L (-95%)	C.L (+95%)
Média	72,81547	0,129517	562,2070	0,000000	72,40329	73,22765
ACD (L)	5,85437	0,183440	31,9144	0,000068	5,27058	6,43815
ACD (Q)	-3,50579	0,205642	-17,0480	0,000440	-4,16023	-2,85134
FT (L)	0,68073	0,183440	3,7109	0,034020	0,09694	1,26451
FT (Q)	-1,22220	0,205642	-5,9433	0,009524	-1,87664	-0,56775
ACD x FT	0,45500	0,259037	1,7565	0,177258	-0,36937	1,27937

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

	Efeitos	Erro puro	t(3)	p-valor	C.L (-95%)	C.L (+95%)
Média	6,39245	0,102092	62,6148	0,000009	6,06755	6,71735
ACD (L)	-1,60643	0,144596	-11,1098	0,001563	-2,06660	-1,14626
ACD (Q)	0,93106	0,162097	5,7438	0,010481	0,41519	1,44692
FT (L)	-0,24327	0,144596	-1,6824	0,191074	-0,70344	0,21690
FT (Q)	0,44819	0,162097	2,7649	0,069864	-0,06768	0,96405
ACD x FT	-0,60000	0,204185	-2,9385	0,060583	-1,24981	0,04981

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

	Efeitos	Erro puro	t(3)	p-valor	C.L (-95%)	C.L (+95%)
Média	14,67059	0,090403	162,2792	0,000001	14,38289	14,95830
ACD (L)	-1,02066	0,128041	-7,9713	0,004119	-1,42815	-0,61318
ACD (Q)	0,74955	0,143539	5,2219	0,013659	0,29274	1,20635
FT (L)	-0,06392	0,128041	-0,4992	0,651965	-0,47140	0,34357
FT (Q)	0,27673	0,143539	1,9279	0,149470	-0,18007	0,73354
ACD x FT	0,15500	0,180808	0,8573	0,454325	-0,42041	0,73041

Tabela 35. Análise dos efeitos para o *whiteness* do delineamento.

	Efeitos	Erro puro	t(3)	p-valor	C.L (-95%)	C.L (+95%)
Média	68,43368	0,119608	572,1513	0,000000	68,05304	68,81433
ACD (L)	5,91372	0,169404	34,9089	0,000052	5,37460	6,45284
ACD (Q)	-3,57840	0,189908	-18,8428	0,000326	-4,18277	-2,97402
FT (L)	0,64923	0,169404	3,8324	0,031309	0,11011	1,18835
FT (Q)	-1,23948	0,189908	-6,5267	0,007309	-1,84385	-0,63511
ACD x FT	0,40500	0,239217	1,6930	0,189027	-0,35630	1,16630

Tabela 36. Análise dos efeitos para o atributo sensorial cor do delineamento.

	Efeitos	Erro puro	t(3)	p-valor	C.L (-90%)	C.L (+90%)
Média	5,810159	0,026140	222,2673	0,000000	5,748641	5,871677
ACD (L)	-0,418445	0,037024	-11,3021	0,001486	-0,505575	-0,331315
ACD (Q)	0,264673	0,041505	6,3769	0,007807	0,166997	0,362348
FT (L)	0,142524	0,037024	3,8495	0,030950	0,055394	0,229654
FT (Q)	0,013176	0,041505	0,3175	0,771701	-0,084499	0,110852
ACD x FT	-0,445000	0,052281	-8,5116	0,003406	-0,568037	-0,321963

Tabela 37. Análise dos efeitos para o atributo sensorial aroma do delineamento.

	Efeitos	Erro puro	t(3)	p-valor	C.L (-90%)	C.L (+90%)
Média	7,025081	0,083316	84,31858	0,000004	6,829008	7,221153
ACD (L)	-0,014919	0,118003	-0,12643	0,907388	-0,292624	0,262785
ACD (Q)	0,016477	0,132286	0,12456	0,908750	-0,294839	0,327793
FT (L)	0,166370	0,118003	1,40988	0,253366	-0,111335	0,444074
FT (Q)	-0,184720	0,132286	-1,39637	0,256985	-0,496036	0,126596
ACD x FT	-0,295000	0,166633	-1,77035	0,174804	-0,687149	0,097149

Tabela 38. Análise dos efeitos para o atributo sensorial textura do delineamento.

	Efeitos	Erro puro	t(3)	p-valor	C.L (-90%)	C.L (+90%)
Média	7,122249	0,073866	96,42151	0,000002	6,94842	7,296082
ACD (L)	0,420902	0,104619	4,02320	0,027587	0,17470	0,667108
ACD (Q)	-0,402536	0,117281	-3,43223	0,041470	-0,67854	-0,126531
FT (L)	0,410722	0,104619	3,92590	0,029410	0,16452	0,656928
FT (Q)	-0,090680	0,117281	-0,77319	0,495746	-0,36668	0,185325
ACD x FT	-0,905000	0,147733	-6,12592	0,008746	-1,25267	-0,557331

Tabela 39. Análise dos efeitos para o atributo sensorial sabor do delineamento.

	Efeitos	Erro puro	t(3)	p-valor	C.L (-90%)	C.L (+90%)
Média	7,040065	0,102874	68,43358	0,000007	6,79796	7,282166
ACD (L)	-0,090118	0,145705	-0,61850	0,580032	-0,43301	0,252778
ACD (Q)	-0,111597	0,163340	-0,68322	0,543504	-0,49599	0,272801
FT (L)	0,152679	0,145705	1,04787	0,371679	-0,19022	0,495575
FT (Q)	-0,166926	0,163340	-1,02196	0,382023	-0,55132	0,217472
ACD x FT	-0,780000	0,205751	-3,79100	0,032201	-1,26421	-0,295794

Tabela 40. Análise dos efeitos para o atributo sensorial aceitação global do delineamento.

	Efeitos	Erro puro	t(3)	p-valor	C.L (-90%)	C.L (+90%)
Média	6,932489	0,099613	69,59426	0,000007	6,69806	7,166915
ACD (L)	0,124345	0,141085	0,88135	0,443028	-0,20768	0,456370
ACD (Q)	-0,196880	0,158161	-1,24480	0,301586	-0,56909	0,175331
FT (L)	0,220882	0,141085	1,56559	0,215416	-0,11114	0,552907
FT (Q)	-0,156640	0,158161	-0,99038	0,394998	-0,52885	0,215571
ACD x FT	-0,745000	0,199228	-3,73944	0,033357	-1,21386	-0,276145

Anexo IV – Tabelas de análise de variância do delineamento fatorial 2²

Tabela 41. Análise de variância para a estabilidade da emulsão do delineamento.

Fonte de variação	SQ	GL	QM	F _{Calc.}	*F _{Tab.}
Regressão	46,89936	5	9,379872	7,45	4,39
Resíduo	7,55487	6	1,259145		
Falta de ajuste	7,10060	3	2,36687		
Erro puro	0,45427	3	0,15142		
Total	54,45423	11			

R² = 86,12 *F_{Tab.} (5; 6; 0,05)

Tabela 42. Análise de variância para o rendimento do delineamento.

Fonte de variação	SQ	GL	QM	F _{cal.}	*F _{tab.}
Regressão	1,721901	5	0,3443802	0,52	4,39
Resíduo	3,943791	6	0,6572985		
Falta de ajuste	3,365091	3	1,121697		
Erro puro	0,578700	3	0,192900		
Total	5,665692	11			

R² = 30,39 *F_{Tab.} (5; 6; 0,05)

Tabela 43. Análise de variância para a oxidação lipídica (0 dia) do delineamento.

Fonte de variação	SQ	GL	QM	F _{cal.}	*F _{tab.}
Regressão	0,015654	5	0,0031	8,15	4,39
Resíduo	0,002308	6	0,00038		
Falta de ajuste	0,001911	3	0,000637		
Erro puro	0,000397	3	0,000132		
Total	0,017962	11			

R² = 87,15 *F_{Tab.} (5; 6; 0,05)

Tabela 44. Análise de variância para a oxidação lipídica (30 dias) do delineamento.

Fonte de variação	SQ	GL	QM	F _{cal.}	*F _{tab.}
Regressão	0,012351	5	0,0024	2,40	4,39
Resíduo	0,006086	6	0,0010		
Falta de ajuste	0,005617	3	0,001872		
Erro puro	0,000469	3	0,000156		
Total	0,018437	11			

$R^2 = 66,98$ *F_{Tab.} (5; 6; 0,05)

Tabela 45. Análise de variância para a oxidação lipídica (60 dias) do delineamento.

Fonte de variação	SQ	GL	QM	F _{cal.}	*F _{tab.}
Regressão	0,021268	5	0,0042	2,10	4,39
Resíduo	0,012331	6	0,0020		
Falta de ajuste	0,008560	3	0,005929		
Erro puro	0,003771	3	0,002853		
Total	0,033599	11			

$R^2 = 63,30$ *F_{Tab.} (5; 6; 0,05)

Tabela 46. Análise de variância para a dureza do delineamento.

Fonte de variação	SQ	GL	QM	F _{calc.}	*F _{tab.}
Regressão	1056,869	5	211,37	25,84	4,39
Resíduo	49,089	6	8,18		
Falta de ajuste	36,439	3	12,1464		
Erro puro	12,65	3	4,2167		
Total	1105,958	11			

$R^2 = 95,56$ *F_{tab.} (5; 6; 0,05)

Tabela 47. Análise de variância para a elasticidade do delineamento.

Fonte de variação	SQ	GL	QM	F _{calc.}	*F _{tab.}
Regressão	0,002207	5	0,0004414	2,76	4,39
Resíduo	0,00096	6	0,00016		
Falta de ajuste	0,000085	3	0,000028		
Erro puro	0,000875	3	0,000292		
Total	0,003167	11			

$R^2 = 69,69$ *F_{tab.} (5; 6; 0,05)

Tabela 48. Análise de variância para a coesividade do delineamento.

Fonte de variação	SQ	GL	QM	F _{calc.}	*F _{tab.}
Regressão	0,005631	5	0,0011262	7,85	4,39
Resíduo	0,000861	6	0,0001435		
Falta de ajuste	0,000261	3	0,000087		
Erro puro	0,000600	3	0,000200		
Total	0,006492	11			

$R^2 = 86,74$ *F_{tab.} (5; 6; 0,05)

Tabela 49. Análise de variância para a mastigabilidade do delineamento.

Fonte de variação	SQ	GL	QM	F _{calc.}	*F _{tab.}
Regressão	206,05	5	41,21	19,24	4,39
Resíduo	12,8513	6	2,1419		
Falta de ajuste	9,2650	3	3,0916		
Erro puro	3,5863	3	1,1954		
Total	218,9013	11			

$R^2 = 94,13$ *F_{tab.} (5; 6; 0,05)

Tabela 50. Análise de variância para o valor L* do delineamento.

Fonte de variação	SQ	GL	QM	F _{calc}	*F _{tab}
Regressão	89,44164	5	17,8883	233,83	4,39
Resíduo	0,45925	6	0,0765		
Falta de ajuste	0,25795	3	0,08598		
Erro puro	0,20130	3	0,08598		
Total	89,90089	11			

$R^2 = 99,49$ *F_{Tab.} (5; 6; 0,05)

Tabela 51. Análise de variância para o valor a* do delineamento.

Fonte de variação	SQ	GL	QM	F _{calc}	*F _{tab}
Regressão	7,114998	5	1,4229	60,81	4,39
Resíduo	0,140694	6	0,0234		
Falta de ajuste	0,015619	3	0,005206		
Erro puro	0,125075	3	0,041692		
Total	7,255692	11			

$R^2 = 98,06$ *F_{Tab.} (5; 6; 0,05)

Tabela 52. Análise de variância para o valor b* do delineamento.

Fonte de variação	SQ	GL	QM	F _{calc}	*F _{tab}
Regressão	3,028383	5	0,6057	3,28	4,39
Resíduo	1,106784	6	0,1845		
Falta de ajuste	1,008709	3	0,336236		
Erro puro	0,098075	3	0,032692		
Total	4,135167	11			

$R^2 = 73,24$ *F_{Tab.} (5; 6; 0,05)

Tabela 53. Análise de variância para o *whiteness* do delineamento.

Fonte de variação	SQ	GL	QM	F _{calc}	*F _{tab}
Regressão	91,52929	5	18,3059	205,22	4,39
Resíduo	0,53894	6	0,0892		
Falta de ajuste	0,36727	3	0,12242		
Erro puro	0,17167	3	0,05722		
Total	92,06823	11			

R² = 99,41 *F_{Tab.} (5; 6; 0,05)

Tabela 54. Análise de variância para o atributo sensorial de cor do delineamento

Fonte de variação	SQ	GL	QM	F _{Calc.}	*F _{Tab.}
Regressão	0,701343	5	0,1403	35,97	3,11
Resíduo	0,023482	6	0,0039		
Falta de ajuste	0,015282	3	0,005094		
Erro puro	0,008200	3	0,002733		
Total	0,724825	11			

R² = 96,76 *F_{Tab.} (5; 6; 0,1)

Tabela 55. Análise de variância para o atributo sensorial aroma do delineamento.

Fonte de variação	SQ	GL	QM	F _{Calc.}	*F _{Tab.}
Regressão	0,201421	5	0,0403	2,34	3,11
Resíduo	0,103071	6	0,0172		
Falta de ajuste	0,019771	3	0,006590		
Erro puro	0,083300	3	0,027767		
Total	0,304492	11			

R² = 66,15 *F_{Tab.} (5; 6; 0,1)

Tabela 56. Análise de variância para o atributo sensorial textura do delineamento.

Fonte de variação	SQ	GL	QM	F _{Calc.}	*F _{Tab.}
Regressão	1,766435	5	0,3533	14,54	3,11
Resíduo	0,145532	6	0,0243		
Falta de ajuste	0,080057	3	0,027054		
Erro puro	0,065475	3	0,021825		
Total	1,911967	11			

$R^2 = 92,36$ *F_{Tab.} (5; 6; 0,1)

Tabela 57. Análise de variância para o atributo sensorial sabor do delineamento.

Fonte de variação	SQ	GL	QM	F _{Calc.}	*F _{Tab.}
Regressão	0,725513	5	0,1451	4,87	3,11
Resíduo	0,178712	6	0,0298		
Falta de ajuste	0,051712	3	0,017237		
Erro puro	0,127000	3	0,042333		
Total	0,904225	11			

$R^2 = 80,24$ *F_{Tab.} (5; 6; 0,1)

Tabela 58. Análise de variância para o atributo sensorial aceitação global do delineamento.

Fonte de variação	SQ	GL	QM	F _{Calc.}	*F _{Tab.}
Regressão	0,767569	5	0,1535	4,97	3,11
Resíduo	0,185131	6	0,0309		
Falta de ajuste	0,066056	3	0,022263		
Erro puro	0,119075	3	0,039692		
Total	0,952700	11			

$R^2 = 80,57$ *F_{Tab.} (5; 6; 0,1)