

RESSALVA

Atendendo solicitação da autora, o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 25/08/2024.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de São José do Rio Preto

Isadora Giacomini Flôres

**Efeitos das condições de extrusão, da adição de óleo e das matrizes
alimentícias nas características físicas e sensoriais de produtos extrusados
aromatizados via pré-extrusão**

São José do Rio Preto
2023

Isadora Giacomini Flôres

Efeitos das condições de extrusão, da adição de óleo e das matrizes alimentícias nas características físicas e sensoriais de produtos extrusados aromatizados via pré-extrusão

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”, Câmpus de São José do Rio Preto.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Carolina Conti

São José do Rio Preto
2023

F634e

Flôres, Isadora Giacomini

Efeitos das condições de extrusão, da adição de óleo e das matrizes alimentícias nas características físicas e sensoriais de produtos extrusados aromatizados via pré-extrusão / Isadora Giacomini Flôres.
-- São José do Rio Preto, 2023

87 f. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto

Orientadora: Ana Carolina Conti

1. Análise sensorial. 2. Snacks. 3. Proteína de soja. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Isadora Giacomini Flôres

Efeitos das condições de extrusão, da adição de óleo e das matrizes alimentícias nas características físicas e sensoriais de produtos extrusados aromatizados via pré-extrusão

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”, Câmpus de São José do Rio Preto.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Carolina Conti

Comissão Examinadora

Profa. Dra. Ana Carolina Conti
UNESP – Câmpus de São José do Rio Preto
Orientadora

Prof. Dra. Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici
UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

Profa. Dra. Talita Maira Goss Milani
FUNEP – Fundação Educacional de Penápolis

São José do Rio Preto/SP, 25 de agosto de 2023

Dedicatória

À todas as mulheres que ajudaram na minha formação pessoal e profissional, todo o meu amor e admiração por cada uma.

Ao meu pequeno grande amor, Pedro.

Agradecimentos

Ao amor da minha vida, Higo Oliveira, por sempre ter me incentivado, ajudado e acalmado em todos os momentos em que pensei que não conseguiria ou pensava em desistir.

A minha mãe, mulher mais guerreira e batalhadora que existe, nunca mediu esforços para me dar a melhor educação, acreditou e incentivou cada sonho que tive, chorou quando eu chorei, sorriu quando eu sorri. Nosso amor é de outras vidas.

Ao meu pai, homem com coração de menino, alma leve e alegre, me ensinou lições que nenhum livro é capaz de ensinar.

À minha irmã, que é meu maior apoio emocional, é o colo que eu preciso quando tudo está desmoronando. Você me inspira com sua grandeza e personalidade.

À minha segunda mãe, amiga e parceira, Luzinha, sou e serei eternamente grata por todo amor, carinho e cuidado que você tem por mim, sem você eu não seria metade do que sou hoje.

Aos meus tios, por terem me acolhido e terem me criado como filha, e me dado dois irmãos, os quais vou cuidar eternamente, Gama Junior e Guilherme.

Aos meus sogros, que sempre torceram pelo meu sucesso e queriam me ver bem e feliz.

À minha psicóloga, Juliana, que, por muitas vezes, me fez enxergar luz onde parecia que só havia escuridão, calma quando tudo era turbulento.

A todos os meus amigos, que são a minha alegria e descontração, especialmente ao Marcel, sem os seus conselhos e incentivo eu não teria feito a prova do mestrado, você me mostrou a direção certa quando mais me sentia confusa profissionalmente.

À minha orientadora, Ana Carolina, você é a pessoa mais inteligente e competente em que tive a honra de conhecer, e sobretudo, agradeço por sempre ser gentil, amável e compreensiva. Quero um dia ser para meus alunos pelo menos um pouco do que você foi para mim.

A todos os meus colegas de laboratório, pelas risadas e sofrimentos compartilhados, especialmente a Juliana e Fernanda, sem vocês esse trabalho não teria acontecido, a disponibilidade e ajuda em todos os dias de pesquisa foram essenciais, obrigada por tanto.

À técnica Alana pelo auxílio.

À CNPQ e Pró-reitoria da UNESP pelo apoio financeiro.

RESUMO

A extrusão termoplástica combina altas temperaturas com alta pressão e, por meio dessa tecnologia, uma gama de alimentos é produzida, dentre eles, os *snacks* de milho e análogos de carne. A qualidade nutricional desses alimentos, dentre outros fatores, está ligada à sua aromatização, visto que o método mais utilizado pelas indústrias (pós-extrusão) aumenta o valor calórico desses produtos. Uma alternativa para tornar produtos extrusados mais saudáveis é a aromatização pré-extrusão com precursores de aroma, reduzindo a necessidade de utilização de um veículo lipídico. Entretanto, este componente possui grande relevância nas características sensoriais dos produtos. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes condições de extrusão, da adição de óleo e das matrizes alimentícias nas características físicas e sensoriais de *snacks* de milho e análogos de carne aromatizados via pré-extrusão. Cisteína e ácido butírico (0,2 e 0,4%, m/m, respectivamente) foram adicionados ao grits de milho como precursores de aroma de queijo e três condições de extrusão, considerando umidade do grits de milho (base seca) e temperatura de extrusão, foram testadas: 10%/140 °C, 15%/120 °C e 20%/100 °C. Metade dos *snacks* foi aromatizada com óleo de girassol e outra metade não. A tiamina (1,5% m/m) foi adicionada à proteína concentrada de soja como precursor de aroma de carne, e as condições de extrusão (umidade em base seca e temperatura) utilizadas foram: 30%/180 °C, 34%/160 °C e 38%/140 °C. Posteriormente, a proteína texturizada de soja foi triturada, hidratada e dividida em dois grupos, sendo um adicionado de óleo de soja e o outro não. Sal e glutamato monossódico foram adicionados a todas as amostras. Todos os produtos foram analisados quanto às propriedades físicas (razão de expansão, densidade, textura instrumental e cor instrumental) e características sensoriais (aceitação e perfil sensorial). Para os *snacks* de milho, houve efeitos das condições de extrusão, da adição de óleo de girassol e da interação entre esses fatores nas propriedades físicas e características sensoriais dos produtos. Para os análogos de carne, também houve efeito das condições de extrusão e da adição de óleo de soja, embora com menor frequência, sendo que as interações entre esses fatores ocorreram apenas para as propriedades instrumentais de cor. Na análise de componentes principais, em ambas as matérias primas foram formados três grupos, sendo um formado pelas amostras obtidas em condições mais severas de extrusão, outro contendo as amostras sem óleo (independente das condições de extrusão) e outro com as amostras com óleo (independente das condições de extrusão). Ademais, a condição menos severa e a intermediária apresentaram os atributos relevantes para ambos os produtos, além de que a adição de óleo intensificou atributos desejados, principalmente aqueles relacionados ao sabor. Concluindo, as condições de extrusão

e a adição de óleo têm impacto nas propriedades físicas e sensoriais dos produtos, com pouco efeito da matriz alimentícia utilizada.

Palavras-chave: Precursores de aroma. Aromatização pré-extrusão. Extrusão termoplástica. *Snacks* de milho. Análogos de carne.

ABSTRACT

Thermoplastic extrusion combines high temperatures and high pressure, producing a range of foods, including corn snacks and meat analogs. The nutritional quality of these foods, among other factors, is resulting from their flavoring, as the method most used by industries (post-extrusion) increases the caloric value of these products. An alternative to make extruded products healthier is pre-extrusion flavoring with aroma precursors, not requiring the use of a lipid vehicle. However, this component is relevant for the sensory characteristics of products. Thus, the aim of this study was to evaluate the effects of the extrusion conditions, added oil and the food matrix itself on the physical properties and sensory characteristics of corn snacks and a meat analog obtained using pre-extrusion flavoring. Cysteine and butyric acid (0.2 and 0.4%, w/w, respectively) were added to corn grits as cheese flavor precursors and three extrusion conditions, considering corn grits moisture and extrusion temperature, were tested: 10%/140 °C, 15%/120 °C and 20%/100 °C. Half of the snacks were flavored with sunflower oil, while the other half was not. Thiamine (1.5% w/w) was added to soy protein concentrate as a meat flavor precursor, and the extrusion and moisture conditions used were: 30%/180 °C, 34%/160 °C and 38%/140 °C. Subsequently, the textured soy proteins were ground, hydrated, divided into two groups, one with soy oil and the other one not. Salt and monosodium glutamate were added to all products. The physical properties (expansion ratio, density, instrumental texture and instrumental color) and sensory characteristics (acceptance and sensory profile) were evaluated. For the corn snacks, the extrusion conditions, the addition of sunflower oil and the interaction between these factors affected the physical properties and sensory characteristics of the products. For the meat analogs, there was also effects of the extrusion conditions and the addition of soy oil, although less frequently, and interactions between these factors affected only the instrumental color properties. In the principal component analysis, three groups of samples were formed for both raw materials: one of samples obtained from the most severe extrusion conditions, another one of samples without oil (regardless of extrusion conditions) and another one of samples with oil (regardless of extrusion conditions). In addition, the less severe and the intermediate conditions presented the relevant attributes for both products, in addition the addition of oil intensified the desired attributes, mainly related to flavor. In conclusion, the extrusion conditions and the addition of oil have an impact on the physical properties and sensory characteristics, with little effect from the matrix itself.

Keywords: aroma precursor, pre-extrusion flavoring, thermoplastic extrusion, corn snacks, meat analog.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma de processo dos snacks de milho.	26
Figura 2 - Texturômetro com probe Blade set com guilhotina acoplado com Acoustic Envelope Detector.	29
Figura 3 - Ficha de caracterização dos consumidores de snacks de milho sabor queijo.	30
Figura 4 - Ficha de avaliação sensorial (RATA e aceitação) dos snacks de milho sabor queijo.	31
Figura 5 - Programa SensoMaker utilizado para o teste Temporal Dominance of Sensations (TDS) nos snacks de milho.	32
Figura 6 - Fluxograma de processo para os análogos de carne.	34
Figura 7 - Amostras de PTS trituradas.	35
Figura 8 - Teste de reidratação.	36
Figura 9 - Texturômetro com probe cilíndrico.	37
Figura 10 - Ficha de caracterização de consumidores para os análogos de carne.	38
Figura 11 - Ficha de avaliação sensorial (RATA e aceitação) dos análogos de carne.	39
Figura 12 - Programa SensoMaker utilizado para o teste Temporal Dominance of Sensations (TDS) nos análogos de carne.	40
Figura 13 - Razão de expansão (A) e densidade (B) dos snacks de milho (média $\pm$ 95% intervalo de confiança; n = 20).	44
Figura 14 - Textura instrumental, com e sem saliva artificial, dos <i>snacks</i> de milho. Os valores são representados como média $\pm$ intervalo de confiança de 95% (n = 10 para A e C; n = 20 para B e D; e n = 30 para E).	46
Figura 15 - L* (A), C* (B), h (C) dos snacks de milho (média $\pm$ 95% intervalo de confiança; n = 12).	48
Figura 16 - Snacks de milho.	48
Figura 17 - Características do perfil sensorial dos snacks de milho. Os valores são representados como média $\pm$ intervalo de confiança de 95% (n = 164 para A, B e C; n = 246 para D; e n = 82 para E e F).	53
Figura 18 - Aceitação de sabor e textura dos snacks de milho. Os valores são representados como média $\pm$ intervalo de confiança de 95% (n = 164 para A e B; e n = 246 para C).	55
Figura 19 - Curvas de TDS (n = 71) dos snacks de milho nas seguintes condições: (A) 10% umidade/140 °C sem óleo, (B) 10% umidade/140 °C com óleo, (C) 15% umidade/120 °C sem	

óleo, (D) 15% umidade/140 °C com óleo, (E) 20% umidade/100 °C sem óleo, (F) 20% umidade/100 °C com óleo.....	57
Figura 20 - L* (A), C* (B), h (C) dos análogos de carne (média ± 95% intervalo de confiança; n = 12).....	62
Figura 21 - Proteínas texturizadas de soja hidratadas.	62
Figura 22 - Características do perfil sensorial dos análogos de carne. Os valores são representados como média intervalo de confiança de 95% (n = 120 para A, B e C; n = 180 para D e E).....	67
Figura 23 - Aceitação do odor, textura, sabor e aceitação dos análogos de carne. Os valores são representados como média intervalo de confiança de 95% (n = 180 para A; e n = 120 para B e C).	68
Figura 24 - Curvas de TDS (n=8) dos análogos de carne nas seguintes condições: (A) 30% umidade/ 180 °C sem óleo, (B) 30% umidade/ 180 °C com óleo, (C) 34% umidade/ 160 °C sem óleo, (D) 34% umidade/ 160 °C com óleo, (E) 38% umidade/ 140 °C sem óleo, (F) 38% umidade/140 °C com óleo.....	70
Figura 25 - Correlação entre as propriedades físicas, perfil sensorial e aceitação dos snacks de milho sabor queijo. A) Projeção das variáveis (B) Projeção de amostras.....	72
Figura 26 - Correlação entre as propriedades físicas, perfil sensorial e aceitação dos análogos de carne. A) Projeção das variáveis. B) Projeção das amostras.	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propriedades físicas dos snacks de milho (média $\pm$ dp).	42
Tabela 2 - Significância dos fatores do general linear model para as propriedades físicas dos snacks de milho.....	43
Tabela 3 - Características sensoriais dos snacks de milho (média $\pm$ DP; n = 82)	50
Tabela 4 - Significância dos fatores do General Linear Model para o perfil sensorial e aceitação dos snacks de milho.	52
Tabela 5 - Razão de expansão, densidade e teste de reidratação das proteínas texturizadas de soja (média $\pm$ dp).	58
Tabela 6 - Propriedades físicas dos análogos de carne (média $\pm$ dp).	60
Tabela 7 - Significância dos fatores do general linear model para as propriedades físicas dos análogos de carne.....	61
Tabela 8 - Características sensoriais dos análogos de carne (média $\pm$ DP; n = 60).....	64
Tabela 9 - Significância dos fatores do General Linear Model para o perfil sensorial e aceitação dos análogos de carne.	65

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo geral.....	16
2.2 Objetivos específicos.....	16
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1 Extrusão termoplástica	17
3.1.1 <i>Snacks</i> expandidos.....	18
3.1.2 Análogos de carne	20
3.2 Aromatização de produtos extrusados	21
4 MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1 Material	25
4.2 Métodos.....	25
4.2.1 <i>Snacks</i> de milho	25
4.2.1.1 <i>Ajuste da umidade do grits de milho</i>	<i>25</i>
4.2.1.2 <i>Extrusão do grits de milho e obtenção dos snacks de milho</i>	<i>26</i>
4.2.1.3 <i>Análises das propriedades físicas dos snacks de milho</i>	<i>28</i>
4.2.1.4 <i>Análise sensorial dos snacks de milho</i>	<i>29</i>
4.2.1.5 <i>Análise estatística dos dados dos snacks de milho.....</i>	<i>32</i>
4.2.2 Análogos de carne	33
4.2.2.1 <i>Ajuste da umidade da proteína concentrada de soja</i>	<i>33</i>

4.2.2.2 Extrusão da proteína concentrada de soja e obtenção dos análogos de carne	33
4.2.2.3 Análise das propriedades físicas das proteínas texturizadas de soja e dos análogos de carne.	36
4.2.2.4 Análise sensorial dos análogos de carne	37
4.2.2.5 Análise estatística dos dados das proteínas texturizadas de soja e dos análogos de carne	40
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.1 Snacks de milho.....	41
5.1.1 Propriedades físicas dos snacks de milho	41
5.1.2 Aceitação sensorial e perfil sensorial por meio da técnica RATA	49
5.1.3 Perfil sensorial por meio da técnica TDS	55
5.2 Análogos de carne.....	57
5.2.1 Propriedades físicas das proteínas texturizadas de soja e dos análogos de carne.....	57
5.2.2 Aceitação sensorial e perfil sensorial por meio da técnica RATA	63
5.3. Efeitos das matrizes alimentícias nas características físicas e sensoriais dos produtos	70
6 CONCLUSÃO.....	76
REFERÊNCIAS.....	77
APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE	83
ANEXO A – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA	84

1 INTRODUÇÃO

A extrusão termoplástica é uma tecnologia que combina várias operações unitárias e se trata de um processo HTST (*High Temperature-Short Time*), em que são aplicadas altas temperaturas e alta pressão por um curto tempo. Além destes, outros parâmetros também são importantes, como o diâmetro das aberturas da matriz e a taxa de cisalhamento. Este processo versátil é utilizado para produção de *snacks*, produtos de panificação, cereais matinais e proteínas texturizadas vegetais, dentre outros (FELLOWS, 2000).

Dentre estes produtos, os *snacks* expandidos à base de milho se destacam pelo grande consumo, diferentes sabores e praticidade. No entanto, sabe-se que estes produtos possuem baixo valor nutricional e alto conteúdo lipídico, indo em contramão às tendências do mercado, visto que os consumidores buscam por uma alimentação prática e, sobretudo, saudável (HEYHOE, 2000; MENIS- HENRIQUE, 2017).

Ainda nessa perspectiva de produtos mais saudáveis, os produtos para veganos e vegetarianos estão em alta, devido ao seu apelo sustentável e a crescente preocupação com os impactos que a pecuária provoca no meio ambiente, no clima e recursos hídricos (LEE; CHOI; HAN, 2022; ZHAN et al., 2021). De acordo com O'Mara (2011), a pecuária produz 18% dos gases responsáveis pelo efeito estufa. A proteína de soja se apresenta como uma possível solução para esses problemas, visto que requer menos recursos ambientais para o cultivo, além de ser uma possibilidade para produção de análogos de carne com textura e sabor semelhantes a carne, atendendo assim às demandas dos consumidores e mercado veganos/vegetarianos (LEE; CHOI; HAN, 2022).

Os métodos de aromatização de produtos extrusados influenciam diretamente no seu valor nutricional, os quais podem ser realizados por aplicação após a extrusão, incorporação pré-extrusão, incorporação antes e após a extrusão e injeção no final do canhão (BHANDARI; D'ARCY; YOUNG, 2001). Porém, o método convencional de aromatização de *snacks* expandidos é o pós-extrusão, por meio do qual uma mistura de óleo ou gordura vegetal, sal e aditivos é incorporada ao produto, resultando em seu elevado teor lipídico e valor calórico (MASKAN; ALTAN, 2012).

Uma alternativa para produzir alimentos extrusados mais saudáveis e com menor conteúdo lipídico é o método de aromatização pré-extrusão por meio de precursores de aroma, em que não há necessidade de utilização do veículo lipídico, além de apresentar maior uniformidade e estabilidade à oxidação dos compostos voláteis responsáveis pelo odor, aroma e sabor dos alimentos (BHANDARI; D'ARCY; YOUNG, 2001). No entanto, os lipídios

conferem grande importância na percepção dos atributos sensoriais, influenciando na aparência, textura, consistência e derretimento; assim, sua redução pode gerar uma diminuição da aceitação do produto pelo consumidor (TAYLOR; LINFORTH, 2010).

Portanto, investigações nesta área do conhecimento são relevantes para avaliar o uso de precursores de aroma para obtenção de produtos extrusados mais saudáveis por meio da redução do uso de lipídios sem que afete a aceitabilidade do produto pelo consumidor.

6 CONCLUSÃO

Em relação aos *snacks* de milho, houve efeitos das condições de extrusão, da adição de óleo de girassol e da interação entre esses fatores nas propriedades físicas e características sensoriais dos produtos. Condições de extrusão mais severas (10% U/140 °C) resultaram em *snacks* de milho pegajosos e com sabor queimado, mas com boa aceitação da textura. Os *snacks* obtidos sob 15% U/120 °C possuíram maior razão de expansão e se destacaram pelo nível de pressão sonora e crocância, além da aceitação da textura e do sabor. Os *snacks* obtidos sob 20% U/100 °C possuíram maior densidade e pico de força, intensidades de cor e dureza como atributo dominante, além de também se destacarem quanto ao nível de pressão sonora e crocância. Apesar disso, estes últimos apresentaram menor aceitação da textura. A utilização de precursores de aroma em *snacks* seria uma alternativa para indústrias que desejam reduzir a lista de ingredientes desses produtos considerados ultraprocessados, e sobretudo, para atender ao público exigente que deseja um *snacks* com sabor e aroma uniforme/homogêneo em todas as unidades do produto.

No que se refere os análogos de carne, também houve efeito das condições de extrusão e da adição de óleo de soja nas propriedades físicas e características sensoriais dos produtos, embora em menor quantidade. Ainda, houve efeito da interação entre esses fatores apenas para as propriedades instrumentais de cor. Ora, ressalta-se o fato da presença e ausência de óleo não ter sido significativa para os atributos desejados, sabor e odor de carne, sendo totalmente dispensável para esse alimento, sendo assim, é possível se ter um análogo de carne mais saudável, por possuir menor valor calórico e lipídico. Ademais, os análogos de carne produzidos sob 30% U/180 °C exibiram maior intensidade para cor caramelo, textura úmida, textura borrachenta e sabor queimado, enquanto para a condição com menor temperatura e maior umidade observou-se maior intensidade de cor branca.

Na análise de componentes principais, verificou-se o mesmo comportamento em ambas as matérias primas, as quais cada produto gerou três grupos. No primeiro as condições mais severas de extrusão se isolaram, no segundo as amostras sem óleo, independente das condições de extrusão e no terceiro amostras com óleo, também independente das condições de extrusão. Ainda, os resultados encontrados reforçam que a condição menos severa e a intermediária apresentam os atributos relevantes para ambos os produtos, além do papel fundamental do óleo nas características sensoriais dos produtos, sobretudo nos atributos relevantes de sabor.

Concluindo, as condições de extrusão e a adição de óleo têm impacto nas propriedades físicas e sensoriais dos produtos, com pouco efeito da matriz alimentícia utilizada.

REFERÊNCIAS

- ABRE. Associação Brasileira de Embalagem. Disponível em: <https://www.abre.org.br/inovacao/procura-por-snacks-cresce-mais-de-700-na-pandemia/>. Acesso em: 28 de julho de 2022.
- AKDOGAN, H. High moisture food extrusion. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 34, n. 3, p. 195-207, 1999.
- ALAM, M. S.; ASLAM, R. **Extrusion for the production of functional foods and ingredients**. 2021.
- ANTON, A. A.; LUCIANO, F. B. Instrumental texture evaluation of extruded snack foods: a review. **Ciencia y Tecnologia Alimentaria**, v. 5, n. 4, p. 245-251, 2007.
- ARÊAS, J. A. G. Extrusion of food proteins. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 32, n. 4, p. 365-392, 1992.
- ARÊAS, J. A. G. Interações moleculares do amido durante o processo de extrusão. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 28-30, 1996.
- ARES, G. *et al.* Visual attention by consumers to check-all-that-apply questions: Insights to support methodological development. **Food Quality and Preference**, v. 32, p. 210-220, 2014.
- AOAC. **Official methods of analysis of AOAC International**: método oficial 925.10. 16.ed., v. 2. Gaithersburg: 1997.
- BAEK, H. H. *et al.* Aroma extract dilution analysis of a beeflike process flavor from extruded enzyme-hydrolyzed soybean protein. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n.2, p. 790-793, 2011.
- BAUNE, M. C. *et al.* Textured vegetable proteins (TVP): Future foods standing on their merits as meat alternatives. **Future Foods**, p. 100181, 2022.
- BHANDARI, B.; D'ARCY, B.; YOUNG, G. Flavour retention during high temperature short time extrusion cooking process: a review. **International Journal of Food Science Technology**, Oxford, v. 36, n. 5, p. 453-461, 2001.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 75, de 8 de outubro de 2020. **Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados**. Brasília, 2020.
- BRENNAN, M. A. *et al.* Ready-to-eat snack products: the role of extrusion technology in developing consumer acceptable and nutritious snacks. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 48, n. 5, p. 893-902, 2013.
- CAMIRE, M. E. Protein functionality modification by extrusion cooking. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 68. n. 3, p. 200-205, 1991.

CHIANG, J. H. *et al.* Physicochemical, textural and structural characteristics of wheat gluten-soy protein composited meat analogues prepared with the mechanical elongation method. **Food Structure**, v. 28, p. 100183, 2021.

CONTI-SILVA, A. C.; BASTOS, D. H. M; ARÊAS, J. A. G. The effects of extrusion conditions and the addition of volatile compounds and flavour enhancers to corn grits on the retention of the volatile compounds and texture of the extrudates. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 47, n. 9, p. 1896-1902, 2012.

DIAS-FACETO, L. S.; SALVADOR, A.; CONTI-SILVA, A. C. Acoustic settings combination as a sensory crispness indicator of dry crispy food. **Journal of Texture Studies**, v. 51, n. 2, p. 232-241, 2020.

DING, Q-B *et al.* The effect of extrusion conditions on the functional and physical properties of wheat-based expanded snacks. **Journal of Food Engineering**, v. 73, n. 2, p. 142-148, 2006.

FANG, Y.; ZHANG, B.; WEI, Y. Effects of the specific mechanical energy on the physicochemical properties of texturized soy protein during high-moisture extrusion cooking. **Journal of Food Engineering**, v. 121, p. 32-38, 2014.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e práticas**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.

FRIEL, E. N.; TAYLOR, A. J. Effect of salivary components on volatile partitioning from solutions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 8, p. 3898-3905, 2001.

GALMARINI, M. V. *et al.* Use of multi-intake Temporal Dominance of Sensations (TDS) to evaluate the influence of wine on cheese perception. **Journal of Food Science**, 82, p. 2669–2678, 2017.

GUAZI, J. S.; CONTI, A. C. Use of artificial saliva for evaluation of instrumental texture of expanded snacks: part II—correlations between sensory characteristics and instrumental properties. **European Food Research and Technology**, v. 249, n. 4, p. 975-984, 2023.

GUAZI, J. S. **Utilização de saliva artificial durante a análise instrumental da textura de snacks expandidos para avaliação da correlação com a análise sensorial**. 2021. 129 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, São José de Rio Preto, 2021.

GUERRERO, P. *et al.* Extrusion of soy protein with gelatin and sugars at low moisture content. **Journal of Food Engineering**, v. 110, n. 1, p. 53-59, 2012.

GUY, R. **Extrusion cooking: Technologies and applications**. Boca Raton: CRC Press, 2001. 206p.

HEYHOE, T. C. **Method of manufacturing an expanded, extruded food product**. US Patent 6,146,679. 14 de Nov. 2000.

JIN, Z.; HSIEH, F.; HUFF, H. E. Effects of soy fiber, salt, sugar and screw speed on physical properties and microstructure of corn meal extrudate. **Journal of Cereal Science**, London, v. 22, n. 2, p. 185-194, 1995.

KIM, S.; SHIN, S. Red meat and processed meat consumption and the risk of dyslipidemia in Korean adults: A prospective cohort study based on the Health Examinees (HEXA) study. **Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases**, v. 31, n. 6, p. 1714-1727, 2021.

LAZOU, A.; KROKIDA, M. Structural and textural characterization of corn-lentil extruded snacks. **Journal of Food Engineering**, v. 100, n. 3, p. 392-408, 2010.

LEE, J.; CHOI, I.; HAN, J. Construction of rice protein-based meat analogues by extruding process: Effect of substitution of soy protein with rice protein on dynamic energy, appearance, physicochemical, and textural properties of meat analogues. **Food Research International**, v. 161, p. 111840, 2022.

LEE, J. et al. Impact of interactions between soy and pea proteins on quality characteristics of high-moisture meat analogues prepared via extrusion cooking process. **Food Hydrocolloids**, v. 139, p. 108567, 2023.

LELAND, J. V. Flavor interactions: the greater whole: the chemistry of flavor interactions. **Food Technology**, v. 51, n. 1, p. 75-80, 1997.

LEONARD, W. *et al.* Application of extrusion technology in plant food processing byproducts: An overview. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 19, n. 1, p. 218-246, 2020.

LUO, S. *et al.* Effects of extrusion conditions and nitrogen injection on physical, mechanical, and microstructural properties of red lentil puffed snacks. **Food and Bioproducts Processing**, v. 121, p. 143-153, 2020.

MACFIE, H. J. *et al.* Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. **Journal of Sensory Studies**, Westport, v. 4, n. 2, p. 129-148, 1989.

MACRAE, R.; ROBINSON, R. K.; SADLER, M. J. **Encyclopedia of food science, food technology and nutrition**. London: Academic Press; 1993. p. 1709.

MASKAN, M.; ALTAN, A. **Advances in food extrusion technology**. Boca Rotan: CRC Press, 2012. 381 p.

MAZUMDER, P.; ROOPA, B. S.; BHATTACHARYA, S. Textural attributes of a model snack food at different moisture contents. **Journal of Food Engineering**, v. 79, n. 2, p. 511-516, 2007.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 4rd ed. Boca Raton: CRC Press; 464p. 2006.

MENIS-HENRIQUE, M. E. C. **Adição pré-extrusão de precursores de aroma para obtenção de snacks de grãos de milho com reduzido teor lipídico e com potencial para produção industrial**. 2017. 160 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) -

Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, São José de Rio Preto, 2017.

MENIS-HENRIQUE, M. E. C. **Efeito da extrusão termoplástica na retenção de aroma e na estrutura de extrusados de grits de milho aromatizado**. 2013. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, São José de Rio Preto, 2013.

MENIS-HENRIQUE, M. E. C. *et al.* Cheese-flavored expanded snacks with low lipid content: oil effects on the in vitro release of butyric acid and on the duration of the dominant sensations of the products. **LWT-Food Science and Technology**, v. 105, p. 30-36, 2019.

MENIS-HENRIQUE, M. E. C. *et al.* Extrusion of flavored corn grits: Structural characteristics, volatile compounds retention and sensory acceptability. **LWT-Food Science and Technology**, London, v. 54, n. 2, p. 434-439, 2013.

MENIS-HENRIQUE, M. E. C. *et al.* Physical and sensory characteristics of cheese-flavored expanded snacks obtained using butyric acid and cysteine as aroma precursors: Effects of extrusion temperature and sunflower oil content. **LWT- Food Science and Technology**, v. 122, p. 109001, 2020.

MENIS-HENRIQUE, M. E. C.; JANZANTTI, N. S.; CONTI-SILVA, A. C. Identification of sensory and non sensory factors involved in food consumption: A study with extruded corn based snacks. **Journal of Sensory Studies**, v. 32, n. 6, p. 12299, 2017.

MERCIER, C.; LINKO, P.; HARPER, J. M. **Extrusion cooking**. 2 ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1998.

MEYNERS, M.; JAEGER, S. R.; ARES, G. On the analysis of rate-all-that-apply (RATA) data. **Food quality and preference**, v. 49, p. 1-10, 2016.

MILANI, T. M. **Adição pré-extrusão de tiamina como precursor de odor e sabor de carne em proteína texturizada de soja: do desenvolvimento à aplicação**. 2018. 177 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, São José de Rio Preto, 2018.

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**, Barking, v. 62, p. 375-381, 2014.

MILANI, T. M. G.; MENIS-HENRIQUE, M. E. C.; CONTI, A. C. Thiamine as a new ingredient for obtaining textured soy protein with meat odour. **Journal of Food Processing and Preservation**, p. 16731, 2022.

MILK, L. H.; MILANI, T. M. G.; CONTI-SILVA, A. C. An exploratory study of pre-extrusion flavouring: investigation with vitamins, amino acids, essential oils, natural aromas and seasonings. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 43, p.49956, 2021.

MUÑOZ-GONZÁLEZ, C. *et al.* Understanding the role of saliva in aroma release from wine by using static and dynamic headspace conditions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 33, p. 8274-8288, 2014.

NUNES, C. A.; PINHEIRO, A. C. M. *SensoMaker*. **Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brasil**, 2012.

O'MARA, F. P. The significance of livestock as a contributor to global greenhouse gas emissions today and in the near future. **Animal Feed Science and Technology**, v. 166, p. 7-15, 2011.

PANZARINI, A. C.; MENIS-HENRIQUE, M. E. C.; CONTI-SILVA, A. C. Effect of salt and monosodium glutamate on the sensory characteristics of low sodium cheese flavored corn grits expanded snacks. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 44, n. 12, p. 14936, 2020.

PAULA, A. M.; CONTI-SILVA, A. C. Texture profile and correlation between sensory and instrumental analyses on extruded snacks. **Journal of Food Engineering**, v. 121, p. 9-14, 2014.

PINEAU, N. *et al.* Temporal Dominance of Sensations: Construction of the TDS curves and comparison with time–intensity. **Food Quality and Preference**, v. 20, n. 6, p. 450-455, 2009.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: Fundamentos e metodologias**. 2ª ed: Editora UFV, 2017. 473 p.

REIFSTECK, B. M.; JEON, I. J. Retention of volatile flavors in confections by extrusion processing. **Food Reviews International**, New York, v. 16, n. 4, p. 435-452, 2000.

RIHA III, W. E.; HO, C. T. Formation of flavors during extrusion cooking. **Food Reviews International**, v. 12, n. 3, p. 351-373, 1996.

ROOS, K. B. How lipids influence food flavor: The chemistry of flavor interactions. **Food technology**, Chicago, v. 51, n. 1, p. 60-62, 1997.

SAHU, C.; PATEL, S.; TRIPATHI, A. K. Effect of extrusion parameters on physical and functional quality of soy protein enriched maize based extruded snack. **Applied Food Research**, v. 2, n. 1, p. 100072, 2022.

SINGH, S.; GAMLATH, S.; WAKELING, L. Nutritional aspects of food extrusion: a review. **International Journal of Food Science Technology**, Oxford, v. 42, n. 8, p. 916-929, 2007.
Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA). Universidade de São Paulo (USP). Food Research Center (FoRC). Versão 7.1. São Paulo, 2020. Disponível em: <<http://www.fcf.usp.br/tbca>>. Acesso em: 28 de jul. de 2022

TAYLOR, A. J.; LINFORTH, R. S. T. **Food flavor technology**. 2 ed. Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 2010.

VAN RUTH, S. M. *et al.* Interactions between artificial saliva and 20 aroma compounds in water and oil model systems. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 5, p. 2409-2413, 2001.

WILLETT, W. *et al.* Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. **The lancet**, v. 393, n. 10170, p. 447-492, 2019.

YANG, L. *et al.* Extrusion production of textured soybean protein: The effect of energy input on structure and volatile beany flavor substances. **Food Chemistry**, v. 405, p. 134728, 2023.

YI, C. *et al.* Extrusion Processing: A Strategy for Improving the Functional Components, Physicochemical Properties, and Health Benefits of Whole Grains. **Food Research International**, p. 111681, 2022.

YULIANI, S. *et al.* Application of microencapsulated flavor to extrusion product. **Food Reviews International**, New York, v. 20, n. 2, p. 163-185, 2004.

YULIANI, S. *et al.* Effect of extrusion parameters on flavour retention, functional and physical properties of mixtures of starch and limonene encapsulated in milk protein. **International Journal of Food Science & Technology**, Oxford, v. 41, p. 83-94, 2006.

ZHANG, T. *et al.* The development history and recent updates on soy protein-based meat alternatives. **Trends in Food Science & Technology**, v. 109, p. 702-710, 2021.