

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo
desta tese será
disponibilizado somente
a partir de 16/05/2020.



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

Talita Maira Goss Milani

**Adição pré-extrusão de tiamina como precursor de odor e sabor
de carne em proteína texturizada de soja: do desenvolvimento à
aplicação**

São José do Rio Preto

2018

Talita Maira Goss Milani

**Adição pré-extrusão de tiamina como precursor de odor e sabor de carne
em proteína texturizada de soja: do desenvolvimento à aplicação**

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

Financiadora: FAPESP – Processo: 2013/24590-1
Apoio: CAPES

Orientadora: Profa. Dra. Ana Carolina Conti e Silva

São José do Rio Preto
2018

Milani, Talita Maira Goss.

Adição pré-extrusão de tiamina como precursor de odor e sabor de carne em proteína texturizada de soja : do desenvolvimento à aplicação / Talita Maira Goss Milani. -- São José do Rio Preto, 2018
174 f. : il., tabs.

Orientador: Ana Carolina Conti e Silva

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

1. Tecnologia de alimentos. 2. Proteínas de soja texturizada.
3. Hambúrgueres. 4. Tiamina. 5. Processo de extrusão. 6. Compostos orgânicos voláteis. 7. Alimentos - Avaliação sensorial. I. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. II. Título.

CDU – 664

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

Talita Maira Goss Milani

**Adição pré-extrusão de tiamina como precursor de odor e sabor de carne
em proteína texturizada de soja: do desenvolvimento à aplicação**

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

Financiadora: FAPESP – Processo: 2013/24590-1
Apoio: CAPES

Comissão Examinadora

Profa. Dra. Ana Carolina Conti e Silva
UNESP – São José do Rio Preto/SP
Orientadora

Profa. Dra. Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici
UNICAMP – Campinas/SP

Profa. Dra. Marta de Toledo Benassi
UEL – Londrina/PR

Profa. Dra. Célia Maria Landi Franco
UNESP – São José do Rio Preto/SP

Prof. Dr. Maurício Boscolo
UNESP – São José do Rio Preto/SP

São José do Rio Preto
16 de maio de 2018

DEDICATÓRIA

Ao Paulo e ao Murilo, com todo meu amor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela graça de chegar até aqui e poder realizar um sonho.

Ao meu marido, Paulo, e ao meu filho, Murilo, pela força e pelo amor que me fortaleceu e me encorajou diante das dificuldades, do começo ao fim desta jornada.

À minha mãe, Vera, e ao Luiz que são base da minha vida, sempre me apoiam e foram importantes nos cuidados do Murilo.

Ao meu pai, Niro, e à Marli que, apesar da distância, torcem pela minha felicidade.

À vó Cida, vô Zé e tia Cida que me educaram com muito amor para a vida.

Aos meus queridos irmãos: Caio, Tainara e Tales.

À minha segunda família, Paulo, Iraci e Tiago, que me apoiam com muito amor e estão sempre muito presentes.

À minha família de fé, que amo muito: Bruna, Alencar, Serena e Glória.

Às minhas grandes amigas de caminhada, que sorrimos e choramos juntas, e me presentearam com suas palavras e companhias acolhedoras: Dani Mercês, Kátia e Karina.

À minha orientadora, Ana Carolina, por todos os ensinamentos, pelo carinho e respeito que sempre teve por mim e pelo meu trabalho e por me ajudar a me tornar uma pessoa e profissional muito melhor.

Aos amigos Michele e João, pela companhia de tantos anos, no trabalho e na vida.

À Natália, amiga preciosa, altruísta e cheia de vida, que tornou meus dias mais leves.

À querida Suzane, pela parceria incondicional, que rendeu uma linda amizade.

Aos queridos amigos de laboratório, Denise, Julaisa, Lara, Larissa, Leonardo, Liara, Patrícia, Raquel, Tatiane e Vânia, pelo companheirismo e por tudo o que compartilhamos e vivemos: alegrias, tristezas, conhecimentos, ansiedades, viagens, frustrações, festas, trabalhos, risadas, cansaços e conquistas.

À técnica Alana, pelo suporte, aprendizado e amizade.

À Amanda Paiva, pelas boas ideias e apoio absoluto em tantos anos de parceria.

Aos professores da Comissão Examinadora da minha defesa de Tese, pelas valiosas contribuições para a melhoria do trabalho final.

Aos amigos do Grupo de Casais de Lins: Bia, Zé, Michele, Caputo, Maira e Willian.

À querida amiga Letícia, por acolher-me com carinho em sua casa.

À Daniela e ao Prof. Maurício pelo auxílio no trabalho de Cromatografia.

Aos doadores dos materiais insumos do projeto: Marsul Proteínas Ltda., ADM *Foods & Wellness*, Corantec Corantes Naturais Ltda., Doremus Alimentos Ltda., Denver Especialidades Químicas Ltda e Newdrop Química Ltda.

Ao IBILCE e professores do Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos (DETA), pela oportunidade de aprendizado e de realização deste trabalho.

À FAPESP (Processo n° 2013/24590-1 – bolsa de doutorado) e CAPES, pelo apoio financeiro.

“A gratidão é um fruto fecundo da espiritualidade. Ela nos permite olhar a vida sem mágoas, rancores. Tudo foi como pôde ser.”

Pe. Fábio de Melo

RESUMO

A proteína texturizada de soja (PTS) é obtida pelo processo de extrusão termoplástica e devido às suas características de textura, semelhantes às das fibras musculares da carne, é comumente utilizada como substituta de proteína animal. A aromatização da PTS pode ser uma forma de tornar o produto mais atrativo sensorialmente, e uma alternativa é a utilização de precursores de aroma como método de aromatização pré-extrusão, para evitar um aumento no teor lipídico do produto final. Por isso, o objetivo deste trabalho foi desenvolver uma PTS, com odor e sabor de carne por meio da adição pré-extrusão de tiamina (precursor de aroma), e aplicá-la na elaboração de dois produtos: PTS moída e temperada (análogo de carne) e hambúrguer de soja. A proteína concentrada de soja (PCS) foi adicionada de 1,5% de tiamina e extrusada em diferentes condições, utilizando a Metodologia de Superfície de Reposta. Aplicou-se um primeiro delineamento experimental com três variáveis independentes (umidades da PCS, temperatura de extrusão e velocidade de rotação da rosca), a partir do qual foi utilizada a técnica de desejabilidade para aplicar um segundo delineamento experimental com duas variáveis independentes (umidades da PCS e velocidade de rotação da rosca). Assim, a umidade da PCS influenciou negativamente a razão de expansão, força de corte do extrusado reidratado e solubilidade da proteína em água. Por outro lado, influenciou positivamente a densidade, ideal da intensidade do odor de carne e o teor dos compostos voláteis hexanal, 2-pentilfurano, 2-pentiltiofeno e 1-butil-2-octenal. A maior intensidade do odor de carne foi percebida quando a umidade esteve em torno do ponto central, garantindo ainda uma boa avaliação para o ideal da intensidade do odor de carne. O croma da cor foi influenciado positivamente pela velocidade de rotação da rosca, enquanto a cromaticidade vermelha, a tonalidade cromática e a estabilidade da emulsão tiveram efeito da umidade da PCS e da velocidade de rotação da rosca. Os extrusados adicionados de tiamina, com umidade da PCS de 34% e velocidade de rotação da rosca de 216 ou 242 rpm destacaram-se pela aceitação do odor de carne, por possuírem altos teores de compostos voláteis com notas odoríferas de carne. Dois extrusados do delineamento (PCS com 28,4 e 34% de umidade) e um sem adição de tiamina foram utilizados na elaboração de análogo de carne e hambúrguer de soja, sendo que os produtos foram analisados quanto a suas propriedades físicas, aceitação sensorial e perfil descritivo utilizando o método *Rate-All-That-Apply* (RATA). O análogo de carne 28,4% U/com tiamina apresentou menor capacidade de absorção de água e maior força de compressão, porém os resultados são adequados para este produto. A aceitação global

descreveu a amostra 34,0% U/com tiamina, devido aos atributos cor branca, odor de carne, gosto salgado, sabor de carne, sabor de miojo, sabor residual de queimado e cheiroso, enquanto que a aceitação do odor deveu-se ao odor de carne. A amostra 28,4% U/com tiamina destacou-se pela baixa aceitação da textura, devido a sua textura borrachenta, esfarelenta/arenosa e úmida. O hambúrguer de soja 28,4% U/com tiamina apresentou menor encolhimento, porém todos os resultados foram muito menores se comparado a produtos elaborados com carne. A aceitação do odor e sabor e a aceitação global foram maiores nos hambúrgueres com tiamina. A intensidade dos atributos odor de frango e cheiroso foi maior para os hambúrgueres com tiamina, enquanto que a intensidade do odor de soja/vegetal foi maior para o hambúrguer sem tiamina. O hambúrguer 34,0% U/com tiamina destacou-se pelo sabor de frango, cor branca e da textura macia. Já o hambúrguer 28,4% U/com tiamina foi descrito pela aceitação do odor, textura, sabor e aceitação global, devido ao odor de carne e de frango, por ser cheiroso e gostoso, além da baixa intensidade do odor de soja/vegetal, sabor de soja e de miojo. Desta maneira, o uso de tiamina como precursor de odor e sabor de carne na proteína texturizada de soja possibilita a obtenção de extrusados com propriedades físicas e funcionais adequadas, e maior intensidade do odor de carne e aceitação sensorial do odor de carne. Além disso, quando aplicada em produtos à base de soja, a presença da PTS com tiamina caracteriza os produtos pela maior aceitação do odor e sabor de carne.

Palavras-chave: Extrusão termoplástica. Compostos voláteis. Precursor de aroma. Hambúrguer de soja. Análogo de carne. RATA.

ABSTRACT

Textured soy protein (TSP) is obtained through the thermoplastic extrusion process and, due to its texture characteristics, similar to those of muscle meat fibers, it is commonly used as a substitute for animal protein. TSP flavoring may render the product sensorially more attractive; using flavor precursors as a pre-extrusion flavoring method is a good choice in order to avoid an increase in the lipid content of the final product. Therefore, the objective of this study was to develop a meat flavored TSP through the pre-extrusion addition of thiamine (aroma precursor) and to apply it in the elaboration of two products: seasoned ground TPS (meat analogue) and soy burger. Concentrated soy protein (CSP) was added with 1.5% thiamine and extruded under different conditions, using the Response Surface Methodology. A first experimental design was applied with three independent variables (CPS moisture, extrusion temperature and screw speed), from which the desirability technique was used to apply a second experimental design with two independent variables (CPS moisture and screw speed). The CSP moisture influenced negatively expansion ratio, cutting force of the rehydrated extrudate and solubility of the protein in water. On the other hand, it positively influenced for density, ideal meat odor intensity and amount of volatile compounds hexanal, 2-pentylfuran, 2-pentylthiophene and 1-butyl-2-octenal. The strongest meat odor was noticed when CSP moisture was close to central point, still assuring a good score to the ideal meat odor intensity. Chroma was positively influenced by the screw speed, while the red chromaticity, the chromatic hue and the emulsion stability had an effect on the CSP moisture and the screw speed. Extrudates added of thiamine, with 34% CSP moisture and 216 or 242 rpm of screw speed stood out for their meat odor, as they had high amounts of volatile compounds with meaty notes. Two extrudates of the design (CSP with 28.4 and 34% moisture) and one without thiamine were used in the elaboration of the meat analogue and the soy burger, and the products were analyzed for their physical properties, sensory acceptance and descriptive profile, using the Rate-All-That-Apply (RATA) method. Meat analogue 28.4% U/with thiamine showed lower water absorption capacity and higher compressive force, which are adequate results for this product. Global acceptance described the sample 34.0% U/with thiamine, due to its attributes of white color, meat odor, salty taste, meat flavor, instant noodles flavor, residual flavor of burnt, and good aroma; on the other hand, the odor acceptance was due to its meat odor. Sample 28.4% U/with thiamine was characterized by a low texture acceptance, due to its dry, gritty/sandy and moist texture. The soy burger 28.4%

U/with thiamine had lower cooked shrinkage, but all the results were much lower when compared to products made with meat. Odor and flavor acceptance as well as overall acceptance were higher for burgers with thiamine. The intensity of the chicken odor and the odorous attributes were higher for burgers with thiamine, while the intensity of the soy/vegetable odor was higher for thiamine-free burger. Burger 34.0% U/with thiamine stood out for its chicken taste, white color and soft texture. Burger 28.4% U/with thiamine had good acceptance by its odor, texture, flavor and had an overall acceptance due its meat and chicken odors, being described as delicious and having good aroma, as well as a low intensity of soy/vegetable odor , soy and instant noodles flavor. Thus, the use of thiamine as a precursor of meat odor and taste in textured soy protein enables us to obtain extrudates with adequate physical and functional properties, and a more intense meat odor and higher sensorial acceptance of the meat odor. In addition, when applied to soy-based products, the presence of TSP with thiamine grants the products with a greater acceptance for its meat odor and taste.

Keywords: *Thermoplastic extrusion. Volatile compounds. Aroma precursor. Soy burger. Meat analogue. RATA.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 1

Figura 1: Degradação térmica da tiamina sob condições básicas.....	34
--	----

CAPÍTULO 2

Figura 1: Extrusora de rosca única (INBRAMAQ – RXPQ Labor 24).....	44
Figura 2: Perfis para valores previstos e desejabilidade não otimizados.	48
Figura 3: Perfis para valores previstos e desejabilidade otimizados.	49
Figura 4: Ficha de avaliação sensorial dos extrusados.	57
Figura 5: Amostra de extrusado em copo plástico codificado.....	58
Figura 6: Fotos das secções transversais e longitudinais dos extrusados de proteína concentrada de soja do primeiro delineamento experimental.	66
Figura 7: Razão de expansão em função da temperatura de extrusão com a umidade da proteína concentrada de soja (A) e em função da velocidade da rosca com a umidade da proteína concentrada de soja (B) (primeiro delineamento experimental).	68
Figura 8: Tonalidade cromática (h) em função da temperatura de extrusão com a umidade da proteína concentrada de soja (A) e em função da velocidade da rosca com a umidade da proteína concentrada de soja (B) (primeiro delineamento experimental).	69
Figura 9: Intensidade do odor de carne dos extrusados em função da umidade da PCS (primeiro delineamento experimental).	72
Figura 10: Tempo de residência dos extrusados em função da umidade da PCS (segundo delineamento experimental).	75
Figura 11: Fotos das secções transversais e longitudinais dos extrusados de proteína concentrada de soja do segundo delineamento experimental.	77
Figura 12: Razão de expansão dos extrusados em função da umidade da PCS (segundo delineamento experimental).	81
Figura 13: Densidade dos extrusados em função da umidade da PCS (segundo delineamento experimental).....	82
Figura 14: Força de corte dos extrusados hidratados em função da velocidade de rotação da rosca (segundo delineamento experimental).	83
Figura 15: Valores de C* e b* dos extrusados em função da velocidade de rotação da rosca e valores de a* e tonalidade cromática (h) dos extrusados em função da umidade e da velocidade de rotação da rosca (segundo delineamento experimental).....	83

Figura 16: Taxa de reidratação dos extrusados (segundo delineamento experimental).	86
Figura 17: Fotos das secções transversais e longitudinais dos extrusados de proteína concentrada de soja, antes (A) e após (B) o teste de reidratação, e suas classificações (segundo delineamento experimental).	87
Figura 18: Solubilidade proteica dos extrusados em função da umidade da PCS (segundo delineamento experimental).	89
Figura 19: Estabilidade da emulsão dos extrusados em função da umidade da PCS e da velocidade de rotação da rosca (segundo delineamento experimental).	90
Figura 20: Intensidade do odor de carne dos extrusados em função da umidade da PCS (segundo delineamento experimental).	93
Figura 21: Ideal da intensidade do odor de carne dos extrusados em função da umidade da PCS (segundo delineamento experimental).	94
Figura 22: Cromatogramas dos extrusados sem tiamina e com tiamina*.	95
Figura 23: Teor dos compostos voláteis em função da umidade da PCS (segundo delineamento experimental).	99
Figura 24: Análise de componentes principais entre a aceitação sensorial, a intensidade de odor de carne e o teor de compostos voláteis dos extrusados (A – Projeção das variáveis, B – Projeção das amostras).	101

CAPÍTULO 3

Figura 1: Ilustração das medidas perpendiculares para obtenção da média do diâmetro (d) do hambúrguer de soja.	120
Figura 2: Exemplo da tela do questionário de recrutamento apresentada aos consumidores, utilizando o programa FIZZ <i>Sensory Analysis Software</i> versão 2.50.	122
Figura 3: Perguntas do questionário de caracterização dos consumidores inseridas no programa FIZZ <i>Sensory Analysis Software</i> versão 2.50.	122
Figura 4: Exemplo da tela apresentada aos consumidores para avaliação da aceitação sensorial usando o programa FIZZ <i>Sensory Analysis Software</i> versão 2.50.	123
Figura 5: Questionário de caracterização de consumidores para o grupo de foco.	126
Figura 6: Análise de componentes principais entre os atributos da análise descritiva e a aceitação sensorial dos análogos de carne (A – Projeção das variáveis, B – Projeção das amostras).	133
Figura 7: Análise de componentes principais entre os atributos da análise descritiva e a aceitação sensorial das amostras de hambúrguer de soja.	141

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1: Primeiro delineamento composto central rotacional.	45
Tabela 2: Especificações das variáveis dependentes para cálculo da função desejável.	47
Tabela 3: Segundo delineamento composto central rotacional.	51
Tabela 4: Média \pm desvio padrão para a razão de expansão, densidade e força de corte dos extrusados do primeiro delineamento experimental e do extrusado sem adição de tiamina (n = 10).	63
Tabela 5: Média \pm desvio padrão para os parâmetros de cor dos extrusados do primeiro delineamento experimental e do extrusado sem adição de tiamina (n = 12).	63
Tabela 6: Modelos quadráticos para as características físicas dos extrusados do primeiro delineamento experimental.	67
Tabela 7: Média \pm desvio padrão para os parâmetros sensoriais dos extrusados do primeiro delineamento experimental e do extrusado sem adição de tiamina (n = 57).	71
Tabela 8: Média \pm desvio padrão para tempo de residência (n = 3) e amperagem (n = 14) do processo de extrusão do segundo delineamento experimental e do extrusado sem adição de tiamina.	74
Tabela 9: Média \pm desvio padrão para razão de expansão, densidade e força de corte (n = 10) dos extrusados do segundo delineamento experimental e do extrusado sem adição de tiamina.	78
Tabela 10: Média \pm desvio padrão para os parâmetros de cor dos extrusados do segundo delineamento experimental e do extrusado sem adição de tiamina (n = 12).	79
Tabela 11: Modelos lineares e quadráticos para as características físicas dos extrusados do segundo delineamento experimental.	80
Tabela 12: Média \pm desvio padrão para as propriedades funcionais dos extrusados do segundo delineamento experimental e do extrusado sem adição de tiamina (*n = 3, **n = 2).	85
Tabela 13: Modelos linear e quadrático para as características funcionais dos extrusados do segundo delineamento experimental.	88
Tabela 14: Média \pm desvio padrão para os parâmetros sensoriais dos extrusados do segundo delineamento experimental e do extrusado sem adição de tiamina (n = 86).	92
Tabela 15: Modelos quadrático e linear para as características sensoriais dos extrusados do segundo delineamento experimental.	92

Tabela 16: Compostos voláteis identificados nos extrusados do segundo delineamento experimental por CG-EM.	96
Tabela 17: Média \pm desvio padrão para o teor de compostos voláteis, expressa em área relativa, dos extrusados do segundo delineamento experimental e do extrusado sem adição de tiamina (n = 3).	98
Tabela 18: Modelos lineares para os teores de compostos voláteis dos extrusados do segundo delineamento experimental.	99

CAPÍTULO 3

Tabela 1: Condições de extrusão da proteína concentrada de soja para obtenção da PTS.	114
Tabela 2: Padronização granulométrica (%) da proteína texturizada de soja por peneira e fundo.	116
Tabela 3: Formulação básica do preparo do análogo de carne.	117
Tabela 4: Formulação básica da produção do hambúrguer de soja.	118
Tabela 5: Média \pm desvio padrão para a capacidade de absorção de água (n = 6) e força de compressão (n = 20) das amostras de análogo de carne.	129
Tabela 6: Média \pm desvio padrão (n = 132) para aceitação sensorial das amostras de análogo de carne.	130
Tabela 7: Média \pm desvio padrão para os atributos das amostras de análogo de carne (n = 66).	131
Tabela 8: Média \pm desvio padrão (n = 20) para o rendimento, encolhimento e textura dos hambúrgueres de soja.	136
Tabela 9: Média \pm desvio padrão (n = 140) para aceitação sensorial dos hambúrgueres de soja.	137
Tabela 10: Média \pm desvio padrão para os atributos dos hambúrgueres de soja (n = 70).	139

APÊNDICE 1

Tabela A1: Razão de expansão (RE) (média \pm desvio padrão, n = 5) e teste de reidratação dos extrusados de farinha desengordurada de soja, obtidos no primeiro grupo de testes.	156
Tabela A2: Razão de expansão (RE) (média \pm desvio padrão, n = 5) e teste de reidratação dos extrusados de farinha desengordurada de soja, obtidos no segundo grupo de testes.	157
Tabela A3: Razão de expansão (RE) (média \pm desvio padrão, n = 5) e teste de reidratação dos extrusados de farinha desengordurada de soja, obtidos no terceiro grupo de testes.	158

Tabela A4: Razão de expansão (RE) (média ± desvio padrão, n = 5) e teste de reidratação dos extrusados de proteína concentrada de soja, obtidos no primeiro grupo de testes.	159
Tabela A5: Razão de expansão (RE) (média ± desvio padrão, n = 5) e teste de reidratação dos extrusados de proteína concentrada de soja, obtidos no segundo grupo de testes.....	161
Tabela A6: Razão de expansão (RE) (média ± desvio padrão, n = 5) dos extrusados de proteína concentrada de soja, obtidos no terceiro grupo de testes.....	162
Tabela A7: Teste de reidratação/intensidade do odor de carne/característica predominante no sabor dos extrusados de proteína concentrada de soja, obtidos no terceiro grupo de testes. .	162
Tabela A8: Característica do sabor dos extrusados de proteína concentrada de soja, obtidos no quarto grupo de testes.	163

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	19
OBJETIVOS	21
Objetivo geral.....	21
Objetivos específicos.....	21
ORGANIZAÇÃO DOS CAPÍTULOS.....	22
CAPÍTULO 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA GERAL.....	23
1. EXTRUSÃO TERMOPLÁSTICA.....	24
2. EXTRUSÃO DE MATERIAIS PROTEICOS.....	26
3. SOJA.....	27
4. PROTEÍNA TEXTURIZADA DE SOJA.....	30
5. PRECURSORES DE AROMA DE CARNE.....	32
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35
REFERÊNCIAS.....	35
CAPÍTULO 2 – DESENVOLVIMENTO DE PROTEÍNA TEXTURIZADA DE SOJA COM ODORE E SABOR DE CARNE POR MEIO DA ADIÇÃO PRÉ-EXTRUSÃO DE TIAMINA	40
1. INTRODUÇÃO	41
2. MATERIAL E MÉTODOS	42
2.1. Material.....	42
2.2. Ajuste da umidade da proteína concentrada de soja.....	43
2.3. Primeiro delineamento experimental.....	44
2.4. Técnica de desejabilidade.....	46
2.5. Segundo delineamento experimental	50
2.6. Avaliação das características de processo dos extrusados	52
2.7. Avaliação das propriedades físicas dos extrusados	52
2.7.1. Razão de expansão.....	52
2.7.2. Densidade.....	52
2.7.3. Força de corte.....	53
2.7.4. Cor	53
2.8. Avaliação das propriedades funcionais dos extrusados	54

2.8.1.	Capacidade de absorção de água	54
2.8.2.	Velocidade de reidratação.....	54
2.8.3.	Teste de reidratação e índice de desintegração dos extrusados	55
2.8.4.	Solubilidade da proteína em água	55
2.8.5.	Estabilidade da emulsão.....	56
2.9.	Avaliação das características sensoriais dos extrusados	57
2.10.	Análise dos compostos voláteis nos extrusados	59
2.11.	Análise estatística dos dados	61
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62
3.1.	Primeiro delineamento experimental.....	62
3.1.1.	Propriedades físicas dos extrusados.....	62
3.1.2.	Características sensoriais dos extrusados	69
3.2.	Segundo delineamento experimental	73
3.2.1	Características do processo de extrusão.....	73
3.2.2	Propriedades físicas dos extrusados.....	75
3.2.3	Propriedades funcionais dos extrusados	84
3.2.4	Características sensoriais dos extrusados	90
3.2.5	Teor de compostos voláteis nos extrusados	94
4.	CONCLUSÕES.....	102
	REFERÊNCIAS	103

CAPÍTULO 3 - ELABORAÇÃO DE PRODUTOS À BASE DE PROTEÍNA TEXTURIZADA DE SOJA COM ODOR E SABOR DE CARNE.....109

1.	INTRODUÇÃO	110
2.	MATERIAL E MÉTODOS	111
2.1.	Material.....	111
2.2.	Denominação dos produtos elaborados	112
2.3.	Escolha dos tratamentos para a produção de proteína texturizada de soja.....	112
2.4.	Ajuste da umidade da proteína concentrada de soja.....	113
2.5.	Produção da proteína texturizada de soja.....	114
2.6.	Preparação e padronização granulométrica da proteína texturizada de soja granulada.....	115
2.7.	Preparação do análogo de carne.....	116
2.8.	Produção do hambúrguer de soja	117
2.9.	Avaliação da capacidade de absorção de água do análogo de carne	118

2.10.	Avaliação do rendimento e encolhimento do hambúrguer de soja	119
2.11.	Análise de textura do análogo de carne e do hambúrguer de soja.....	120
2.12.	Avaliação sensorial do análogo de carne e do hambúrguer de soja.....	121
2.12.1.	Caracterização dos consumidores.....	121
2.12.2.	Análise de aceitação sensorial	123
2.12.3.	Análise descritiva <i>Rate-All-That-Apply</i> (RATA)	124
2.13.	Análise estatística dos dados	128
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	129
3.1.	Análogo de carne.....	129
3.2.	Hambúrguer de soja	135
4.	CONCLUSÕES.....	142
	REFERÊNCIAS.....	143

	CONCLUSÃO GERAL	146
--	------------------------------	------------

	APÊNDICE 1: Estudo para definição da matéria-prima, parâmetros de extrusão e precursor de odor e sabor de carne para início do trabalho.	148
--	--	------------

	APÊNDICE 2: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	166
--	--	------------

	APÊNDICE 3: Exemplo de ficha de análise descritiva <i>Rate-All-That-Apply</i> (RATA) de ANÁLOGO DE CARNE.....	167
--	--	------------

	APÊNDICE 4: Exemplo de ficha de análise descritiva <i>Rate-All-That-Apply</i> (RATA) de hambúrguer de soja.....	168
--	--	------------

	APÊNDICE 5: Valores de p do teste t de <i>Student</i> entre as repetições do processo de extrusão.....	169
--	---	------------

	APÊNDICE 6: Frequências de atributos aplicáveis por amostra.....	170
--	---	------------

	ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa	172
--	---	------------

INTRODUÇÃO GERAL

A extrusão termoplástica é uma tecnologia versátil para obtenção de diversos produtos alimentícios. A proteína texturizada de soja é um dos produtos que pode ser produzido por essa tecnologia, em que alta temperatura, pressão e força de cisalhamento são aplicadas ao material proteico, para obter um produto de característica fibrosa semelhante à carne. Desta forma, ela tem uma ampla possibilidade de aplicação após hidratada, como substituta de carne ou como extensor (ingrediente) na formulação de diversos produtos cárneos, e também na fabricação de produtos como barras proteicas, cereais matinais, sopas e recheios de tortas, massas e salgadinhos. Além disso, o consumo de produtos à base de soja está diretamente relacionado a benefícios na saúde, como por exemplo, a proteção contra doenças cardiovasculares e a redução de risco de certos tipos de câncer.

Porém, alguns componentes presentes na soja, como as lipoxigenases e isoflavonas, tornam o produto com características de odor e sabor considerados desagradáveis pelos consumidores (*off-flavors*). Se por um lado já existe alguns cultivares de soja que não apresentam a lipoxigenase, por outro a eliminação das isoflavonas não é uma boa alternativa, já que elas também têm um papel importante na manutenção da saúde do consumidor. Por isso, a aromatização do produto é uma opção para tornar o produto mais atraente sensorialmente para um maior número de consumidores.

O procedimento convencional de aromatização nas indústrias produtoras de extrusados é a aplicação do aroma após a extrusão, usando uma base lipídica como veículo. No caso de proteínas vegetais texturizadas, tem se conhecimento de apenas uma empresa brasileira que produz “proteínas saborizadas”, sendo que essa aromatização/saborização é feita pós-extrusão, podendo chegar a um acréscimo de cinco vezes no teor de lipídios no produto final, se comparado a uma proteína texturizada de soja não aromatizada. Por isso, para manter o produto atraente do ponto de vista nutricional, a aromatização pré-extrusão por meio da adição de precursores de aroma é mais adequada, visto a não necessidade de incorporação de lipídeos no produto final.

A tiamina, uma vitamina essencial para o bom funcionamento das células nervosas e do cérebro, quando submetida a altas temperaturas sofre degradação térmica podendo liberar compostos voláteis responsáveis pelo odor e sabor característicos de carne, e por isso pode ser um bom precursor de aroma de carne durante o processo de extrusão termoplástica. A aplicação dessa proteína texturizada de soja aromatizada em produtos mais populares à base

de soja, como o análogo de carne moída (proteína texturizada de soja em grânulos e temperada) e o hambúrguer de soja (produto isento de carne e à base de soja, tipo hambúrguer), atenderia não só a consumidores veganos e vegetarianos, mas também àqueles que consomem carne e buscam nos produtos à base de soja uma alternativa saudável para alimentação.

Desta maneira, o desenvolvimento de uma proteína texturizada de soja com odor e sabor de carne por meio da adição pré-extrusão de tiamina é uma inovação de extrema relevância para o mercado de proteínas vegetais texturizadas.

tiamina, porém tinham menores intensidades de cor caramelo e odor de soja. Por meio da ACP, os hambúrgueres com tiamina destacaram-se pela aceitação do odor, textura, sabor e aceitação global, devido às altas intensidades de odor de carne e odor de frango (28,4% U/com tiamina) ou altas intensidades do sabor de frango e textura macia (34,0% U/com tiamina). Desta forma, a utilização de proteína texturizada de soja adicionada de tiamina demonstrou ser uma alternativa interessante na obtenção de produtos à base de soja com odor e sabor de carne.

REFERÊNCIAS

ACEVEDO-FANI, A.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Nanostructured emulsions and nanolaminates for delivery of active ingredients: Improving food safety and functionality. **Trends in Food Science and Technology**, v. 60, p. 12-22, 2017.

AOAC. **Official methods of analysis of AOAC International: método oficial 925.10**. 16. ed., v. 2. Gaithersburg: 1997.

ARES, G. et al. Evaluation of a rating-based variant of check-all-that-apply questions: Rate-all-that-apply (RATA). **Food Quality and Preference**, v. 36, p. 87–95, 2014.

ASGAR, M. A. et al. Nonmeat protein alternatives as meat extenders and meat analogs. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 9, n. 5, p. 513–529, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 20 de 31 de julho de 2000, Anexo IV. **Regulamento técnico de identidade e qualidade de hambúrguer**. Brasília, 2000.

BRASIL. Secretaria de Estado de Saúde. Centro de Vigilância Sanitária. Portaria CVS 5, de 9 de abril de 2013, Capítulo III, Seção IV. **Regulamento técnico de boas práticas para estabelecimentos comerciais de alimentos e para serviços de alimentação**. Preparo dos alimentos. São Paulo, 2013.

CARVALHO, G. R. DE et al. Textured soy protein, collagen and maltodextrin as extenders to improve the physicochemical and sensory properties of beef burger. **Food Science and Technology**, v. 37, n. suppl 1, p. 10–16, 2017.

ELZERMAN, J. E.; BOEKEL, M. A. J. S. VAN; LUNING, P. A. Exploring meat substitutes: consumer experiences and contextual factors. **British Food Journal**, v. 115, n. 5, p. 700–710, 2013.

KATAYAMA, M.; WILSON, L. A. Utilization of soybeans and their components through the development of textured soy protein foods. **Journal of Food Science**, v. 73, n. 3, p. 158–164, 2008.

LAI, W. T. et al. A review: Modified agricultural by-products for the development and fortification of food products and nutraceuticals. **Trends in Food Science and Technology**, v. 59, p. 148–160, 2017.

LEONEL, M.; MARTINS, J. C.; MISCHAN, M. M. Produção de snacks funcionais à base de farinha de soja e polvilho azedo. **Ciência Rural**, v. 40, n. 6, p. 1418-1423, 2010.

LIN, S.; HUFF, H. E.; HSIEH, F. Extrusion Process Parameters, Sensory Characteristics, and Structural Properties of a High Moisture Soy Protein Meat Analog. **Journal of Food Science**, v. 67, n. 3, p. 1066–1072, 2002.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 3. ed. ed. Boca Raton: CRC Press, 1999.

MEYNEERS, M.; JAEGER, S. R.; ARES, G. On the analysis of Rate-All-That-Apply (RATA) data. **Food Quality and Preference**, v. 49, n. November, p. 1–10, 2016.

MILANI, T. M. G. et al. Pre-extrusion aromatization of a soy protein isolate using volatile compounds and flavor enhancers: Effects on physical characteristics, volatile retention and sensory characteristics of extrudates. **Food Research International**, v. 62, p. 375–381, 2014.

NIELSEN, L. V. et al. Protein from meat or vegetable sources in meals matched for fiber content has similar effects on subjective sensations and energy intake – a randomized acute cross-over meal test study. **Nutrients**, v. 10, n. 1, p. 96-106, 2018.

OMONI, A. O.; ALUKO, R. E. Soybean foods and their benefits: Potential mechanisms of action. **Nutrition Reviews**, v. 63, n. 8, p. 272–283, 2005.

PAN, Z.; PAUL SINGH, R. Physical and Thermal Properties of Ground Beef During Cooking. **LWT - Food Science and Technology**, v. 34, n. 7, p. 437–444, 2001.

PINERO, M. P. et al. Effect of oat's soluble fiber (b-glucan) as a fat replacer on physical, chemical, microbiological and sensory properties of low-fat beef patties. **Meat Science**, v. 80, n. 3, p. 675–680, 2008.

ROOS, K. B. How Lipids Influence Food Flavor. In: **Overview Outstanding Symposia in Food Science & Technology**. Chicago, v. 51, p. 60-61, 1997.

SILVA, R. C. S. N.; MINIM, V. P. R. Métodos descritivos com consumidores. In: MINIM, V. P. R.; SILVA, R. C. S. N. (Eds.). **Análise sensorial descritiva**. Viçosa: UFV, 2016. p. 280.

SINGH, P. et al. Functional and edible uses of soy protein products. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 7, n. 1, p. 14–28, 2008.

TAYLOR, A. J.; LINFORTH, R. S. T. **Food Flavor Technology** (2 ed.). Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 2010. 360p.

THE GOOD CENTS COMPANY. Disponível em:

<<http://www.thegoodscentcompany.com/data/rw1023221.html#toorgano>>. Acesso em: 07 abr. 2018a.

THE GOOD CENTS COMPANY. Disponível em:

<<http://www.thegoodscentcompany.com/data/rw1035411.html>>. Acesso em: 07 abr. 2018b.

VERBEEK, C. J. R.; BERG, L. E. VAN DEN. Extrusion Processing and Properties of Protein-Based Thermoplastics. **Macromolecular Material and Engineering**, n. 295, p. 10–21, 2010.

VIDAL, L. et al. Comparison of rate-all-that-apply (RATA) and check-all-that-apply (CATA) questions across seven consumer studies. *Food Quality and Preference* (2017), <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.12.013>.

VOILLEY, A.; ETIÉVANT, P. **Flavour in food**. Boca Raton: CRC Press LLC, 2006. 451p.

YANG, A. et al. Sensory quality of soymilk and tofu from soybeans lacking lipoxygenases. **Food Science and Nutrition**, v. 4, n. 2, p. 207–215, 2016.

YU, L.; RAMASWAMY, H. S.; BOYE, J. Twin-screw Extrusion of Corn Flour and Soy Protein Isolate (SPI) Blends: A Response Surface Analysis. **Food and Bioprocess Technology**, v. 5, n. 2, p. 485–497, 2012.

CONCLUSÃO GERAL

A umidade da proteína concentrada de soja e a velocidade de rotação da rosca tiveram efeito sobre a maioria das propriedades físicas avaliadas, sobre a solubilidade da proteína e a estabilidade da emulsão, sobre a aceitação do odor de carne e a intensidade do odor de carne dos extrusados, e sobre o teor de compostos voláteis nos extrusados. A grande parte das variáveis sofreu efeito exclusivamente da umidade da PCS.

Algumas propriedades físicas foram diferentes entre os extrusados com e sem tiamina, mas sem prejuízo da qualidade dos mesmos. A presença de tiamina não alterou o resultado das propriedades funcionais, mas promoveu uma maior aceitação do odor de carne e também maior intensidade do odor de carne nos extrusados.

Compostos voláteis sulfurados, com notas odoríferas relacionadas à carne e gordura, foram encontrados em todos os extrusados, inclusive naquele que não foi adicionado de tiamina. Entretanto, a intensidade e a aceitação do odor de carne foram correlacionadas com estes compostos voláteis para os extrusados adicionados de tiamina.

A utilização da proteína texturizada de soja com odor e sabor de carne no preparo do análogo de carne não prejudicou a capacidade de absorção de água e a força de compressão da amostra, porém promoveu uma maior aceitação do odor se comparada à amostra sem tiamina, devido a maior intensidade do atributo odor de carne. Os análogos de carne adicionados de tiamina também foram caracterizados pela aceitação global, sendo que o atributo sabor de carne correlacionou-se com esta aceitação.

A aplicação da proteína texturizada de soja com odor e sabor de carne na formulação de hambúrguer de soja não alterou as propriedades físicas das amostras, porém levou a uma maior aceitação do odor, sabor e aceitação global, se comparada ao hambúrguer sem tiamina. Os hambúrgueres adicionados de tiamina apresentaram maior aceitação do odor, sabor e aceitação global, devido ao odor de carne, odor e sabor de frango, além da baixa intensidade do sabor de soja.

Quando a PTS com odor e sabor de carne for consumida como um análogo de carne, a melhor opção é ajustar a umidade da PCS em 34% (b.s), enquanto que quando ela for aplicada como ingrediente em formulações, a umidade da PCS deve ser de 28,4% (b.s).

Este trabalho mostra que a utilização de tiamina como precursor de aroma resulta em extrusados com odor e sabor de carne, sem fazer uso adicional de óleo para aromatização. Além disso, a utilização da proteína texturizada de soja com odor e sabor de carne para a

obtenção de produtos à base de soja pode trazer melhoras consideráveis na aceitação e caracterização sensorial dos produtos.