



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
FUNPEPE – 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.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar os 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.

2.2 Objetivos específicos

Extrusar grits de milho adicionado de cisteína e ácido butírico em diferentes condições de temperatura e umidade, finalizando a aromatização dos *snacks* com e sem óleo de girassol.

Extrusar proteína concentrada de soja adicionada de tiamina em diferentes condições de temperatura e umidade, produzindo análogos de carne com e sem óleo de soja.

Analisar as propriedades físicas dos *snacks*, proteínas texturizadas de soja e análogos de carne (razão de expansão, densidade, textura instrumental e cor instrumental).

Avaliar a aceitação sensorial dos *snacks* e análogos de carne por meio de escala hedônica.

Avaliar o perfil sensorial dos *snacks* e análogos de carne por meio das técnicas RATA (*Rate-All-That-Apply*) e TDS (*Temporal Dominance of Sensations*).

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Extrusão termoplástica

A extrusão termoplástica é uma técnica utilizada na produção de alimentos há mais de 60 anos, na qual uma matéria prima é submetida à alta temperatura e pressão em um curto tempo (HTST, *High Temperature-Short Time*), e combina várias operações unitárias simultâneas, como: mistura, cozimento, amassamento, moldagem e cisalhamento. Este processo ganhou popularidade devido à sua versatilidade, custo baixo, alta produtividade, ausência de efluentes no processo, qualidade do produto final e capacidade de produzir alimentos prontos para o consumo. Suas aplicações estão nos mais diversos setores da indústria alimentícia, incluindo cereais matinais, *snacks*, alimentos para bebês e animais, produtos de confeitaria e produtos à base de proteínas (AKDOGAN, 1999; FELLOWS, 2006).

A extrusora é o equipamento responsável por aplicar a energia térmica, pressão e cisalhamento, transformando a matéria prima no produto final desejado. As extrusoras podem ser classificadas de acordo com a quantidade de rosca, sendo elas rosca simples e rosca dupla, a escolha de qual utilizar depende do processamento e do produto desejado. Para matérias-primas menos complexas (amiláceas, por exemplo), produções em pequena escala, simplicidade de processo e custo reduzido, a extrusora de rosca única é recomendada. Entretanto, se o produto for mais complexo (ingredientes com umidade muito baixa ou muito alta, viscosos e em pó), e houver a necessidade de uma alta produtividade e maior controle dos parâmetros do processo (temperatura e pressão), a extrusora de rosca dupla torna-se mais indicada (ALAM, 2021; LEONARD et al., 2020).

Antecedendo a extrusão, a matéria prima deve ser hidratada, sendo 10-15% para os materiais amiláceos e 30-40% para os proteicos. A alimentação da máquina é feita pelo funil, e a matéria prima é conduzida pela rosca (simples ou dupla) ao longo de todo o canhão. Durante o processo, aplica-se alta pressão e altas temperaturas (120-200 °C), desta forma a força de cisalhamento também aumenta e a umidade do material é liberada. A pressão dentro do canhão é maior quando comparada a pressão atmosférica (3-5 MPa ou 40-60 atm), e quando a massa sai do equipamento, ocorre a rápida evaporação da água superaquecida devido à queda repentina da pressão interna para a pressão atmosférica, formando-se, assim, o produto expandido com vários vacúolos. Neste processo, o vapor de água é o responsável pelo crescimento e expansão longitudinal e radial do produto, e rápido endurecimento à temperatura ambiente, atribuindo a característica de textura no alimento (RIHA III; HO, 1996; CAMIRE,

1991; ARÊAS, 1992; MACRAE; SADLER, 1993; ARÊAS, 1996; FELLOWS, 2006; SINGH; GAMLATH; WAKELING, 2007).

As características e a qualidade dos produtos extrusados dependem das variáveis de processo (temperatura, tempo de residência, pressão, velocidade de rotação da rosca, taxa de alimentação e diâmetro do orifício de saída) e da matéria prima utilizada (composição, granulometria e umidade) (CONTI-SILVA; BASTOS; ARÊAS, 2012). Alguns dos parâmetros determinantes para a expansão do produto são a umidade da matéria-prima, velocidade da rosca e temperatura. Em geral, a razão de expansão aumenta com a redução da umidade, em contrapartida, quanto maior a temperatura e velocidade da rosca, maior será a expansão (YI et al., 2022)

Os produtos extrusados geralmente possuem como principal componente o amido e/ou proteína, devido às suas boas capacidades de expansão, textura e crocância, resultando em características muito apreciadas pelos consumidores. A combinação desses componentes com o calor aplicado provoca algumas mudanças estruturais e nutricionais no alimento, como a gelatinização do amido, desnaturação de proteínas, inativação de enzimas, destruição de microrganismos, toxinas e fatores antinutricionais. Além disso, perdas mínimas de vitaminas e aminoácidos são observadas neste processo. Quando comparada aos outros processos, como a irradiação gama, autoclavagem e torrefação, o cozimento por extrusão revela uma maior digestibilidade do amido (LEONARD et al., 2020; FELLOWS, 2006; ALAM, 2021; CONTI-SILVA; BASTOS; ARÊAS, 2012; YI et al., 2022; SAHU; PATEL; TRIPATHI, 2022).

3.1.1 *Snacks* expandidos

A demanda por alimentos que sejam práticos, prontos para o consumo, disponíveis em pequenas porções, com sabor, textura e odor agradáveis cresce devido às mudanças de hábitos de vida e rotina da população mundial (SAHU; PATEL; TRIPATHI, 2022). Atualmente, vários produtos são desenvolvidos através da extrusão termoplástica, como é o caso dos *snacks* de milho, um produto muito consumido em todo o mundo. De acordo com Menis-Henrique, Janzantti e Conti-Silva (2017), os consumidores dos salgadinhos de pacote são mulheres e homens, sendo o foco adolescentes de até 15 anos com renda familiar mensal de três a seis salários mínimos, sendo que 60% destes têm o hábito de consumir esses alimentos pelo menos uma vez por semana. Ainda, a aceitabilidade pelo consumidor está diretamente relacionada com o valor e conveniência, assim como as características físicas e sensoriais, expansão, densidade, dureza, textura, sabor e cor dos *snacks* extrusados (ANTON; LUCIANO, 2007; MERCIER;

LINKO; HARPER, 1998), e qualquer pequena mudança durante a extrusão modifica tanto as características estruturais, físicas, químicas e sensoriais do produto (DING et al. 2006).

Ao comprar e consumir um *snack* de milho, deseja-se que esse possua uma alta expansão, baixa densidade, microestrutura uniforme e textura crocante. Esses produtos apresentam naturalmente uma fragilidade na sua estrutura, sendo quebrados facilmente, devido à baixa resistência, características essas determinantes para a crocância (LUO et al., 2020; LAZOU; KROKIDA, 2010). A crocância é percebida através das sensações táteis, visuais e auditivas. Durante a mastigação ocorre uma rápida queda da força e o material torna-se quebradiço, e essas deformações geram um típico som, propriedade que é esperada e almejada pelos consumidores de salgadinho (MAZUMDER; ROOPA; BHATTACHARYA, 2007).

Conforme a massa que está sendo extrusada sai da extrusora, a textura do produto é definida. Geralmente, quanto mais vacúolos e paredes mais finas possuir, mais expandido ele será (RIHA III; HO, 1996; JIN; HSIEH; HUFF, 1995). A umidade, temperatura e velocidade da rosca possuem papéis determinantes na expansão. Assim, quando a produção é realizada com matéria-prima a baixa umidade e altas temperatura e velocidade da rosca, isso resulta em um produto bastante expandido e com estrutura celular mais uniforme (LUO et al., 2020; MAZUMDER; ROOPA; BHATTACHARYA, 2007; REIFSTECK; JEON, 2000)

A cor também possui uma valorosa finalidade nos *snacks*, contribuindo para a aparência e revelando o grau de cozimento (LUO et al., 2020). Ela é afetada pelos parâmetros de temperatura, pressão, tempo de residência, cisalhamento e pela matéria-prima utilizada. Ainda, algumas alterações na cor acontecem em razão da aplicação de altas temperaturas, visto que os pigmentos podem ser afetados e reações de escurecimento não enzimático ocorrem, como é o caso da caramelização (oxidação do açúcar) e reação de Maillard, a qual advém devido à interação de grupos amino presentes em aminoácidos, peptídeos ou proteínas com grupos carbonila de açúcares redutores. Nessas reações, além da produção de coloração, também são desenvolvidos compostos aromáticos (RIHA III; HO, 1996; REIFSTECK; JEON, 2000; GUY, 2001).

Os extrusados são constituídos de carboidratos (amido e açúcares), proteínas, lipídios e água, os quais servem como precursores de sabor e odor, não obstante esses não são tão intensos, já que o tempo de residência na extrusora é curto e ocorrem perdas de compostos voláteis (REIFSTECK; JEON, 2000; GUY, 2001). Como explicado anteriormente, para ocorrer a expansão do *snack*, é necessário que a água presente seja evaporada. Os compostos de sabor e odor possuem pontos de ebulição baixos, logo são facilmente degradados e perdidos nesta etapa, reduzindo a intensidade dos compostos voláteis. Deste modo, a aromatização se torna o

ponto crucial para o desenvolvimento de extrusados (RIHA III; HO, 1996; REIFSTECK; JEON, 2000; GUY, 2001; YULIANI et al., 2004)

3.1.2 Análogos de carne

A conscientização sobre a preservação dos recursos naturais e hídricos tem se amplificado por toda a população mundial, juntamente com os impactos da pecuária no meio ambiente, especialmente a produção de carne (CHIANG et al., 2021; LEE; CHOI; HAN, 2022), esse mercado é responsável por produzir 18% gases do efeito estufa (O' MARA, 2011). Além disso, o mundo enfrenta a preocupação com a alta demanda de produção de alimentos devido ao crescimento populacional. Em 2050, a população mundial pode chegar até 9 bilhões, o que acarretará o aumento de 50 a 73% na indústria bovina (ZHANG et al., 2021). Segundo Lee, Choi, Han (2022) “em breve, a produção de carne não acompanhará a demanda de consumo...”.

Alguns autores citam a associação entre doenças cardiovasculares, diabetes tipo 2 e câncer com o consumo excessivo de carne vermelha (WILLET et al., 2019; KIM, SHIN, 2021). Desta forma, é inegável a importância de encontrar alternativas sustentáveis e saudáveis para a carne. Produtos à base de vegetais são uma possível solução para esses problemas visto que estes requerem menos recursos naturais (LEE; CHOI; HAN, 2022) e atendem ao mercado vegano, vegetariano e consumidores que desejam reduzir o consumo de carne (CHIANG et al., 2021).

No entanto, os análogos de carne ou substitutos de carne apresentam alguns desafios, como a textura, aparência e o sabor, sendo que quanto mais o produto se assemelha à carne, maior será o seu sucesso (LEE et al, 2023). Os análogos de carne podem ser produzidos a partir de matérias primas como trigo, soja, ervilha, amendoim, feijão (CHIANG et al., 2021) e proteína de soja (ZHANG et al, 2021). Essa última possui alto valor nutricional, fornecendo todos os aminoácidos essenciais, possui excelentes propriedades de geleificação, emulsificação, absorção de água e óleo, e exibe estrutura anisotrópica (propriedades elásticas), aproximando-se da aparência e texturas da carne, quando texturizada, além do baixo custo (CHIANG et al., 2021; LEE; CHOI; HAN, 2022; ZHANG et al, 2021). Por outro lado, pode apresentar sabor indesejável (LEE; CHOI; HAN, 2022).

Alguns produtos à base de soja podem ser utilizados para a produção de análogos de carne, como a farinha de soja desengordurada, proteína concentrada de soja e proteína isolada de soja (ZHANG et al, 2021). Ademais, os análogos de carne podem ser produzidos por várias

método, dentre eles: extrusão, estruturação por congelamento, eletrofiação e cultura de células animais *in vitro* (CHIANG et al., 2021).

A extrusão termoplástica é a tecnologia mais empregada para a produção de análogos de carne à base de proteínas de soja. Em função da alta temperatura, alta pressão e alto cisalhamento durante a extrusão, ocorrem a desnaturação da proteína, redução de sua solubilidade e mudanças nas características da proteína de soja, e a matéria-prima é transformada em um material estruturado, fibroso e poroso (ZHANG et al, 2021; BAUNE et al, 2022; GUERRERO et al, 2012). Pequenas variações nos parâmetros de processo afetam a qualidade do produto (FANG; ZHANG; WEI; 2014). Posteriormente, para transformação da proteína de soja em um produto que realmente se assemelha a carne, é necessário que se realize a hidratação, dessa maneira sua textura mudará, tornando-se macia e succulenta (BAUNE et al, 2022; LEE; CHOI; HAN, 2022)

A principal limitação para a expansão do consumo de proteína texturizada de soja e maior aceitação por parte dos consumidores se deve ao sabor indesejável que esse alimento revela devido a compostos voláteis em concentrações muito baixas, como aldeídos, cetonas, álcoois. Algumas possibilidades são estudadas para mudar esse cenário, uma delas seria a adição de aromatizantes afim de mascarar os sabores indesejáveis. Dessa forma, os compostos voláteis responsáveis por essa resposta sensorial se ligam a proteína de soja influenciando na liberação ou retenção do sabor (YANG et al, 2023).

3.2 Aromatização de produtos extrusados

Produtos extrusados são geralmente aromatizados após a extrusão. Os aromas são os responsáveis por conferir sabor, mascarar e complementar os sabores gerados durante a extrusão, e devem ser agradáveis e estarem distribuídos uniformemente em todo o produto (BHANDARI; D'ARCY; YOUNG, 2001).

A aplicação de alta temperatura, pressão e cisalhamento provoca alterações, perdas na estabilidade e retenção de compostos voláteis (YULIANI et al., 2006). Ademais, outros fatores também influenciam, sendo eles: a composição da matéria prima (amido ou proteína) ou ingredientes complementares (sal e especiarias); formato e tamanho do produto final; composição, quantidade e tempo de adição de aromas; difusividade de compostos voláteis; temperatura do processo e tempo de residência (REIFSTECK; JEON, 2000; MENIS et al.; 2013). Portanto, o fracasso ou o sucesso dos sabores em produtos extrusados estão relacionados

com o método de aromatização. Segundo Bhandari, D'Arcy, Young (2001), há quatro formas de aromatização, tais como:

- Aromatização pós-extrusão: nesta técnica, o óleo vegetal ou gordura vegetal hidrogenada é pulverizado sobre os extrusados e, posteriormente, é feita a aromatização com outros ingredientes (sal, aditivos e especiarias). Algumas desvantagens são observadas, como o aumento de até 25% do peso inicial, distribuição não uniforme dos ingredientes, aumento da quantidade de lipídios e maiores riscos à oxidação, uma vez que essa aromatização é feita em contato com o oxigênio.

- Aromatização pré-extrusão: antecedendo a extrusão, os aromas são adicionados, sendo as grandes vantagens dessa metodologia a uniformidade (o aroma e sabor ficam distribuídos de forma homogênea em todo produto) e estabilidade contra a oxidação dos aromas/sabores, e redução do valor calórico, dado que não há necessidade de um veículo lipídico. Entretanto, devido à alta temperatura de processo, os compostos voláteis se perdem, e em caso de adição de grandes quantidades, para correção desse problema, a textura do produto pode ser comprometida.

- Incorporação antes e depois da extrusão: a combinação das duas técnicas anteriores são sugeridas para complementar e compensar as perdas de cada uma, e assim melhorar o sabor do produto. Entretanto, o custo dessa produção é elevado.

- Injeção no final do canhão: Ao final do canhão, o aroma é injetado, proporcionando uma melhor retenção dos compostos voláteis. Por outro lado, esta técnica atinge negativamente a expansão radial do *snack* e o aroma não é misturado adequadamente, acarretando uma distribuição desuniforme.

De todas as técnicas mencionadas, a mais utilizada na indústria alimentícia é a aromatização pós-extrusão. Os *snacks* produzidos por este método possuem uma elevada concentração de sódio, lipídios e são pobres nutricionalmente. No Brasil, o valor calórico desses produtos varia de 452 a 546 kcal em 100 g de produto (TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS, 2020). À vista disso, os *snacks* andam em contramão das tendências atuais, a qual a população mundial busca por estilos de vida mais saudáveis, principalmente após a pandemia. Dados da ABRE (Associação Brasileira de Embalagem) (2021) indicam que o consumo por *snacks* saudáveis cresceu 722% no Brasil durante a pandemia, nicho de mercado que pode movimentar US\$ 32,3 bilhões até 2025.

Uma alternativa para atender essas demandas do mercado é a utilização da aromatização pré-extrusão, a qual proporciona um alimento com teor reduzido de lipídios (MENIS et al.,

2013). Para isso, podem ser utilizados vários componentes responsáveis para agregar odor e sabor aos alimentos extrusados, como precursores de aroma (MENIS-HENRIQUE et al., 2019; MILK; MILANI; CONTI-SILVA, 2021; MILANI; MENIS-HENRIQUE; CONTI-SILVA, 2022); aromas e compostos voláteis comerciais (CONTI-SILVA; BASTOS; ARÊAS, 2012; MENIS et al., 2013; MILANI et al., 2014), compostos voláteis encapsulados (YULIANI et al., 2004; YULIANI et al., 2006) e aminoácidos (BAEK et al., 2001). Apesar das desvantagens deste método incluírem o comprometimento da textura do produto e as perdas dos compostos voláteis durante o processamento (BHANDARI; D'ARCY; YOUNG, 2001), um estudo desenvolvido por Milk, Milani e Conti-Silva (2021) demonstrou que a incorporação pré-extrusão de vitaminas, aminoácidos, óleos essenciais, aromas e temperos foi capaz de produzir odor e sabor nos *snacks* de milho, além de não apresentar efeitos negativos nas características estruturais.

Outro desafio a ser enfrentado na extrusão com pré-aromatização é a não utilização de lipídios. Apesar do excesso de lipídios contribuir para fatores de risco à saúde (GUY, 2001), eles são extremamente importantes na percepção dos atributos sensoriais, influenciando na aparência, textura, consistência e derretimento, impactando diretamente na aceitação do produto pelo consumidor. Em alimentos com a presença de lipídios, os compostos voláteis lipofílicos se ligam às moléculas lipídicas, as quais agem como um solvente para esses componentes responsáveis pelo odor e sabor. Quando não há presença desse composto, os sabores ficam pouco retidos no produto (TAYLOR; LINFORTH, 2010).

Apesar disso, em estudos conduzidos pelo nosso grupo de pesquisa, Menis-Henrique et al. (2019) extrusaram grits de milho pré-aromatizado com os precursores de aroma cisteína e ácido butírico, e finalizou a aromatização com diferentes teores de óleo de girassol (6 g, 12 g, 18 g e 24 g/100 g de extrusado). Os resultados foram muito promissores e mostrou a viabilidade da produção de *snacks* mais saudáveis, visto que o produto com menor conteúdo lipídico apresentou maior liberação de ácido butírico através de um simulador de mastigação, além de não haver prejuízos nas características dominantes dos *snacks* durante a análise sensorial.

Contestando a desvantagem citada por Bhandari, D'Arcy, Young (2001) sobre o método de aromatização antes da extrusão, os quais citam a perda de compostos voláteis por efeito da aplicação de alta temperatura, estudos conduzidos pelo nosso grupo de pesquisa foram realizados. Milani et al. (2014) extrusaram proteína isolada de soja aromatizadas com compostos voláteis via pré extrusão, e concluiu que a adição desses compostos associado a condições severas de processo (30% umidade e 170°C) gera uma maior retenção de compostos voláteis e maior aceitação sensorial de proteína isolada de soja pelos consumidores. Ainda,

Milani, Menis-Henrique, Conti (2022) adicionaram tiamina (precursor de aroma de carne) à proteína concentrada de soja antes da extrusão, obtendo proteínas texturizadas de soja com propriedades físicas e tecnológicas adequadas. Em outro trabalho ainda não publicado, o mesmo grupo de pesquisa aplicou as proteínas texturizadas de soja com adição de tiamina como precursor de aroma em análogos de carne e *burger* de soja com boa qualidade sensorial e menor odor de soja.

Diante do que foi exposto, o atual trabalho teve como objetivo avaliar os 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.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

Grits de milho (Zanin, Ibiporã, Brasil), sal (Cisne, Cabo frio, Brasil), óleo de girassol (Liza, Mairinque, Brasil) e glutamato monossódico (Aji-no-moto, Limeira, Brasil) foram adquiridos no mercado local da cidade de São José do Rio Preto. Os precursores de aroma de queijo utilizados foram a cisteína (L-cisteína HCL anidra, pureza > 98,6%, Lepuge Insumos Farmacêuticos Ltda., São Bernardo do Campo, Brasil) e ácido butírico de grau alimentício (código W222119, pureza > 99%, Sigma-Aldrich, Milwaukee, EUA).

A proteína concentrada de soja (PCS) da Arcon[®] SM, com no mínimo 70 g/100 g de proteína (base seca), foi fornecida pela ADM Foods & Wellness (Decatur, EUA). A tiamina (vitamina B₁), utilizada como precursor do aroma da carne, foi fornecida pela Sigma-Aldrich (Milwaukee, EUA) na forma de cloridrato de tiamina (pureza > 99%).

4.2 Métodos

4.2.1 Snacks de milho

4.2.1.1 Ajuste da umidade do grits de milho

Inicialmente, a umidade do grits foi determinada pelo método de secagem em estufa a 105 °C (AOAC, 1997), resultando em 14,45% (base seca, b.s.). A umidade foi ajustada para os valores de acordo com cada condição de extrusão (10%, 15% e 20% b.s.; seção 4.2.3). Para obter as condições de 15% e 20% de umidade, a quantidade de água adicionada foi calculada através da equação:

$$\left[\frac{(100 - U_i) \times U_f}{100} \right] - U_i$$

Sendo:

A= quantidade de água a ser adicionada (mL/100)

U_i= umidade inicial do grits em base úmida (%)

U_f= umidade final do grits em base seca (%)

Para isso, o grits de milho foi despejado em uma assadeira e a água foi adicionada aos poucos com o auxílio pipeta e pera. A homogeneização foi realizada até que o todo o material

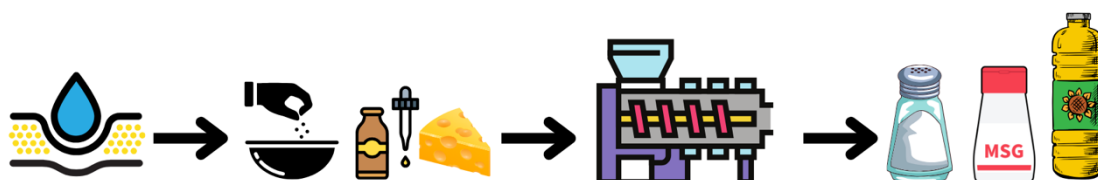
absorvesse a água. Para obter a condição de 10% de umidade, o grits foi colocado em assadeira de alumínio e encaminhado para a estufa de ventilação forçada a 100°C por 1 h.

Os grits foram armazenados em sacos de polietileno selados, mantidos sob refrigeração por 24 h para completa homogeneização da umidade. Posteriormente, a fim de comprovar que a umidade desejada foi alcançada, a análise de umidade foi determinada pelo método de secagem em estufa a 105 °C (AOAC, 1997).

4.2.1.2 Extrusão do grits de milho e obtenção dos snacks de milho

A Figura 1 apresenta o fluxograma de obtenção dos *snacks* de milho.

Figura 1 - Fluxograma de processo dos *snacks* de milho.



Fonte: Elaborada pela autora.

Antecedendo 24 h da extrusão, os grits com a umidade ajustada foram retirados da refrigeração e adicionados de 0,2 g/100 g de cisteína e 0,4 g/100 g de ácido butírico. A adição do ácido butírico foi feita em volume, baseada na sua densidade, com auxílio da pipeta e da pera. A cisteína (pó) foi adicionada em massa.

Posteriormente, a mistura foi homogeneizada, os grits de milho foram armazenados novamente em sacos de polietileno e mantidos sob refrigeração. Duas horas antes da extrusão, os sacos foram retirados e mantidos em temperatura ambiente.

A matéria prima foi extrusada em extrusora de rosca única (modelo RXPQ Labor 24, Indústria de Máquinas INBRAMAQ, Ltda., Ribeirão Preto, Brasil) com cinco zonas de aquecimento independentes, com as seguintes condições: três camisas helicoidais; rosca de passo largo, de uma saída, com taxa de compressão de 3,3:1 e relação comprimento/diâmetro (L/D) de 15,5:1; sub-trafila de orifícios de 3,03 mm; trafilas de orifício único de 2,99 mm; taxa de alimentação de 265 g/min; velocidade de rotação da rosca a 192 rpm; temperaturas nas zonas 1 a 3: desligado (aproximadamente 40 °C), 70 °C e 90 °C, respectivamente. Foram utilizadas três combinações de umidade do grits de milho e temperatura de extrusão:

1. Condição mais severa (menor umidade e maior temperatura): 10% de umidade (base seca) e 140 °C;

2. Condição intermediária: 15% de umidade (base seca) e 120 °C;
3. Condição menos severa (maior umidade e menor temperatura): 20% de umidade (base seca) e 100 °C.

A condição intermediária é usualmente utilizada pelo grupo de pesquisa para obtenção de extrusados de milho com adequadas propriedades físicas (MENIS-HENRIQUE et al., 2019; MENIS-HENRIQUE et al., 2020). Já as demais condições foram determinadas para se avaliar os efeitos de condições extremas e opostas (menor umidade e maior temperatura *versus* maior umidade e menor temperatura) nas características dos produtos, conforme também realizado por Conti-Silva, Bastos, Arêas (2012).

As temperaturas da zona 4 foram sempre 15 °C inferiores às da zona 5. E a sequência dos ensaios foi estabelecida da temperatura mais baixa para a mais alta, para facilitar as mudanças de temperatura. Vale ressaltar que não foi realizado nenhum processo de secagem como geralmente é realizado nas indústrias.

Após a extrusão, as amostras foram cortadas usando molde de 5 cm de comprimento. Cada condição de extrusão foi separada em dois grupos:

- Grupo 1: adição de sal (1,4 g/100 g de extrusado) e glutamato monossódico (0,6 g/100 g de extrusado);
- Grupo 2: adição de sal (1,4 g/100 g de extrusado), glutamato monossódico (0,6 g/100 g de extrusado) e de óleo de girassol (8,28 g/100 g de extrusado).

As quantidades de sal e glutamato foram as utilizadas por Menis-Henrique et al. (2020). Inicialmente, a quantidade de óleo a ser adicionada deveria ser em quantidade suficiente para atingir 6 g/100 g de *snack*, segundo Menis-Henrique et al. (2019). No entanto, considerando as perdas de óleo durante esta etapa (MENIS-HENRIQUE et al., 2020), foi determinada uma previsão de óleo para aspersão, sendo então utilizados 8,28 g de óleo de girassol por 100 g de extrusado.

Considerando as quantidades de sal e glutamato monossódico adicionadas ao extrusado, estima-se que 100 g de *snack* sem óleo e com óleo tenham, respectivamente, 608 mg e 562 mg de sódio. Dessa forma, os *snacks* sem óleo de girassol deveriam apresentar rotulagem nutricional frontal para sódio, visto que possuem quantidade maior ou igual a 600 mg de sódio por 100 g do alimento (BRASIL, 2020).

4.2.1.3 Análises das propriedades físicas dos snacks de milho

A razão de expansão foi determinada pela razão entre o diâmetro do *snack* e o diâmetro da trafa da extrusora, com dez medidas aleatórias. A densidade foi determinada a partir de dez medidas aleatórias do diâmetro (D, cm) e comprimento (L, cm) dos *snacks* usando um paquímetro digital IP54 (Digimess, São Paulo, Brasil) e as amostras também foram pesadas (P, g). A densidade (ρ , g/cm³) foi obtida a partir da seguinte equação: $\rho = 4W/\pi D^2 L$.

A textura instrumental foi determinada usando o analisador de textura TA.XT/Plus/50 (Stable Micro Systems, Godalming, Reino Unido) e o programa *Texture Exponent* 32 (Stable Micro Systems, Godalming, Reino Unido), em dez amostras de 5 cm de comprimento. A análise de textura foi realizada com e sem saliva artificial, pois Guazi, Conti (2023) demonstraram a mudança e surgimento de correlações entre a textura instrumental e sensorial com o uso da saliva artificial. Primeiramente, analisou-se a textura sem o uso de saliva artificial, utilizando o *probe Blade set* com guilhotina (HDP/BS), velocidade de pré-teste de 2 mm/s e velocidade de teste de 1 mm/s.

O mesmo teste foi realizado utilizando saliva artificial preparada segundo Menis-Henrique et al. (2019), adaptado de van Ruth et al. (2001), Friele Taylor (2001) e Muñoz-González et al. (2014), e método proposto por Guazi, Conti (2023), tendo como composição 5,208 g de bicarbonato de sódio, 1,369 g de fosfato de potássio dibásico (trihidratado), 0,877 g de cloreto de sódio, 0,477 g de cloreto de potássio, 0,441 g de cloreto de cálcio dihidratado, 0,500 g de azida de sódio, 2,160 g mucina e alfa-amilase (200.000 unidades).

Foi realizada a aplicação de 1,1 mL de saliva artificial na parte superior da amostra, com o auxílio de uma seringa descartável de 3 mL, e aguardou-se o tempo de 7 s para o início da execução do teste. Utilizou-se o *probe three point bending* (HDP/3PB) com abertura fixa de 8 mm, velocidade de pré-teste de 2 mm/s e velocidade de teste de 1 mm/s. Durante a análise instrumental, os sinais acústicos gerados pela quebra dos *snacks* foram captados utilizando o *Acoustic Envelope Detector-AED* (Stable Micro Systems, Godalming, Reino Unido) acoplado ao analisador de textura e com o programa *Exponent* 32 (Figura 2). As condições de análise foram as mesmas descritas por Dias-Faceto, Salvador e Conti-Silva (2020), utilizando o 'ganho' no nível 1 (6 dB) e limiar de 2,5 dB. Os testes de força e acústico foram realizados simultaneamente em laboratório sem isolamento acústico especial, com temperatura de 22 ± 2 °C. As curvas de força (N) *versus* tempo (s) e nível de pressão sonora (dB) *versus* tempo (s) foram plotadas simultaneamente e os dados coletados foram o pico de força (PAULA; CONTI-

SILVA, 2014) e o nível de pressão sonora (DIAS-FACETO; SALVADOR; CONTI-SILVA, 2020).

Figura 2 - Texturômetro com *probe Blade* set com guilhotina acoplado com *Acoustic Envelope Detector*.



Fonte: Elaborada pela autora.

Finalmente, para a análise de cor os *snacks* foram moídos, transferidos para uma cápsula circular de quartzo e analisados em triplicata, das quais cada replicata foi girada em quatro ângulos (0°, 90°, 180° e 270°), resultando em doze valores para cada amostra. A análise foi realizada em colorímetro Color Flex 45/0 (HunterLab, Reston, EUA) com iluminante D65 e ângulo de observação de 10°. Foi utilizado o sistema CIE-L*C*h (L* = luminosidade, C* = croma e h = tom).

4.2.1.4 Análise sensorial dos *snacks* de milho

A análise sensorial foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos do Ibilce/Unesp. O Comitê de Ética em Pesquisa do mesmo instituto aprovou este estudo (Decisão nº 4.063.455, Anexo A), e os consumidores consentiram sua participação neste estudo antes de iniciá-lo (Apêndice A).

A análise sensorial foi realizada em bloco completo, utilizando cabines individuais a 22 °C e sob luz branca. Os *snacks* foram apresentados em guardanapos codificados com três dígitos de forma balanceada (MACFIE et al., 1989) e monádica. Um copo com água em temperatura ambiente foi dado aos consumidores para beberem entre as amostras.

Os *snacks* de milho foram analisados quanto:

- à aceitação sensorial, utilizando escala hedônica de nove pontos (9 = gostei extremamente, 5 = nem gostei nem desgostei, 1 = desgostei extremamente) (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2006);

- o perfil sensorial por meio das técnicas RATA (*Rate-All-That-Apply*) (ARES et al., 2014) e TDS (*Temporal Dominance of Sensations*) (PINEAU et al., 2009).

Para os testes de aceitação e RATA, foi aplicado um questionário a oitenta e dois consumidores para caracterizá-los (Figura 3). Os consumidores tinham idades entre 18 e 54 anos (86% tinham de 18 e 30 anos), sendo 55% do sexo feminino e que gostam pouco de *snack* com sabor de queijo (35%) ou gostam muito (65%). Em relação à frequência de consumo de *snacks* sabor queijo, 24% consomem pelo menos uma vez por semana, 28% consomem quinzenalmente e 48% uma vez por mês. Os dois testes foram aplicados simultaneamente, primeiramente o RATA e depois o de aceitação (Figura 4), sendo oferecidas duas unidades de cada amostra aos consumidores.

Figura 3 - Ficha de caracterização dos consumidores de *snacks* de milho sabor queijo.

Nome: _____
 Idade: _____ Sexo: () F () M

1) Você consome salgadinhos de pacote?	3) Com que frequência você consome salgadinhos sabor queijo?
() sim	() diariamente
() não	() pelo menos 3 vezes por semana
2) Quanto você gosta de salgadinho sabor queijo?	() pelo menos 1 vez por semana
() gosto muito	() uma vez a cada 15 dias
() gosto pouco	() uma vez por mês
() indiferente	() não consumo
() desgosto pouco	
() desgosto muito	

Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 4 - Ficha de avaliação sensorial (RATA e aceitação) dos *snacks* de milho sabor queijo.

Nome: _____ AMOSTRA nº _____

Você está recebendo uma amostra de salgadinho de milho sabor queijo. Por favor, observe, cheire, prove a amostra e selecione a intensidade dos termos que descrevem o produto. Se for o caso, assinale 'não aplicável' para os termos que não se aplicam a esta amostra.

Pegajoso	☐ Não aplicável	☐ Intensidade baixa	☐ Intensidade média	☐ Intensidade alta
Sabor de óleo	☐ Não aplicável	☐ Intensidade baixa	☐ Intensidade média	☐ Intensidade alta
Dureza	☐ Não aplicável	☐ Intensidade baixa	☐ Intensidade média	☐ Intensidade alta
Odor de queijo	☐ Não aplicável	☐ Intensidade baixa	☐ Intensidade média	☐ Intensidade alta
Odor de óleo	☐ Não aplicável	☐ Intensidade baixa	☐ Intensidade média	☐ Intensidade alta
Sabor de queijo	☐ Não aplicável	☐ Intensidade baixa	☐ Intensidade média	☐ Intensidade alta
Sabor de cereal	☐ Não aplicável	☐ Intensidade baixa	☐ Intensidade média	☐ Intensidade alta
Crocância	☐ Não aplicável	☐ Intensidade baixa	☐ Intensidade média	☐ Intensidade alta
Cor amarela	☐ Não aplicável	☐ Intensidade baixa	☐ Intensidade média	☐ Intensidade alta
Gosto salgado	☐ Não aplicável	☐ Intensidade baixa	☐ Intensidade média	☐ Intensidade alta
Gosto umami (gosto de Mijo/Sazón)	☐ Não aplicável	☐ Intensidade baixa	☐ Intensidade média	☐ Intensidade alta
Sabor de queimado	☐ Não aplicável	☐ Intensidade baixa	☐ Intensidade média	☐ Intensidade alta

Agora avalie o quanto você gosta ou desgosta da amostra em relação aos itens abaixo, usando a escala à direita.

Item	
Aparência	
Odor	
Textura	
Sabor	
Aceitação global	

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

Comentários: _____

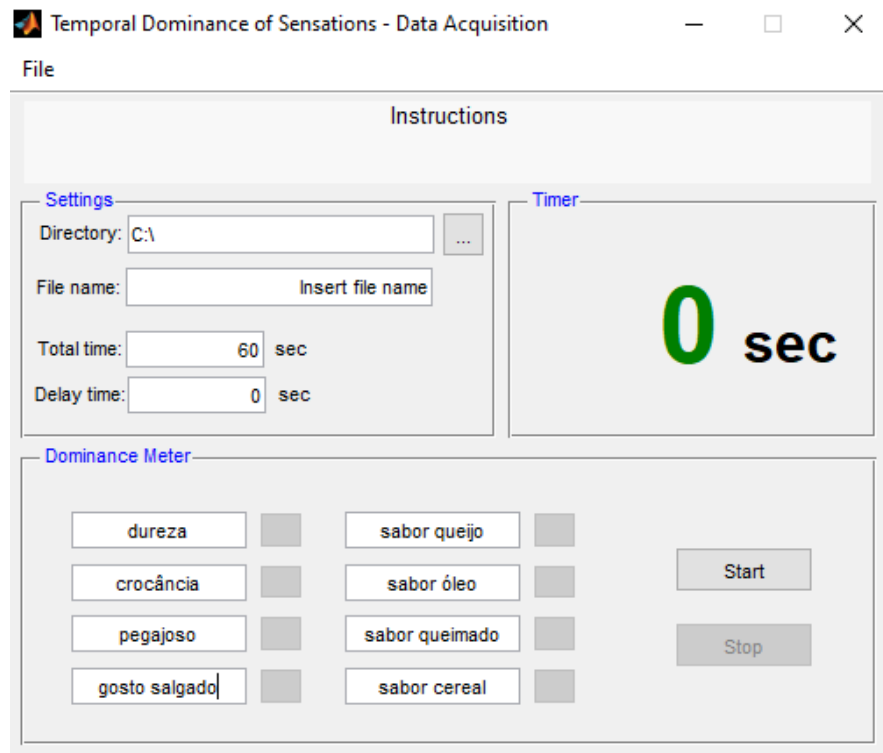
Fonte: Elaborada pela autora.

Para o RATA, os atributos sensoriais utilizados foram os mesmos estudados por Menis - Henrique et al. (2020). Além disso, foram adicionados os atributos "adesivo" e "sabor queimado", em função das amostras apresentarem tais atributos. Os atributos para o RATA foram balanceados nas fichas de avaliação para cada amostra e consumidor, utilizando-se o balanceamento proposto por Macfie et al. (1989). No teste, os consumidores foram instruídos a selecionar atributos aplicáveis a cada amostra e indicar sua intensidade, utilizando uma escala de três pontos (baixo, médio e alto). Atributos que não foram adequados para descrever as amostras foram classificados como "não aplicável". Assim, para análise dos dados, a escala foi ampliada para 4 pontos e decodificada em valores numéricos conforme recomendação de Meyners, Jaeger e Ares (2016).

No teste TDS, foram recrutados setenta e um consumidores, os quais possuíam idade entre 18 a 32 anos (87% entre 18 a 29 anos), sendo 52% do sexo masculino, 61% gostam muito de *snack* sabor queijo, 39% gostam pouco. Quanto à frequência de consumo desse produto, 8% consomem pelo menos uma vez por semana, 24% consomem quinzenalmente e 68% uma vez por mês. O programa *SensoMaker* foi utilizado para o teste de TDS e os atributos avaliados

foram aqueles selecionados para o RATA, excluindo-se o gosto umami devido ao limite de oito atributos permitidos pelo programa (Figura 4). Durante a análise, os consumidores colocaram a amostra na boca (sempre uma unidade de cada amostra) e, simultaneamente, clicaram no botão "START". Ao mastigar e deglutir a amostra, ele deveria selecionar o atributo que mais atraiu sua atenção. Apenas um atributo poderia ser selecionado por vez, entretanto o mesmo atributo poderia ser selecionado várias vezes (Pineau et al., 2009).

Figura 5 - Programa *SensoMaker* utilizado para o teste *Temporal Dominance of Sensations* (TDS) nos *snacks* de milho.



Fonte: Elaborada pela autora.

4.2.1.5 Análise estatística dos dados dos *snacks* de milho

Os dados de propriedades físicas foram submetidos ao *General Linear Model* tendo como fatores a condição de extrusão, adição ou não de óleo e sua interação. Além disso, a mesma análise foi aplicada aos dados do RATA e aceitação sensorial, incluindo os consumidores como fator, mas sem interações dos consumidores com os demais fatores. Todas as análises foram seguidas pelo teste de Tukey e realizadas no Statistica 7.0 (StatSoft Inc., EUA) e nível de significância de 0,05.

Foi realizada a análise de componentes principais (ACP) no mesmo programa, a fim de identificar as principais variáveis responsáveis pelos resultados encontrados, sem perdas dos dados devido ao grande número de informações. Nas colunas foram dispostas as variáveis e nas

linhas as diferentes condições de extrusão e aromatização. Os dados foram padronizados nas colunas e a extração de fatores realizada a partir da matriz de correlação, sem rotação de fatores.

As curvas TDS foram obtidas por meio do programa *SensoMaker* (NUNES; PINHEIRO, 2012) e mostram a taxa de dominância de cada atributo ao longo do tempo, bem como as linhas correspondentes ao “nível de chance” e “nível de significância”. O “nível de chance” é a taxa de dominância que um atributo pode ser obtido por acaso, enquanto o “nível de significância” é o valor mínimo da taxa de dominância considerado como significativo (Pineau et al., 2009). Portanto, um atributo é considerado dominante no momento em que a curva está acima do nível de significância. No entanto, se a curva está entre o nível de chance e o nível de significância, o atributo pode ser considerado como tendo uma tendência à dominância (GALMARINI et al., 2017).

4.2.2 Análogos de carne

4.2.2.1 Ajuste da umidade da proteína concentrada de soja

A umidade da PCS foi determinada pelo método secagem em estufa a 105°C (AOAC, 1997), resultando em 6,79% (base seca, b.s.). A umidade foi ajustada para os valores de 30%, 34% e 38% b.s., de acordo com a condição de extrusão descrita na seção 4.2.10. A quantidade de água a ser adicionada na PCS foi calculada através da equação:

$$\left[\frac{(100 - U_i) \times U_f}{100} \right] - U_i$$

Sendo:

A= quantidade de água a ser adicionada (mL/100)

U_i= umidade inicial do grits em base úmida (%)

U_f= umidade final do grits em base seca (%)

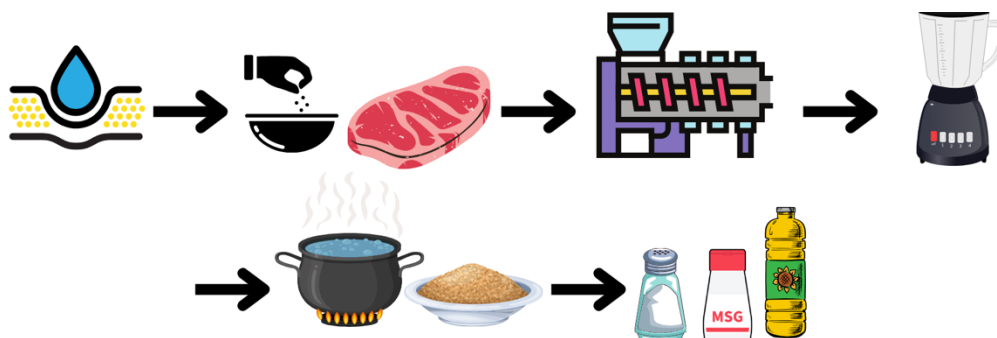
Para isso, a PCS foi colocada em uma batedeira planetária de batedor aramado, a água foi adicionada aos poucos com o auxílio da proveta e a batedeira permaneceu ligada, em velocidade mínima, até que toda a matéria prima absorvesse a água.

Após o ajuste, a proteína concentrada de soja foi armazenada em sacos de polietileno selados, mantidos sob refrigeração por 24 h para completa homogeneização da umidade. Posteriormente, a análise de umidade (método de secagem em estufa) foi refeita com o objetivo de verificar se a umidade desejada foi alcançada.

4.2.2.2 Extrusão da proteína concentrada de soja e obtenção dos análogos de carne

A Figura 6 apresenta o fluxograma de obtenção dos análogos de carne.

Figura 6 - Fluxograma de processo para os análogos de carne.



Fonte: Elaborado pela autora.

As PCS com as umidades ajustadas foram retiradas da refrigeração duas horas antes da extrusão e adicionadas de tiamina (1,5 g/100 g). As misturas foram homogeneizadas manualmente e mantidas em temperatura ambiente até o momento da extrusão.

A metodologia utilizada está de acordo com os estudos de Milani, Menis-Henrique, Conti (2022), com adaptações. A PCS foi extrusada na mesma extrusora utilizada para o grits de milho (seção 4.2.1.2), com mudança nos seguintes parâmetros: sub-trafila de orifícios de 5,8 mm; trafilas de orifício único de 3,6 mm (orifício redondo); taxa de alimentação de 170 g/min; velocidade do parafuso a 216 rpm; temperaturas nas zonas 1 a 3: desligada (aproximadamente 40 °C), 60 °C e 80 °C, respectivamente. Três combinações de umidade e temperatura foram usadas:

- 1- Condição mais severa (menor umidade e maior temperatura): 30% de umidade (base seca) e 180 °C;
- 2- Condição intermediária: 34% de umidade (base seca) e 160 °C;
- 3- Condição menos severa (maior umidade e menor temperatura): 38% de umidade (base seca) e 140 °C.

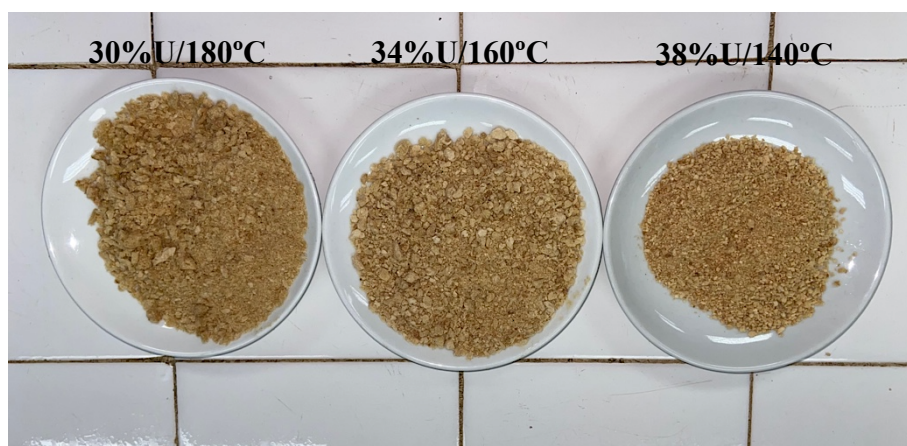
A condição intermediária foi determinada previamente como ótima para extrusão de PCS adicionada de tiamina (MILANI, MENIS-HENRIQUE, CONTI, 2022). Já as demais condições foram determinadas para se avaliar os efeitos de condições extremas e opostas (menor umidade e maior temperatura *versus* maior umidade e menor temperatura) nas características dos produtos, conforme também realizado por Conti-Silva, Bastos, Arêas (2012).

As temperaturas da zona 4 foram sempre 15 °C inferiores às da zona 5. E a sequência dos ensaios foi estabelecida da temperatura mais baixa para a mais alta para facilitar as

mudanças de temperatura. Após a extrusão não foi realizado nenhum processo de secagem como geralmente é realizado nas indústrias.

Para a elaboração dos análogos de carne, as proteínas texturizadas de soja foram trituradas (Figura 6) em pequenas porções, no modo pulsar por 10 s, em liquidificador Philips-Wallita, modelo RI 2034, 600W. Posteriormente, as porções de PTS granuladas foram hidratadas, seguindo a metodologia de Milani (2018), em água pré-aquecida a 100 °C na relação sólido-líquido de 1:4 e mantidas imersas em água por 15 min sem aquecimento.

Figura 7 - Amostras de PTS trituradas.



Fonte: Elaborada pela autora.

Legenda: U = umidade dos grits de milho (base seca) antes da extrusão. Temperatura na zona 5 da extrusora.

Em seguida, cada condição de extrusão foi separada em dois grupos para a finalização da aromatização:

- Grupo 1: em uma panela aquecida, adicionou-se 7,0 g de óleo de soja, 100 g de PTS hidratada, 1,0 g de sal e 0,4 g de glutamato monossódico, homogeneizado por 2 minutos.
- Grupo 2: em outra panela aquecida, acrescentou-se aos 100 g de PTS apenas 1,0 g de sal e 0,4 g de glutamato monossódico, homogeneizado por 2 minutos.

As quantidades de sal e glutamato foram as utilizadas por Milani (2018). Considerando tais quantidades, estima-se que 100 g de análogo de carne sem óleo e com óleo tenham, respectivamente, 433 mg e 405 mg de sódio. Dessa forma, nenhum dos produtos deveria apresentar rotulagem nutricional frontal para sódio, visto que possuem quantidades menores ou iguais a 600 mg de sódio por 100 g do alimento (BRASIL, 2020).

Ao final, foram obtidas seis amostras de análogo de carne, considerando as 3 condições de extrusão (30% de umidade/180 °C; 34% de umidade/160 °C; 38% de umidade/140 °C) e as 2 condições de aromatização (com e sem óleo).

4.2.2.3 Análise das propriedades físicas das proteínas texturizadas de soja e dos análogos de carne.

As PTS foram analisadas para obter informações importantes a respeito do processo de extrusão. Para isso, foram cortadas 10 amostras de aproximadamente 2 cm de comprimento com molde para a medição da razão de expansão e da densidade, as quais foram determinadas da mesma forma supracitada para os *snacks* de milho (seção 4.2.5).

Os análogos de carne foram analisados quanto à capacidade de hidratação, textura e cor instrumentais.

Extrusados possuem a capacidade de absorver água sem se desmanchar, sendo assim, a fim de verificar a texturização das PTS, foi realizado um teste de hidratação (Figura 8), podendo apresentar textura dura (não se desfaz e centro duro), firmes (não se desfaz e se assemelha a uma esponja) ou moles (se desfaz) (MILANI, MENIS-HENRIQUE, CONTI, 2022). Para isso, em uma panela aqueceu-se a água a 100 °C e acrescentou a PTS, cortadas com 2 mm, em uma proporção de 1:4. Os extrusados foram mantidos imersos por 15 min, sem aquecimento. Em seguida, esses foram retirados e, por teste tátil, 3 extrusados aleatórios de cada condição de extrusão foram analisados e classificados. Para ser considerada uma boa texturização, os extrusados devem apresentar textura firme.

Figura 8 - Teste de reidratação.

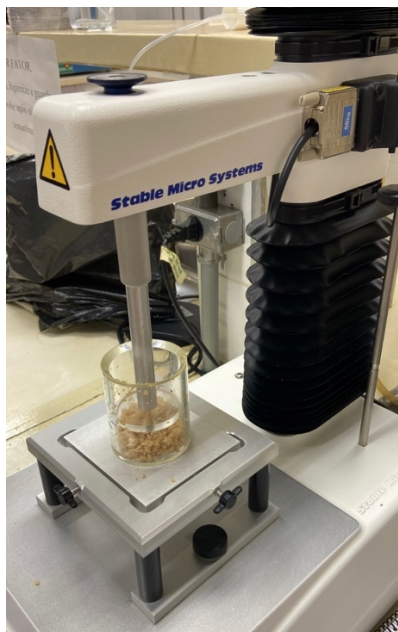


Fonte: Elaborado pela autora.

A textura instrumental foi determinada usando o analisador de textura TA.XT/Plus/50 (Stable Micro Systems, Godalming, Reino Unido) e o programa *Texture Exponent* 32 (Stable Micro Systems, Godalming, Reino Unido), em 5 amostras de cada condição dos análogos de carne, logo após o seu preparo, mantidos entre 46 e 50 °C. Em um recipiente de plástico redondo, medindo 50 mm de altura e 45,6 mm diâmetro interno, foi adicionado o análogo de

carne até a altura de 20 mm (Figura 9). O *probe* cilíndrico com 45 mm de diâmetro foi utilizado e os parâmetros da análise foram: velocidade de pré-teste de 2 mm/s, velocidade de teste de 1,5 mm/s e 50% de compressão (MILANI, 2018). O resultado obtido é dado pela força máxima, em Newtons (N).

Figura 9 - Texturômetro com *probe* cilíndrico.



Fonte: Elaborado pela autora

A análise de cor instrumental foi conduzida da mesma forma descrita na seção 4.2.1.3.

4.2.2.4 *Análise sensorial dos análogos de carne*

A análise sensorial foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos do Ibilce/Unesp. O Comitê de Ética em Pesquisa do mesmo instituto aprovou este estudo (Decisão nº 4.063.455, Anexo A), e os consumidores consentiram sua participação neste estudo antes de iniciá-lo (Apêndice A).

A análise sensorial foi realizada em bloco completo, utilizando cabines individuais a 22 °C e sob luz branca. Para cada condição, cerca de 2 g de análogo de carne foram apresentados para no teste *Temporal Dominance of Sensations* e 4 g para *Rate-All-That-Apply* e aceitação, todas apresentadas em copos plásticos codificados com três dígitos de forma balanceada (MACFIE et al., 1989) e monádica. Uma colher foi dada para auxiliar na degustação e um copo com água para beberem entre as amostras.

Os análogos de carne foram analisados quanto:

- à aceitação sensorial, utilizando escala hedônica de nove pontos (9 = gostei extremamente, 5 = nem gostei nem desgostei, 1 = desgostei extremamente) (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2006);

- o perfil sensorial por meio das técnicas RATA (*Rate-All-That-Apply*) (ARES et al., 2014) e TDS (*Temporal Dominance of Sensations*) (PINEAU et al., 2009).

Para o RATA e aceitação, sessenta consumidores foram caracterizados através de um questionário (Figura 10). Os consumidores tinham idades entre 18 e acima de 45 anos (70% entre 18 e 25 anos), 58% eram do sexo feminino, 48% consumiam alimentos à base de soja pelo menos 1 vez ao mês, 25% a cada 15 dias, 7% uma vez na semana, 17% duas vezes na semana e 3% diariamente. Em relação ao grau de gostar de alimentos à base de soja, 48% afirmaram gostar muito e 52% gostam pouco. Dentre os alimentos à base de soja consumidos, tem-se a proteína texturizada de soja (63%), leite de soja (33%), suco de soja (22%), tofu (17%), molhos (5%), hambúrguer (3%) e *snacks* (2%). Ao serem questionados se consomem algum tipo de carne ou produto cárneo e, se achariam atrativo um produto que não é carne, entretanto tem odor e sabor de carne, 87% responderam que consomem e 97% consideram atrativo.

Figura 10 - Ficha de caracterização de consumidores para os análogos de carne.

1. Nome: _____
2. Sexo: () masculino () feminino
3. Idade: () até 25 anos
() 26 a 30 anos
() 31 a 40 anos
() 41 a 45 anos
() acima de 45 anos
4. Com que frequência você consome alimentos à base de soja?
() Diariamente
() Pelo menos 2 vezes por semana
() 1 vez por semana
() 1 vez a cada 15 dias
() 1 vez ao mês
() Não consumo
5. Quanto você gosta de alimentos à base de soja?
() Gosto muito
() Gosto pouco
() Indiferente
() Desgosto pouco
() Desgosto muito
6. Qual/Quais tipo(s) de alimento(s) à base de soja que você normalmente consome? (Assinale uma ou mais opções)
() Proteína texturizada de soja
() Suco de soja
() Leite de soja
() Tofu
() Outros. Citar: _____
7. Você consome algum tipo de carne ou produto cárneo? () sim () não
8. Você acha atrativo um produto que não é de carne, porém tem odor e sabor de carne? () sim () não

Fonte: Elaborada pela autora.

Os atributos avaliados foram baseados no estudo de Milani (2018), o qual realizou o grupo de foco para definir a lista de atributos sensoriais que descreviam os análogos de carne produzidos com tiamina como precursor de aroma. A ficha de avaliação é apresentada na Figura 11.

Figura 11 - Ficha de avaliação sensorial (RATA e aceitação) dos análogos de carne.

Nome: _____ AMOSTRA n° _____

Você está recebendo uma amostra de análogo de carne. Por favor, observe, cheire, prove a amostra e selecione a intensidade dos termos que descrevem o produto. Se for o caso, assinale 'não aplicável' para os termos que não se aplicam a esta amostra.

Textura borrachenta	☐ Não aplicável	☐ Intensidade baixa	☐ Intensidade média	☐ Intensidade alta
Gostoso	☐ Não aplicável	☐ Intensidade baixa	☐ Intensidade média	☐ Intensidade alta
Sabor de tempero	☐ Não aplicável	☐ Intensidade baixa	☐ Intensidade média	☐ Intensidade alta
Sabor residual de queimado	☐ Não aplicável	☐ Intensidade baixa	☐ Intensidade média	☐ Intensidade alta
Odor de carne	☐ Não aplicável	☐ Intensidade baixa	☐ Intensidade média	☐ Intensidade alta
Cheiroso	☐ Não aplicável	☐ Intensidade baixa	☐ Intensidade média	☐ Intensidade alta
Textura úmida	☐ Não aplicável	☐ Intensidade baixa	☐ Intensidade média	☐ Intensidade alta
Cor caramelo	☐ Não aplicável	☐ Intensidade baixa	☐ Intensidade média	☐ Intensidade alta
Cor branca	☐ Não aplicável	☐ Intensidade baixa	☐ Intensidade média	☐ Intensidade alta
Gosto salgado	☐ Não aplicável	☐ Intensidade baixa	☐ Intensidade média	☐ Intensidade alta
Odor de soja	☐ Não aplicável	☐ Intensidade baixa	☐ Intensidade média	☐ Intensidade alta
Textura esfarelenta/arenosa	☐ Não aplicável	☐ Intensidade baixa	☐ Intensidade média	☐ Intensidade alta
Sabor de miojo	☐ Não aplicável	☐ Intensidade baixa	☐ Intensidade média	☐ Intensidade alta
Grânulos uniformes	☐ Não aplicável	☐ Intensidade baixa	☐ Intensidade média	☐ Intensidade alta
Sabor de carne	☐ Não aplicável	☐ Intensidade baixa	☐ Intensidade média	☐ Intensidade alta

Agora avalie o quanto você gosta ou desgosta da amostra em relação aos itens abaixo, usando a escala à direita.

Item	Avaliação
Aparência	
Odor	
Textura	
Sabor	
Aceitação global	

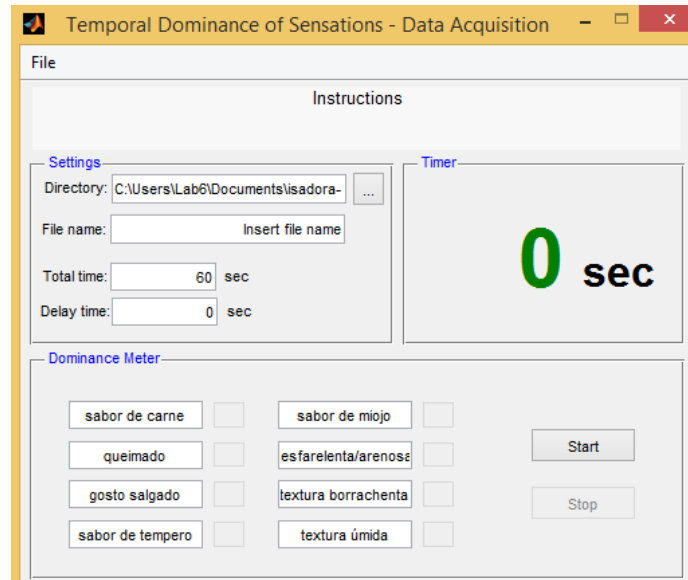
9 – gostei extremamente
 8 – gostei muitíssimo
 7 – gostei moderadamente
 6 – gostei levemente
 5 – não gostei nem desgostei
 4 – desgostei levemente
 3 – desgostei moderadamente
 2 – desgostei muitíssimo
 1 – desgostei extremamente

Fonte: Elaborada pela autora.

Para o TDS, apenas oito consumidores foram recrutados, os quais 63% possuíam até 25 anos e 38% entre 26 e 30 anos, sendo 63% do sexo feminino, 75% gostam muito de alimentos à base de soja e 25% gostam pouco. Quanto à frequência de consumo desse produto, 75% consomem pelo menos uma vez no mês, 13% uma vez a cada 15 dias e 13% pelo menos uma vez por semana. Os alimentos consumidos pelos avaliadores são a proteína texturizada de soja (75%), soja em grãos (13%) e suco de soja (13%), além disso 100% deles consomem algum tipo de carne e acham atrativo um produto com sabor e odor de carne. Apesar de alguns autores citarem a crescente preocupação da população com recursos naturais, impactos que a pecuária provoca no meio ambiente e, sobretudo, o aumento do consumo e popularização de alimentos com apelo sustentável como substitutos de carne (ZHANG et al., 2021; LEE et al., 2023), nesta pesquisa enfrentou-se uma resistência quanto à aderência e participação da comunidade acadêmica do Ibilce.

Os atributos avaliados pelo teste foram os mesmos selecionados para RATA, exclusivamente aqueles relacionados a textura e sabor do produto (Figura 12). A metodologia utilizada está de acordo com Pineau et al. (2009), descrita anteriormente na seção 4.2.6.

Figura 12 - Programa SensoMaker utilizado para o teste *Temporal Dominance of Sensations* (TDS) nos análogos de carne.



Fonte: Elaborada pela autora.

4.2.2.5 Análise estatística dos dados das proteínas texturizadas de soja e dos análogos de carne

Os dados de razão de expansão e densidade foram submetidos à análise de variância (ANOVA) fator único, seguida pelo teste de Tukey. Adotou-se nível de significância de 0,05 e se utilizou o programa Statistica 7.0 (StatSoft Inc., EUA). As demais análises foram as mesmas realizadas para os *snacks* de milho (seção 4.2.8).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 *Snacks* de milho

5.1.1 *Propriedades físicas dos snacks de milho*

A razão de expansão e a densidade dos *snacks* de milho variaram de 3,6 a 4,4 e de 0,08 a 0,15 g/cm³, respectivamente (Tabela 1). Os valores dessas variáveis se aproximam dos resultados encontrados por Menis-Henrique et al. (2020), sendo de 4,2 a 4,7 para a razão de expansão e de 0,09 a 0,13 g/cm³ para a densidade.

Para essas duas variáveis houve efeito apenas das condições de extrusão (Tabela 2), sendo que os *snacks* de milho obtidos sob 15% U/120 °C tiveram a maior razão de expansão (Figura 13A), enquanto os obtidos sob 20% U/100 °C apresentaram a maior densidade (Figura 13B). Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Conti-Silva, Bastos e Arêas (2012), sendo que a condição intermediária (15% U/110 °C) também alcançou a maior razão de expansão e a menos severa (20% U/90 °C) maior densidade e menor razão de expansão. Quando se utiliza alta umidade e baixa temperatura, a vaporização da água durante e no final do processamento fica comprometida, reduzindo a expansão dos produtos, aumentando sua densidade (BRENNAN et al., 2013).

Tabela 1 - Propriedades físicas dos *snacks* de milho (média $\pm$ dp).

	sem óleo de girassol			com óleo de girassol		
	10% U/140 °C	15% U/120 °C	20% U/100 °C	10% U/140 °C	15% U/120 °C	20% U/100 °C
razão de expansão (adimensional)	3,8 $\pm$ 0,2	4,3 $\pm$ 0,5	3,9 $\pm$ 0,4	3,9 $\pm$ 0,4	4,4 $\pm$ 0,4	3,6 $\pm$ 0,2
densidade (g/cm ³)	0,08 $\pm$ 0,01	0,09 $\pm$ 0,02	0,13 $\pm$ 0,03	0,09 $\pm$ 0,01	0,09 $\pm$ 0,01	0,15 $\pm$ 0,02
pico de força sem saliva artificial (N)	13,6 $\pm$ 2,0	17,3 $\pm$ 1,6	19,8 $\pm$ 2,2	14,2 $\pm$ 3,5	16,5 $\pm$ 2,6	24,1 $\pm$ 2,9
nível de pressão sonora sem saliva artificial (dB)	89,0 $\pm$ 2,2	94,0 $\pm$ 1,5	92,9 $\pm$ 4,3	88,6 $\pm$ 3,4	94,1 $\pm$ 1,7	93,5 $\pm$ 2,7
pico de força com saliva artificial (N)	18,0 $\pm$ 3,3	17,5 $\pm$ 0,9	22,1 $\pm$ 2,7	8,1 $\pm$ 2,0	12,5 $\pm$ 3,4	17,0 $\pm$ 4,0
nível de pressão sonora com saliva artificial (dB)	85,3 $\pm$ 5,0	91,8 $\pm$ 2,8	91,4 $\pm$ 2,5	83,9 $\pm$ 3,3	85,6 $\pm$ 5,2	87,7 $\pm$ 1,2
L*	69,7 $\pm$ 0,7	75,2 $\pm$ 0,1	79,0 $\pm$ 0,1	65,7 $\pm$ 0,1	73,1 $\pm$ 0,1	77,0 $\pm$ 0,1
C*	34,2 $\pm$ 0,2	41,5 $\pm$ 0,1	50,5 $\pm$ 0,1	37,7 $\pm$ 0,1	46,0 $\pm$ 0,1	55,3 $\pm$ 0,2
h (°)	78,1 $\pm$ 0,1	80,6 $\pm$ 0,0	81,6 $\pm$ 0,1	77,2 $\pm$ 0,1	80,1 $\pm$ 0,1	81,4 $\pm$ 0,2

Fonte: Elaborada pela autora.

U = unidade do grão de milho (base seca) antes da extrusão. Temperatura na zona 5 da extrusora.

n = 10 para razão de expansão, densidade, pico de força e nível de pressão sonora. n = 12 para L*, C* e h.

Tabela 2 - Significância dos fatores do *general linear model* para as propriedades físicas dos *snacks* de milho.

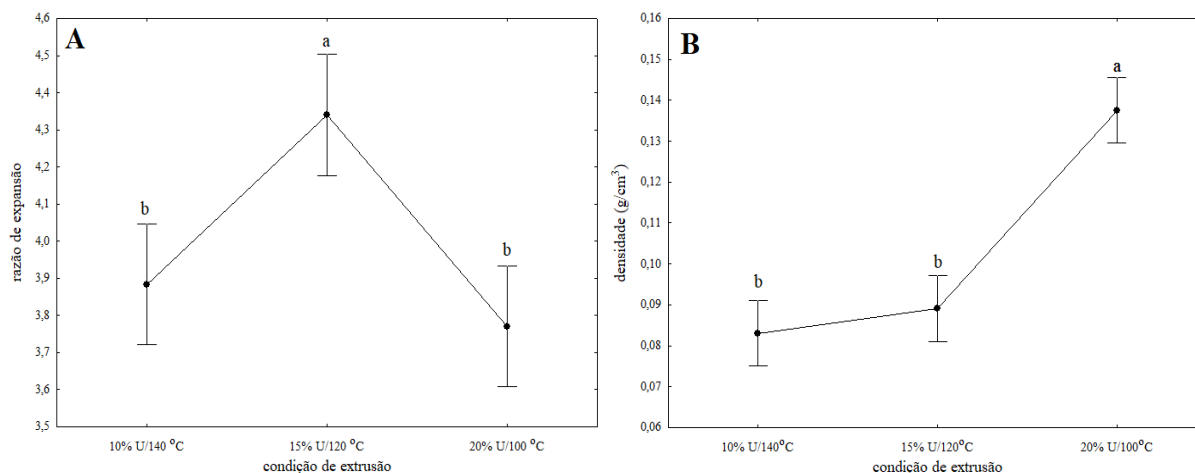
propriedades físicas	fatores		
	condição de extrusão (CE)	óleo de girassol (OG)	CE x OG
razão de expansão	***	ns	ns
densidade	***	ns	ns
pico de força sem saliva artificial	***	*	**
nível de pressão sonora sem saliva artificial	***	ns	ns
pico de força com saliva artificial	***	***	*
nível de pressão sonora com saliva artificial	***	***	ns
L*	***	***	***
C*	***	***	***
h	***	***	***

Fonte: Elaborada pela autora.

* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

ns = não significativo.

Figura 13 - Razão de expansão (A) e densidade (B) dos *snacks* de milho (média $\pm$ 95% intervalo de confiança; n = 20).



Fonte: Elaborada pela autora.

Legenda: U = umidade dos grãos de milho (base seca) antes da extrusão. Temperatura na zona 5 da extrusora. Letras diferentes indicam médias estatísticas diferentes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Para a textura instrumental, o pico de força e nível de pressão sonora sem utilização de saliva artificial variaram, respectivamente, de 13,6 a 24,1 N e de 88,6 a 94,1 dB, enquanto as mesmas variáveis variaram de 8,1 a 22,1 N e de 83,9 a 91,8 dB quando a saliva artificial foi utilizada (Tabela 1). Houve variação no efeito dos fatores (Tabela 2): enquanto o pico de força (com e sem saliva) teve influência das condições de extrusão e óleo de girassol, além de sua interação, o nível de pressão sonora sem saliva artificial foi influenciado apenas pelas condições de extrusão, enquanto esta mesma variável, avaliada com saliva artificial, teve influência das condições de extrusão e do óleo de girassol.

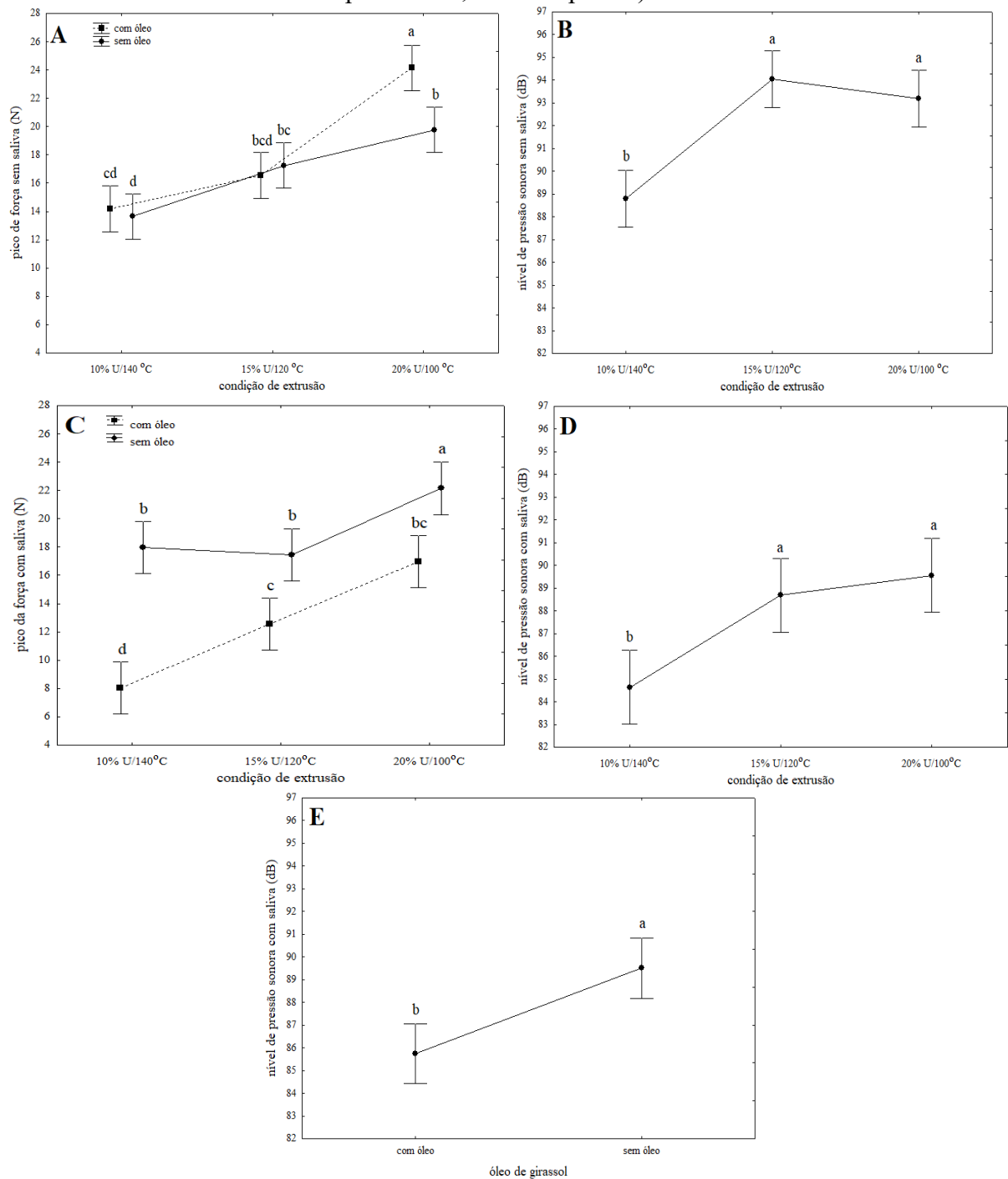
O pico de força sem saliva foi superior para os *snacks* obtidos sob 20% U/100 °C e com óleo (Figura 14A), inclusive em relação à mesma condição de extrusão, mas sem óleo. Conforme já explicado anteriormente, quando se utiliza alta umidade e baixa temperatura, a vaporização da água durante e no final do processamento fica comprometida, reduzindo a expansão dos produtos e aumentando a força necessária para seu corte (BRENNAN et al., 2013; CONTI-SILVA; BASTOS; ARÊAS, 2012; LEONARD et al., 2020). No caso desta amostra, provavelmente o óleo enrijeceu a amostra, levando à maior força, o que deve ter relação com sua estrutura, uma vez que o óleo não teve efeito nas demais condições de extrusão. Quando a saliva artificial foi utilizada, a força foi menor em todas as condições de extrusão e com óleo. Neste caso, pode-se atribuir tais resultados a algum tipo de interação entre o óleo e própria saliva artificial, uma vez que esse efeito foi observado somente nas amostras com óleo. Ainda, a condição de 20% U/100 °C sem óleo demonstrou o maior valor, enquanto a condição 10% U/140

°C com óleo, o menor (Figura 14C). Em condições mais severas de extrusão, como a 10% U/140 °C, ocorre maior cisalhamento da massa durante o processamento, levando a um produto com estrutura mais frágil, ao contrário da menos severa (20% U/100 °C) (BRENNAN et al., 2013; CONTI-SILVA; BASTOS; ARÊAS, 2012; LEONARD et al., 2020). Dessa forma, essa estrutura mais frágil dos *snacks* na condição 10% U/140 °C pode facilitar a absorção do óleo, reduzindo a força necessária para seu corte.

Quando se compara as Figuras 14A e 14C, nota-se que há um comportamento contrário entre as amostras na ausência e presença de óleo. Quando não há utilização de óleo de girassol, os picos de força são menores quando não há saliva (Figura 14A) em comparação à utilização de saliva (Figura 14C). Com a utilização de saliva artificial, a amostra fica úmida e, como consequência, ao invés do *snack* ser rompido/cortado, ele é esmagado, aumentando a resistência e força. Esses resultados corroboram os encontrados por Guazi (2021), a qual também observou tal efeito da saliva na textura instrumental dos *snacks* comerciais. No entanto, os *snacks*, quando na presença de óleo, apresentaram picos de força maiores quando avaliados sem saliva. Neste caso, considerando que a saliva possui alfa-amilase, esta pode ter digerido o amido do *snack*, que, juntamente à absorção do óleo, pode ter provocado o amolecimento do produto, e assim o *snack* se rompe mais facilmente.

Os *snacks* obtidos sob 10% U/140 °C possuem níveis de pressão sonora inferiores quando analisados sem (Figura 14B) e com (Figura 14D) saliva artificial. Quando se utiliza baixa umidade e alta temperatura, ocorre um grande cisalhamento da massa dentro da extrusora, podendo resultar em um produto com estrutura mais fragilizada, reduzindo a intensidade de som gerado durante o rompimento do produto. Ademais, o nível de pressão sonora dos *snacks* com saliva é superior quando não há o uso de óleo. Novamente, algum tipo de interação pode ter ocorrido entre a saliva e o *snack*. Além disso, a capacidade de lubrificação do óleo pode ter causado um menor atrito da amostra durante a compressão, reduzindo o som emitido.

Figura 14 - Textura instrumental, com e sem saliva artificial, dos *snacks* 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).



Fonte: Elaborada pela autora.

Legenda: U = umidade dos grits de milho (base seca) antes da extrusão. Temperatura na zona 5 da extrusora. Letras diferentes indicam médias estatísticas diferentes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

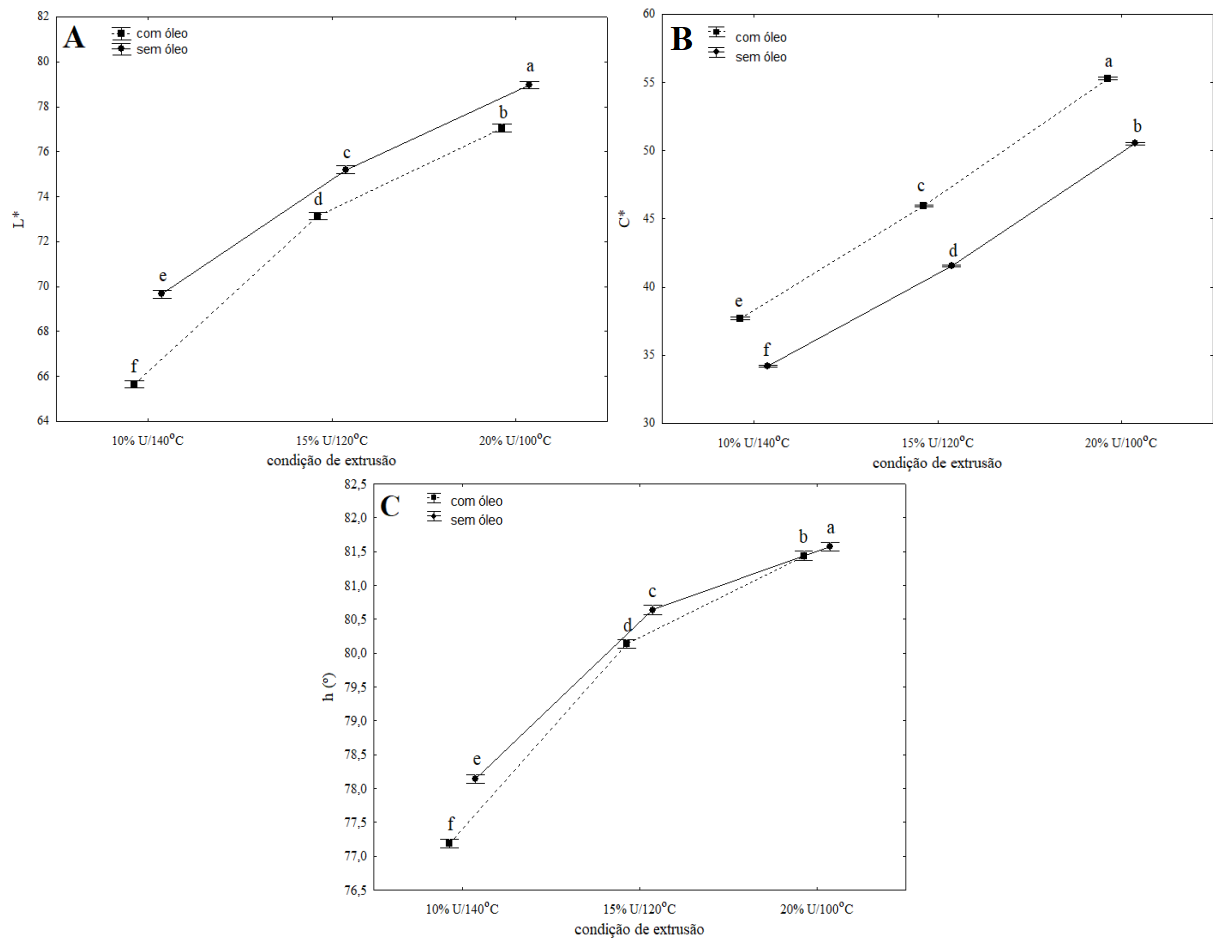
Para a cor instrumental, os valores de luminosidade (L^*), croma (C^*) e tom (h) variaram, respectivamente, de 65,7 a 79,0, de 34,2 a 55,3 e de 77,2 a 81,6 (Tabela 1). Isso indica que os *snacks* possuem cor clara (altos valores de luminosidade) e amarela, visto que os ângulos das

cores estão entre 70 e 82° (RAMOS; GOMIDE, 2017). Os *snacks* podem ser vistos na Figura 14. Para todas as variáveis de cor, houve influência das condições de extrusão e óleo de girassol, além de sua interação (Tabela 2).

Os valores de L^* , C^* e h (Figuras 15A, 15B, 15C respectivamente) aumentaram da condição de extrusão 10% U/140 °C para 20% U/100 °C. Como citado anteriormente, a cor é afetada pela aplicação de altas temperaturas, provocando alterações de pigmentos devido à degradação de pigmentos, reação de Maillard e caramelização (LEONARD et al., 2020; YI et al., 2022). Segundo Guy (2001), o grits de milho submetido a 120 °C por 45 s na extrusão, produzirá *snacks* com coloração amarelada, entretanto se temperatura for alterada para 150 °C, a maior parte dessa cor se perderá. Isso pode ser observado nas cores direcionadas ao marrom e amarelo para os *snacks* obtidos, respectivamente, nas condições de extrusão 10% U/140 °C e 20% U/100 °C (Figura 16). Ainda, de acordo com o autor, algumas reações posteriores, condensação e formação de compostos fenólicos poliméricos, são capazes de produzir cores marrom-avermelhadas claras. Essas transformações podem ser observadas nos *snacks* submetidos ao processo de extrusão com 10% U/140 °C, pois a reação de Maillard é favorecida tanto pela ação do calor, quanto pela baixa umidade (LEONARD et al., 2020). Ainda, baixas temperaturas não são capazes de degradar os pigmentos da matéria-prima, apresentando coloração mais saturada (croma maior) (MENIS-HENRIQUE et al., 2020).

Já o efeito do óleo foi diferente dependendo do atributo de cor, reduzindo os valores de L^* e h (Figuras 15A e 15C, respectivamente), e aumentando os valores de C^* (Figura 15B). O óleo atua como uma 'cobertura' sobre o *snack*, reduzindo a luminosidade, além de possuir uma coloração levemente amarelada, colaborando para maiores valores de croma (MENIS-HENRIQUE et al., 2020).

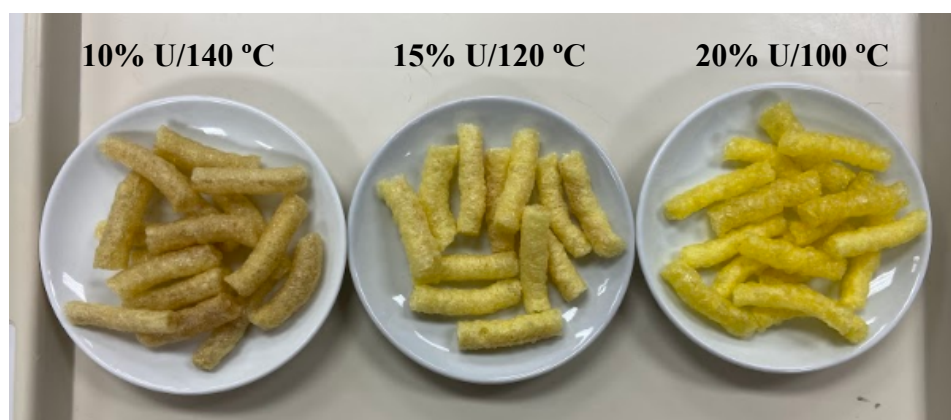
Figura 15 - L^* (A), C^* (B), h (C) dos *snacks* de milho (média $\pm$ 95% intervalo de confiança; $n = 12$).



Fonte: Elaborada pela autora.

Legenda: U = umidade dos grãos de milho (base seca) antes da extrusão. Temperatura na zona 5 da extrusora. Letras diferentes indicam médias estatísticas diferentes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Figura 16 - *Snacks* de milho.



Fonte: Elaborada pela autora.

Legenda: U = umidade dos grãos de milho (base seca) antes da extrusão. Temperatura na zona 5 da extrusora.

5.1.2 Aceitação sensorial e perfil sensorial por meio da técnica RATA

As características sensoriais dos *snacks* de milho são apresentadas na Tabela 3. As intensidades dos atributos medidos por meio do RATA variaram de 0,1 (sabor queimado para amostra 20% U/100 °C com óleo de girassol) a 2,6 (dureza para amostras 20% U/100 °C com e sem óleo) em uma escala que variou de 0 (não aplicável) a 3 (alta intensidade). Além disso, a aceitação sensorial variou de 3,5 (aceitação de sabor para amostra 10% U/140 °C sem óleo) a 7,4 (aceitação de aparência para amostra 15% U/120 °C com óleo) em uma escala de 9 pontos (9 = gostei extremamente, 5 = nem gostei nem desgostei, 1 = desgostei extremamente).

Tabela 3 - Características sensoriais dos *snacks* de milho (média $\pm$ DP; n = 82)

característica sensorial	sem óleo de girassol			com óleo de girassol		
	10% U/140 °C	15% U/120 °C	20% U/100 °C	10% U/140 °C	15% U/120 °C	20% U/100 °C
<i>perfil sensorial</i>						
cor amarela	1,1 $\pm$ 0,6	1,9 $\pm$ 0,8	2,3 $\pm$ 0,7	1,3 $\pm$ 0,7	2,3 $\pm$ 0,7	2,5 $\pm$ 0,7
odor de queijo	0,9 $\pm$ 0,8	1,1 $\pm$ 0,9	0,9 $\pm$ 0,8	1,1 $\pm$ 0,8	1,3 $\pm$ 0,8	1,5 $\pm$ 0,8
odor de óleo	0,5 $\pm$ 0,7	0,3 $\pm$ 0,6	0,4 $\pm$ 0,6	0,7 $\pm$ 0,8	0,4 $\pm$ 0,6	0,6 $\pm$ 0,7
dureza	1,0 $\pm$ 0,8	1,6 $\pm$ 0,8	2,6 $\pm$ 0,8	1,0 $\pm$ 0,6	1,6 $\pm$ 0,8	2,6 $\pm$ 0,7
crocância	2,0 $\pm$ 0,8	2,2 $\pm$ 0,7	2,2 $\pm$ 0,9	2,1 $\pm$ 0,9	2,4 $\pm$ 0,7	2,4 $\pm$ 0,9
pegajoso	1,4 $\pm$ 0,9	1,0 $\pm$ 0,9	1,1 $\pm$ 1,0	1,3 $\pm$ 1,0	1,0 $\pm$ 0,8	1,1 $\pm$ 1,0
gosto salgado	0,8 $\pm$ 0,7	0,7 $\pm$ 0,6	0,7 $\pm$ 0,6	1,3 $\pm$ 0,8	1,5 $\pm$ 0,7	1,6 $\pm$ 0,8
gosto umami	0,5 $\pm$ 0,6	0,5 $\pm$ 0,7	0,5 $\pm$ 0,8	0,9 $\pm$ 0,8	1,1 $\pm$ 0,9	1,3 $\pm$ 1,0
sabor de cereal	1,2 $\pm$ 1,0	1,5 $\pm$ 0,9	1,6 $\pm$ 1,0	1,2 $\pm$ 0,8	1,2 $\pm$ 0,8	1,2 $\pm$ 0,9
sabor de queijo	0,5 $\pm$ 0,6	0,7 $\pm$ 0,6	0,7 $\pm$ 0,7	1,1 $\pm$ 0,8	1,5 $\pm$ 0,8	1,5 $\pm$ 0,8
sabor de queimado	1,9 $\pm$ 1,1	0,3 $\pm$ 0,6	0,2 $\pm$ 0,5	1,6 $\pm$ 1,2	0,2 $\pm$ 0,4	0,1 $\pm$ 0,3
sabor de óleo	0,9 $\pm$ 0,9	0,6 $\pm$ 0,8	0,7 $\pm$ 1,1	0,9 $\pm$ 0,9	0,6 $\pm$ 0,7	0,8 $\pm$ 1,2
<i>aceitação sensorial</i>						
aparência	4,9 $\pm$ 2,0	6,9 $\pm$ 1,5	6,5 $\pm$ 1,9	5,1 $\pm$ 1,9	7,4 $\pm$ 1,1	6,8 $\pm$ 1,7
odor	5,1 $\pm$ 1,8	5,9 $\pm$ 1,6	5,7 $\pm$ 1,8	5,7 $\pm$ 1,8	6,5 $\pm$ 1,7	6,5 $\pm$ 1,7
textura	6,3 $\pm$ 2,2	6,3 $\pm$ 1,6	4,1 $\pm$ 2,1	6,7 $\pm$ 1,8	6,8 $\pm$ 1,7	4,3 $\pm$ 2,0
sabor	3,5 $\pm$ 1,9	4,9 $\pm$ 1,7	4,0 $\pm$ 2,0	4,9 $\pm$ 2,4	6,5 $\pm$ 1,6	5,7 $\pm$ 1,9
aceitação global	4,2 $\pm$ 1,7	5,6 $\pm$ 1,5	4,4 $\pm$ 1,7	5,2 $\pm$ 2,1	6,7 $\pm$ 1,4	5,5 $\pm$ 1,8

Fonte: Elaborada pela autora.

U = umidade dos grãos de milho (base seca) antes da extrusão. Temperatura na zona 5 da extrusora.

Considerando os efeitos do fator de condição de extrusão no perfil sensorial dos *snacks*, aqueles produzidos em condições intermediárias e menos severa apresentaram semelhanças interessantes, os quais ambos possuem maiores intensidades de crocância (Figura 17A), coloração amarela, dureza e sabor queijo (gráficos não apresentados) e menores intensidades de pegajoso (Figura 17B), odor óleo (Figura 17C) e sabor queimado (gráfico não apresentado). Desta forma, é possível evidenciar que os dois exibem os atributos desejados para os consumidores.

Por outro lado, os *snacks* de milho obtidos sob 10% U/140 °C tiveram um comportamento oposto a todos esses descritos, indicando maior intensidade para atributos não desejados. O uso de baixa umidade e alta temperatura levam a um maior cisalhamento da massa durante a extrusão, resultando em *snacks* com cor direcionada para o marrom (menor coloração amarela), com maior sabor queimado e estrutura mais frágil (menor crocância e dureza) (CONTI-SILVA; BASTOS; ARÊAS, 2012; LEONARD et al., 2020).

Além disso, considerando que foram utilizadas baixa umidade e alta temperatura, o teor de umidade (base úmida) nos *snacks* 10% U/140 °C foi menor (7,6% no sem óleo e 7,9% no com óleo) em relação à condição intermediária (8,7% no sem óleo e 8,4% no com óleo) e à menos severa (9,3% no sem óleo e 9,0% no com óleo). Desta forma, durante a mastigação necessita-se que mais saliva seja adicionada ao bolo alimentar durante a mastigação até o ponto de ser deglutido, aumentando a sensação de pegajoso.

Em relação ao sabor de queijo, a menor intensidade para *snack* 10% U/140 °C deve-se provavelmente ao maior sabor queimado, reduzindo a percepção do sabor de queijo. Além disso, a condição de extrusão mais severa também pode ter favorecido a perda de compostos voláteis. De fato, a retenção do ácido butírico observada por Conti-Silva, Bastos, Arêas (2012) foi menor na condição de extrusão mais severa.

É importante salientar a vantagem da utilização dos precursores de aroma utilizados, visto que os aromas comerciais contêm vários ingredientes em sua composição, como sal micronizado iodado, amido de milho, malto dextratina, amido modificado, derivados de leite e substâncias aromatizantes, podendo inclusive serem alergênicos para certos consumidores.

Tabela 4 - Significância dos fatores do *General Linear Model* para o perfil sensorial e aceitação dos *snacks* de milho.

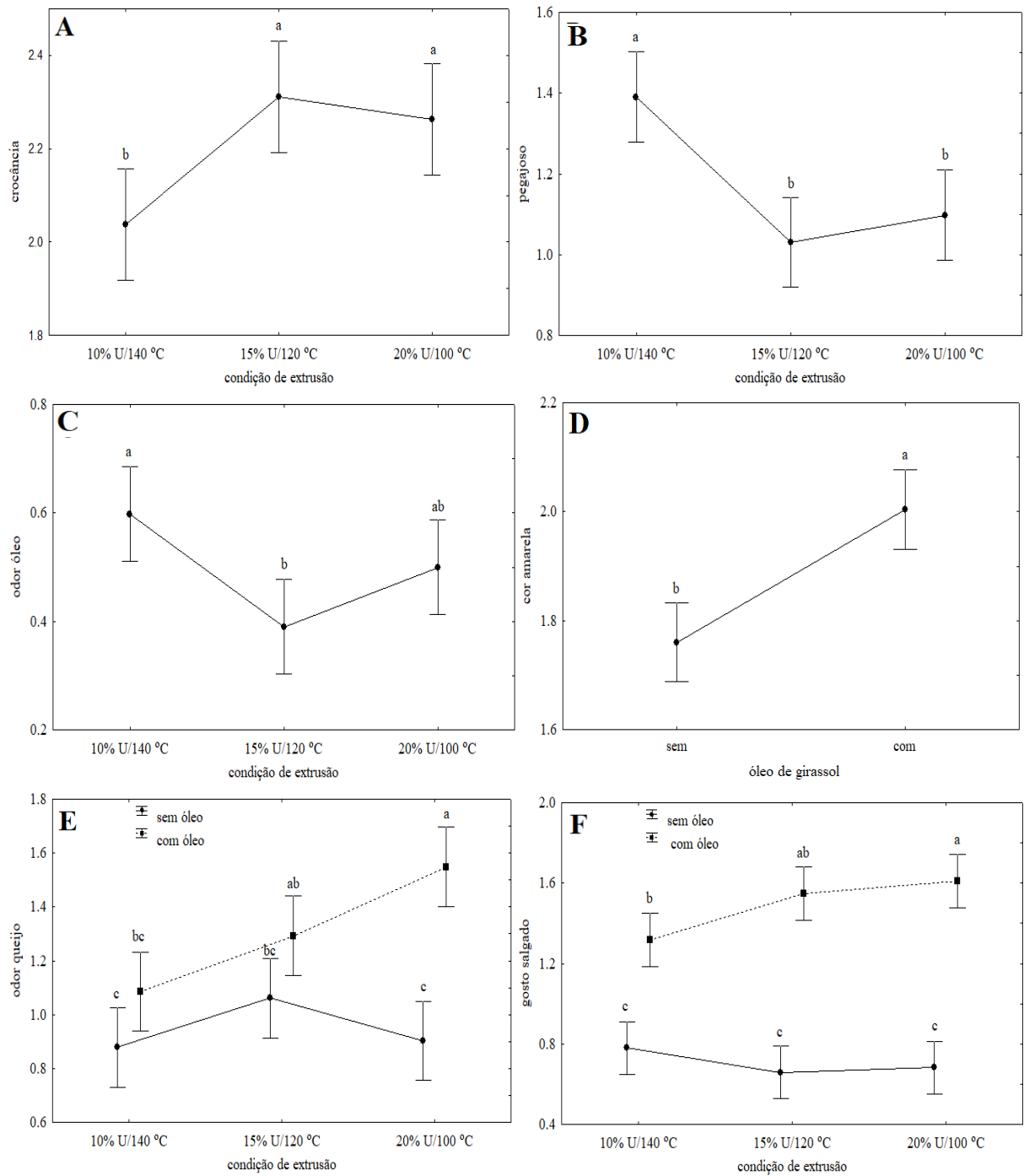
característica sensorial	fatores			
	consumidor	condição de extrusão (CE)	óleo de girassol (OG)	CE x OG
<i>perfil sensorial</i>				
cor amarela	***	***	***	ns
odor de queijo	***	**	***	**
odor de óleo	***	**	*	ns
dureza	***	***	ns	ns
crocância	**	***	ns	ns
pegajoso	***	***	ns	ns
gosto salgado	***	ns	***	**
gosto umami	***	*	***	*
sabor de cereal	***	ns	***	ns
sabor de queijo	***	***	***	ns
sabor queimado	***	***	*	ns
sabor de óleo	***	**	ns	ns
<i>aceitação sensorial</i>				
aparência	***	***	**	ns
odor	***	***	***	ns
textura	***	***	*	ns
sabor	***	***	***	ns
aceitação global	***	***	***	ns

Fonte: Elaborada pela autora.

* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

ns = não significativo.

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).



Fonte: Elaborada pela autora.

Legenda: U = umidade dos grãos de milho (base seca) antes da extrusão. Temperatura na zona 5 da extrusora. Letras diferentes indicam médias estatísticas diferentes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A adição de óleo aumentou a cor amarela, odor de óleo e sabor de queijo, e diminuiu o sabor de cereal e sabor de queimado (Figura 17D; apenas o gráfico para a cor amarela é mostrado). Em relação à cor amarela, provavelmente o óleo de girassol, por possuir coloração

levemente amarelada, contribuiu para a maior coloração amarela dos *snacks*. Comportamento semelhante foi encontrado para a cromaticidade amarela e croma do *snack* de milho (MENIS-HENRIQUE et al., 2020). Em relação ao sabor de queijo, a presença de lipídios leva a um atraso na liberação de compostos voláteis lipofílicos (MENIS-HENRIQUE et al., 2019), pois os compostos voláteis precisam primeiro ser liberados da matriz alimentar (encapsulação dentro do *snack*), para migrar através das interfaces do óleo (óleo de girassol polvilhado sobre o produto) para a saliva, e então ser liberado para o *headspace* dentro da boca (LELAND, 1997; ROOS, 1997). Assim, a liberação de compostos voláteis, principalmente de ácido butírico, durou mais tempo, resultando em uma maior percepção da intensidade do sabor de queijo e, conseqüentemente, diminuindo a percepção da intensidade do sabor de cereal e queimado.

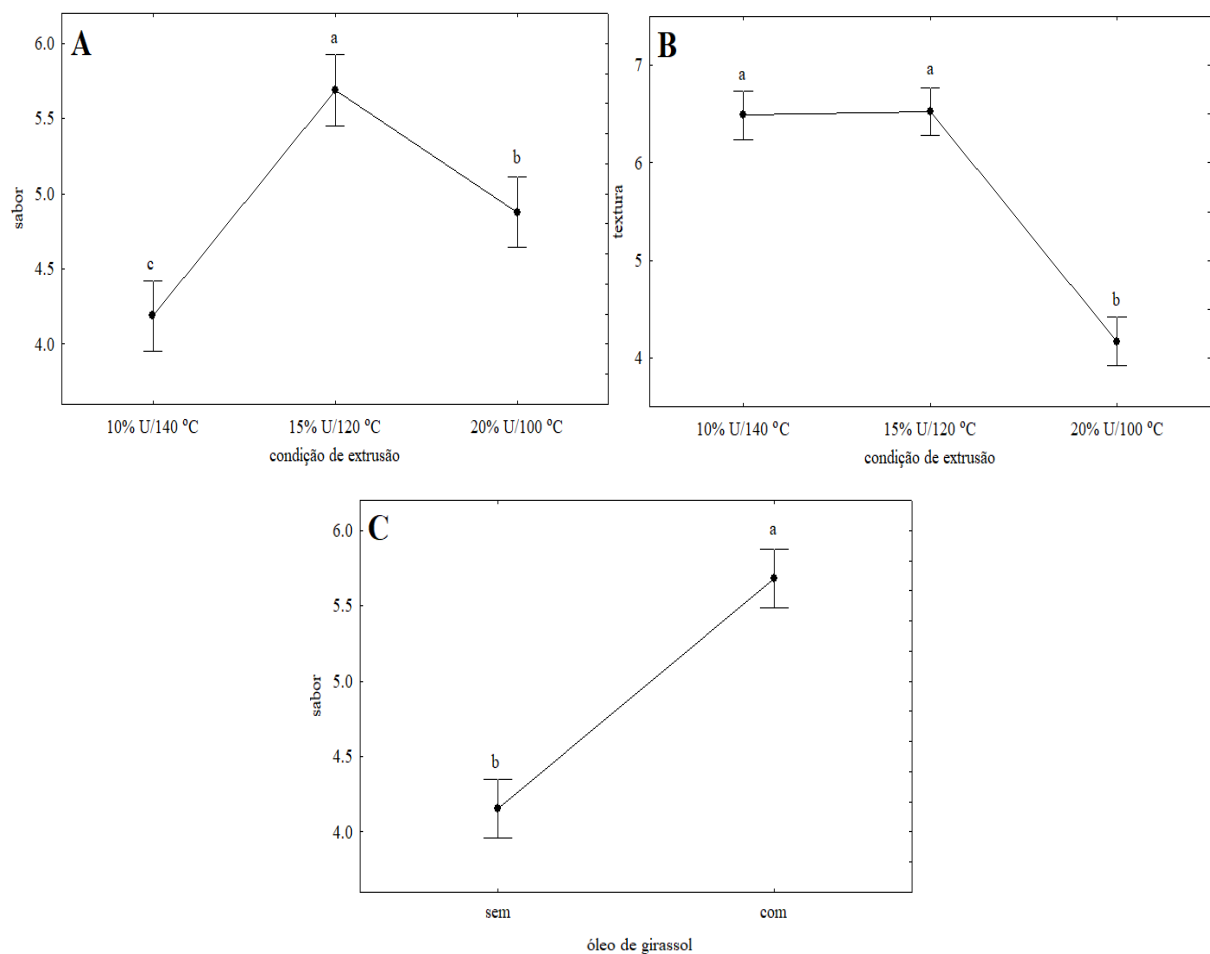
Em relação à interação entre as condições de extrusão e óleo, a adição de óleo aumentou a intensidade do odor de queijo apenas para o *snack* obtido sob 20% U/100 °C (Figura 17E), enquanto aumentou a intensidade do gosto salgado em todas as amostras (Figura 17F; resultados idênticos ao gosto umami). O aumento das intensidades dos gostos salgado e umami em todas as amostras após a adição de óleo deve-se à importância dos lipídios para a percepção do paladar. Em relação ao odor de queijo, Menis-Henrique et al. (2019) verificaram que a liberação de ácido butírico via odor foi maior quando o óleo de girassol foi borrifado nos *snacks*; entretanto, todos os *snacks* estudados por esses autores apresentaram a mesma estrutura, pois foram obtidos nas mesmas condições de extrusão, ao contrário do nosso estudo.

As intensidades de odor de queijo, gosto salgado e gosto umami foram maiores para as amostras 20% U/100 °C quando comparadas àquelas 10% U/140 °C somente quando foi adicionado óleo (sem óleo não houve diferença) (Figura 17E e 17F), resultados que podem ser atribuídos a diferenças na estrutura dos produtos. O trabalho de Conti, Bastos e Arêas (2012), demonstrou que os compostos ficam melhor retidos nos *snacks* quando o grão de milho foi extrusado em condições menos severas de umidade e temperatura, resultando em aromatização mais forte. Embora os *snacks* 10% U/140 °C sejam muito menos densos do que os *snacks* 20% U/100 °C (Figura 11B), estas últimas amostras têm vacúolos maiores (figura não mostrada). Assim, os maiores vacúolos juntamente com a adição de óleo podem ter permitido que o sal e o glutamato monossódico fossem mais aderidos aos *snacks*, resultando em maiores intensidades de gostos salgado e umami.

Em geral, a aceitação de aparência, odor, sabor e global foi maior para os *snacks* obtidos sob 15% U/120 °C (Figura 18A para aceitação de sabor), enquanto o *snack* obtido sob 20% U/100 °C teve menor aceitação de textura (Figura 16B). Com efeito, os *snacks* obtidos abaixo de 15% U/120 °C apresentam aceitação sensorial adequada (MENIS-HENRIQUE et al., 2019;

MENIS-HENRIQUE et al., 2020), razão pela qual foi utilizado como intermediário condição neste estudo. Em relação à menor aceitação de textura para o *snack* 20% U/100 °C, tais amostras são mais duras que as demais (mesmo comportamento para densidade na Figura 13B), o que explica este resultado. Além disso, todos os atributos tiveram maior aceitação quando o óleo foi adicionado, assim como a aceitação geral (Figura 18C para aceitação do sabor). Este resultado era esperado devido à importância dos lipídios na percepção do sabor, conforme explicado anteriormente, aumentando a aceitação sensorial.

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).



Fonte: Elaborado pela autora

Legenda: U = umidade dos grãos de milho (base seca) antes da extrusão. Temperatura na zona 5 da extrusora. Letras diferentes indicam médias estatísticas diferentes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

5.1.3 Perfil sensorial por meio da técnica TDS

As Figuras 19A a 19F demonstram as curvas de TDS para os *snacks* expandidos com a presença e ausência de óleo. Os *snacks* extrusados sob 10% U/140 °C e sem o uso de óleo teve

a crocância como primeiro atributo dominante percebido no início da mastigação, porém essa característica reduziu próximo aos 10 segundos e, posteriormente, o sabor queimado tornou-se dominante até o tempo final. Além disso, o atributo pegajoso variou entre dominância e tendência à dominância. Estes comportamentos se repetiram para o *snack* extrusado sob 10% U/140 °C aromatizados com óleo. Como esperado, a dominância do sabor queimado é em virtude da alta temperatura aplicada no procedimento de extrusão, indicando o grau de cozimento do grits, e provocando o surgimento de reações referenciadas (GUY, 2001; REIFSTECK; JEON, 2000). Pela técnica RATA, essa mesma condição apresentou os maiores valores para o sabor queimado e pegajoso quando comparado às outras condições.

Nas Figuras 19C e 19D, a crocância foi dominante nos segundos iniciais em ambas as condições, 15% U/120 °C na ausência e presença de óleo, e reduziu nos segundos posteriores. Após a crocância reduzir o nível de significância, o atributo pegajoso tornou-se dominante até o fim do experimento com *snack* 15% U/120 °C sem óleo de girassol. Ademais, os atributos sabor cereal, sabor óleo e sabor queimado, com *snack* 15% U/120 °C sem óleo, e o gosto salgado, sabor queijo e pegajoso, com *snack* 15% U/120 °C com óleo, tiveram oscilações entre o nível de significância e tendência à dominância. Percebe-se que na ausência de óleo, o sabor cereal oriundo do grits de milho, se destacou. Enquanto, na presença do veículo lipídico, os sabores dos precursores de aroma e do sal foram dominantes, demonstrando o papel determinante do óleo na percepção desses atributos e liberação dos compostos voláteis. Quando não há presença do óleo, os sabores ficam pouco retidos no produto (TAYLOR; LINFORTH, 2010).

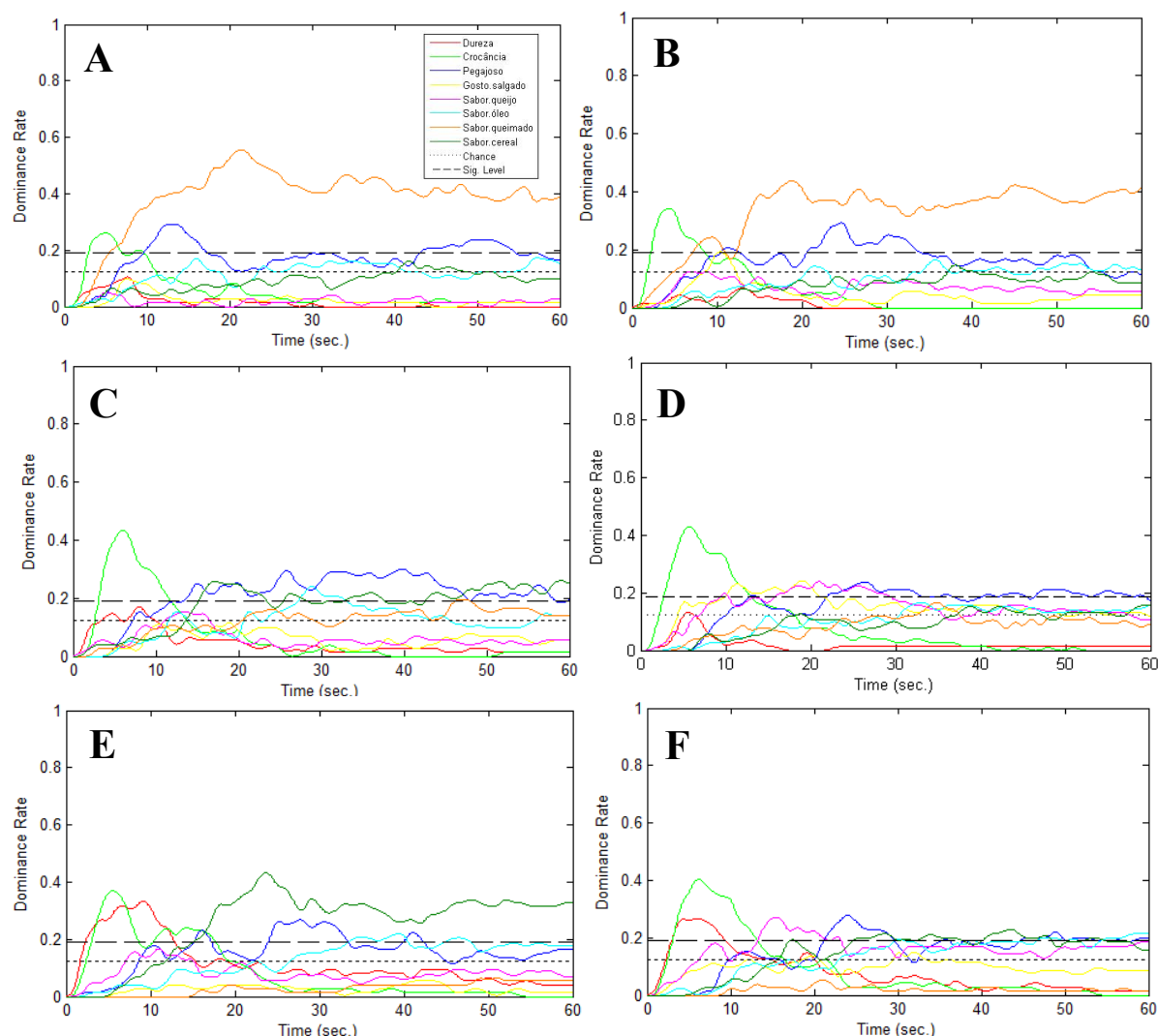
Assim como nas figuras anteriores, o primeiro atributo dominante no começo da mastigação para os *snacks* sob 20% U/100 °C foi a crocância (Figuras 19E e 19F), característica primordial para *snacks* expandidos, esses resultados também encontrados no estudo de Menis-Henrique (2019). Porém, a dureza foi dominante apenas nestas amostras, assim como foi demonstrado pelos resultados da textura instrumental. A justificativa para esse fato se dá pela maior umidade do grits de milho, afetando na estrutura do *snack* extrusado, reduzindo a sua expansão, resultando em um *snack* mais compacto, denso e duro (LAZOU; KROKIDA, 2010).

Para a condição 20% U/100 °C aromatizado sem óleo de girassol, após 15 segundos, o sabor cereal ultrapassou o nível de significância e perdurou até o tempo final. Isso ocorreu pelo mesmo motivo descrito em 15% U/120 °C e sem óleo. Já na Figura 19F, o mesmo atributo variou entre o nível de significância e a tendência à dominância.

O sabor óleo e pegajoso (Figura 19E), e o sabor queijo, pegajoso, sabor óleo e sabor cereal (Figura 19F), apresentaram os mesmos comportamentos a respeito da variação citada.

Vale ressaltar que, mesmo o *snack* sendo produzido com 20% U/100 °C e aromatizado sem óleo, o atributo sabor de óleo aparece como dominante por alguns segundos. Por fim, assim como na condição 15% U/120 °C e com óleo de girassol, o atributo característico dos precursores de aroma, sabor queijo, surgiu como dominantes, o mesmo ocorreu para a condição 20%U/100°C e aromatizado com óleo.

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.



Fonte: Elaborada pela autora.

5.2 Análogos de carne

5.2.1 Propriedades físicas das proteínas texturizadas de soja e dos análogos de carne

A razão de expansão e a densidade variaram de 1,8 a 2,2 e 0,20 a 0,25 g/cm³,

respectivamente (Tabela 5). Esses valores corroboram com os resultados encontrados no estudo de Milani et al. (2014), o qual a variação da razão de expansão foi de 1,6 a 2,1 e densidade de 0,203 a 0,678 g/cm³, utilizando como matriz a proteína isolada de soja, avaliando uso ou não de realçadores de sabor e/ou compostos voláteis e diferentes condições de extrusão. Ainda, estes autores observaram que a condição mais severa, 30% umidade e 170 °C, obteve a maior razão de expansão quando aromatizada com compostos voláteis, enquanto, no presente estudo, tanto a condição mais severa e a intermediária apresentaram as maiores razões de expansão.

A condição 38% U/140 °C apresentou menor razão de expansão e maior densidade (Tabela 5). A densidade conceitua a expansão em todas as direções. Para um extrusado com boas características estruturais, alta expansão e baixa densidade são características desejáveis. Quando se utiliza alta umidade e baixa temperatura, a vaporização da água durante e no final do processamento fica comprometida, reduzindo a expansão dos produtos, aumentando sua densidade. De fato, o teor de umidade (base úmida) das proteínas texturizadas de soja produzidas sob 38% U/140 °C foi maior (14,9%) em relação à condição intermediária (12,3%) e à mais severa (10,9%). Portanto, julga-se necessário a utilização de baixa umidade para a obtenção de extrusados com boas características de expansão (BRENNAN et al., 2013; LAZOU; KROKIDA, 2010).

A Tabela 5 também denota os resultados do teste de hidratação. O extrusado é considerado adequado quando, após a hidratação, apresenta textura firme (MILANI, MENIS-HENRIQUE, CONTI, 2022). Deste modo, as condições extremas foram a que mais se aproximaram desse resultado. No estudo de Milani et al. (2014), as proteínas de soja produzidas sob a condição menos severa, neste caso 40% U/130 °C, apresentaram textura firme; em contrapartida, na condição mais severa, 30%U/170 °C, a textura de reidratação estava mole.

Tabela 5 - Razão de expansão, densidade e teste de reidratação das proteínas texturizadas de soja (média ± dp).

	30%U/180°C	34%U/160°C	38%U/140°C
razão de expansão (adimensional)	2,2 ± 0,1 ^a	2,1 ± 0,2 ^a	1,8 ± 0,2 ^b
densidade (g/cm ³)	0,20 ± 0,02 ^b	0,20 ± 0,04 ^b	0,25 ± 0,04 ^a
teste de hidratação	firme	mole	firme

Fonte: Elaborada pela autora.

U = umidade da proteína de soja antes da extrusão/Temperatura na zona 5 da extrusora. n = 10.

Letras diferentes em uma mesma linha indicam diferença significativa entre as amostras pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

Para a textura instrumental dos análogos de carne, a força de compressão variou de 2,4 a 3,6 N (Tabela 6), não havendo efeito da condição de extrusão e adição ou não de óleo, e nem da interação (Tabela 7). Os valores de força de compressão foram ainda menores do que os encontrados por Milani (2018).

Tabela 6 - Propriedades físicas dos análogos de carne (média $\pm$ dp).

	sem óleo de girassol			com óleo de girassol		
	30%U/180°C	34%U/160°C	38%U/140°C	30%U/180°C	34%U/160°C	38%U/140°C
força de compressão (N)	3,1 $\pm$ 0,9	2,4 $\pm$ 0,6	3,1 $\pm$ 1,0	2,9 $\pm$ 3,2	2,6 $\pm$ 1,1	3,6 $\pm$ 0,9
L*	49,0 $\pm$ 0,3	52,3 $\pm$ 0,4	55,2 $\pm$ 0,7	50,0 $\pm$ 0,7	52,3 $\pm$ 0,4	53,3 $\pm$ 0,2
C*	28,0 $\pm$ 0,1	27,1 $\pm$ 0,2	25,8 $\pm$ 0,9	28,0 $\pm$ 0,3	26,0 $\pm$ 0,1	25,7 $\pm$ 0,3
h (°)	67,9 $\pm$ 0,2	67,8 $\pm$ 0,2	69,5 $\pm$ 0,4	68,1 $\pm$ 0,4	67,5 $\pm$ 0,2	69,1 $\pm$ 0,2

Fonte: Elaborada pela autora.

U = umidade da PCS antes da extrusão. Temperatura na zona 5 da extrusora.
n = 5 para força de compressão e n = 12 para L*, C* e h.

Tabela 7 - Significância dos fatores do general linear model para as propriedades físicas dos análogos de carne.

propriedades físicas	fatores		
	condição de extrusão (CE)	óleo vegetal (OV)	CE x OG
força de compressão (N)	ns	ns	ns
L*	***	**	***
C*	***	***	***
h (°)	***	*	**

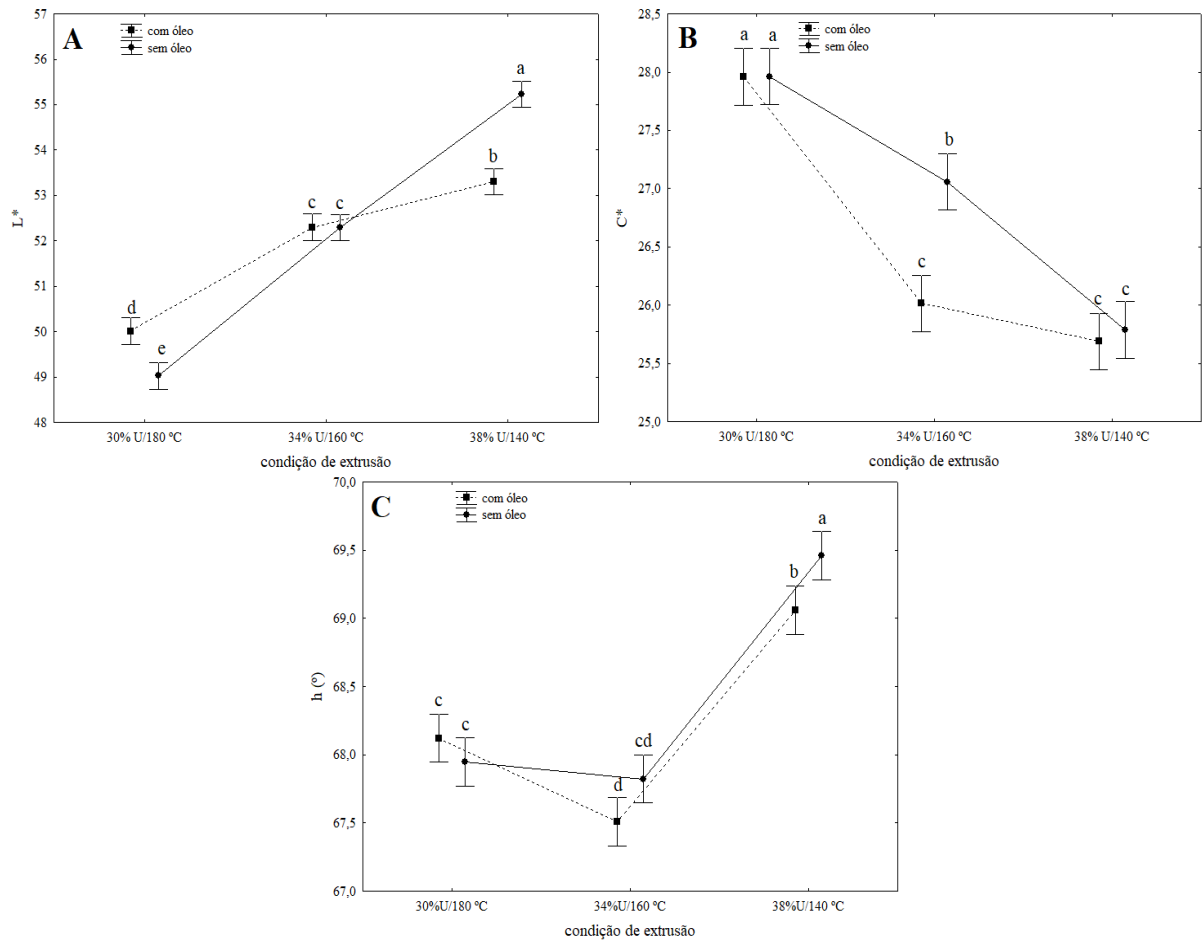
Fonte: Elaborada pela autora.

* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$. ns = não significativo.

Na análise instrumental de cor, os valores de luminosidade (L*), croma (C*) e tom (h) foram afetados por todos os fatores (Tabela 6). Além disso, os análogos de carne possuíam cor laranja, visto que os tons das cores estão entre 67,5 e 69,5 (RAMOS; GOMIDE, 2017). Aqueles produzidos sob a condição de 38% U/140 °C e sem adição de óleo alcançaram os maiores valores para L* e h, enquanto a condição 30% U/180 °C, com e sem óleo, apresentou as maiores intensidades da C*. A aplicação de altas temperaturas provoca alterações na cor devido às reações de Maillard e caramelização, além da produção de cores com tonalidade marrom-avermelhada, como observa-se na Figura 21 para a condição mais severa (LEONARD et al., 2020; YI et al., 2022; GUY, 2001).

Analizando particularmente o efeito do óleo em cada parâmetro de cor (Figura 20), constata-se que para L* a adição de óleo provoca reações divergentes a depender da condição de extrusão. Para os análogos de carne produzidos sob condição mais severa, a adição de óleo acarreta uma cor mais clara, enquanto para a condição menos severa, os produtos possuem cor mais escura. Para esta última condição, o mesmo comportamento é visto para h, uma vez que quando adicionada de óleo também apresenta valor menor quando comparada ao produto sem óleo. Já para o C*, houve diferença estatística apenas na condição intermediária, sendo que a aplicação de óleo diminuiu o croma. Assim como ocorreu para os *snacks* de milho e no estudo de Menis-Henrique et al. (2020), o óleo atuou como uma cobertura, reduzindo o L* e deixando a amostra mais escura. Entretanto, diferentes efeitos foram observados para o C*.

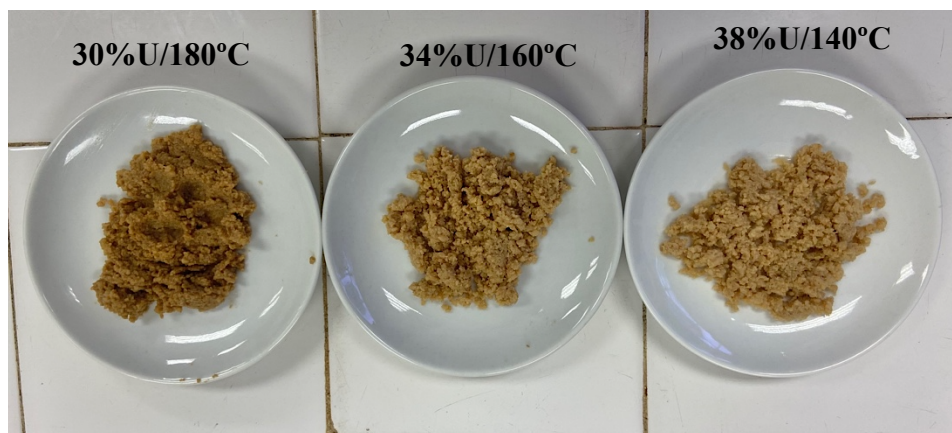
Figura 20 - L^* (A), C^* (B), h (C) dos análogos de carne (média $\pm$ 95% intervalo de confiança; $n = 12$).



Fonte: Elaborada pela autora.

Legenda: U = umidade da PCS (base seca) antes da extrusão. Temperatura na zona 5 da extrusora. Letras diferentes indicam médias estatísticas diferentes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Figura 21 - Proteínas texturizadas de soja hidratadas.



Fonte: Elaborado pela autora

Legenda: U = umidade da PCS (base seca) antes da extrusão. Temperatura na zona 5 da extrusora.

5.2.2 Aceitação sensorial e perfil sensorial por meio da técnica RATA

As características sensoriais dos análogos de carne são apresentadas na Tabela 8. As intensidades dos atributos medidos por meio do RATA variaram de 0,3 (cor branca para as amostras 38%U/140°C com e sem óleo) a 2,5 (cor caramelo para amostra 30% U/180 °C sem óleo e textura úmida para a mesma amostra com óleo) em uma escala que variou de 0 (não aplicável) a 3 (alta intensidade). Ademais, a aceitação sensorial variou de 4,6 (aceitação da textura para amostra 30% U/180 °C sem óleo) a 6,7 (aceitação da textura também para a mesma amostra adicionada de óleo) em uma escala de 9 pontos (9 = gostei extremamente, 5 = nem gostei nem desgostei, 1 = desgostei extremamente).

A significância dos fatores para cada característica é apresentada na Tabela 9. Constatou-se que os atributos grânulos uniformes, odor de carne, odor de soja, gosto salgado, sabor carne e sabor miojo não foram afetados pela condição de extrusão, óleo vegetal e a interação entre eles. Além disso, nenhum dos atributos avaliados teve efeito da interação entre a condição de extrusão e adição ou não de óleo. Neste caso, percebe-se que a presença do veículo lipídico não foi responsável por aumentar atributos desejados, sabor e odor de carne, sendo totalmente dispensável para esse alimento, e assim, é possível ter um análogo de carne mais saudável, por possuir menor valor calórico e lipídico.

Percebe-se também que os atributos não afetados pelos fatores avaliados estão relacionados aos compostos voláteis. Uma possível explicação para esse fato seria o tempo de residência (variável não estudada nesse trabalho) juntamente com a temperatura de extrusão, já que, segundo Yuliani et al. (2004), essas são as principais variáveis que afetam a produção/retenção ou não de compostos voláteis. Uma vez que o tempo de residência não foi avaliado, não é possível concluir a ausência de efeito apenas à temperatura de extrusão.

Tabela 8 - Características sensoriais dos análogos de carne (média $\pm$ DP; n = 60).

característica sensorial	sem óleo de soja			com óleo de soja		
	30% U/180 °C	34% U/160 °C	38% U/140 °C	30% U/180 °C	34% U/160 °C	38% U/140 °C
<i>perfil sensorial</i>						
cor caramelo	2,5 $\pm$ 0,8	1,7 $\pm$ 0,8	1,5 $\pm$ 0,8	2,3 $\pm$ 0,9	1,6 $\pm$ 0,7	1,4 $\pm$ 0,8
cor branca	0,3 $\pm$ 0,5	0,7 $\pm$ 0,8	1,9 $\pm$ 1,0	0,3 $\pm$ 0,7	0,7 $\pm$ 0,8	1,1 $\pm$ 1,0
grânulos uniformes	1,7 $\pm$ 1,0	1,7 $\pm$ 0,9	1,8 $\pm$ 0,9	1,3 $\pm$ 1,0	0,9 $\pm$ 1,0	1,8 $\pm$ 0,9
odor de carne	1,0 $\pm$ 1,0	0,9 $\pm$ 0,9	0,8 $\pm$ 0,9	1,3 $\pm$ 1,0	0,8 $\pm$ 0,8	1,0 $\pm$ 0,9
odor de soja	1,4 $\pm$ 0,9	1,5 $\pm$ 0,9	1,5 $\pm$ 0,9	1,4 $\pm$ 1,0	1,3 $\pm$ 0,8	1,4 $\pm$ 1,0
textura úmida	2,3 $\pm$ 0,8	2,2 $\pm$ 0,7	2,0 $\pm$ 0,8	2,5 $\pm$ 0,8	2,1 $\pm$ 0,7	2,0 $\pm$ 0,7
textura esfarelenta/arenosa	2,3 $\pm$ 0,8	1,6 $\pm$ 1,1	1,7 $\pm$ 1,0	2,0 $\pm$ 1,0	1,6 $\pm$ 1,0	1,7 $\pm$ 0,9
textura borrachenta	0,6 $\pm$ 0,9	1,2 $\pm$ 1,1	1,6 $\pm$ 1,0	0,6 $\pm$ 0,8	0,8 $\pm$ 0,9	1,2 $\pm$ 0,9
gosto salgado	1,8 $\pm$ 0,9	1,7 $\pm$ 0,7	1,8 $\pm$ 0,8	1,9 $\pm$ 0,9	1,7 $\pm$ 0,8	1,8 $\pm$ 0,8
sabor carne	1,1 $\pm$ 1,0	0,8 $\pm$ 0,9	0,9 $\pm$ 0,9	1,3 $\pm$ 1,0	2,4 $\pm$ 0,7	1,1 $\pm$ 0,9
sabor miojo	0,9 $\pm$ 1,0	1,0 $\pm$ 1,1	1,0 $\pm$ 1,1	0,8 $\pm$ 1,1	0,8 $\pm$ 0,9	1,2 $\pm$ 1,1
sabor de tempero	1,5 $\pm$ 1,0	1,5 $\pm$ 0,9	1,7 $\pm$ 0,9	1,9 $\pm$ 0,8	1,8 $\pm$ 0,8	1,8 $\pm$ 0,8
sabor residual de queimado	1,9 $\pm$ 1,2	1,1 $\pm$ 1,0	1,0 $\pm$ 0,9	1,4 $\pm$ 1,2	0,9 $\pm$ 1,0	0,6 $\pm$ 0,9
cheiroso	1,2 $\pm$ 0,9	1,2 $\pm$ 0,8	1,2 $\pm$ 0,9	1,5 $\pm$ 0,9	1,4 $\pm$ 0,9	1,5 $\pm$ 0,3
gostoso	1,2 $\pm$ 1,0	1,3 $\pm$ 0,9	1,4 $\pm$ 0,8	1,6 $\pm$ 1,0	1,6 $\pm$ 0,9	1,8 $\pm$ 0,9
<i>aceitação sensorial</i>						
aparência	6,0 $\pm$ 2,0	5,9 $\pm$ 1,9	5,8 $\pm$ 1,7	6,1 $\pm$ 2,2	6,0 $\pm$ 1,5	6,0 $\pm$ 1,6
odor	5,3 $\pm$ 1,7	5,2 $\pm$ 1,6	5,5 $\pm$ 1,8	5,7 $\pm$ 1,8	5,8 $\pm$ 1,5	6,0 $\pm$ 1,8
textura	4,6 $\pm$ 2,0	5,7 $\pm$ 1,9	5,5 $\pm$ 1,8	6,7 $\pm$ 1,8	6,1 $\pm$ 1,6	5,9 $\pm$ 1,8
sabor	4,9 $\pm$ 2,3	5,2 $\pm$ 1,9	5,3 $\pm$ 1,8	4,9 $\pm$ 2,4	6,0 $\pm$ 1,8	6,1 $\pm$ 2,0
aceitação global	5,0 $\pm$ 1,9	5,5 $\pm$ 1,6	5,5 $\pm$ 1,6	5,2 $\pm$ 2,1	6,0 $\pm$ 1,5	6,2 $\pm$ 1,6

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 9 - Significância dos fatores do General Linear Model para o perfil sensorial e aceitação dos análogos de carne.

característica sensorial	fatores			
	consumidor	condição de extrusão (CE)	óleo de vegetal (OV)	CE x OV
<i>perfil sensorial</i>				
cor caramelo	***	***	ns	ns
cor branca	***	***	ns	ns
grânulos uniformes	***	ns	ns	ns
odor de carne	***	ns	ns	ns
odor de soja	***	ns	ns	ns
textura úmida	***	***	ns	ns
textura esfarelenta/arenosa	***	***	ns	ns
textura borrachenta	***	***	**	ns
gosto salgado	***	ns	ns	ns
sabor de carne	**	ns	ns	ns
sabor de miojo	***	ns	ns	ns
sabor de tempero	***	ns	**	ns
sabor de residual de queimado	***	***	**	ns
cheiroso	***	ns	**	ns
gostoso	***	ns	***	ns
<i>aceitação sensorial</i>				
aparência	***	ns	ns	ns
odor	***	ns	*	ns
textura	***	**	*	ns
sabor	***	ns	**	ns
aceitação global	***	*	**	ns

Fonte: Elaborada pela autora.

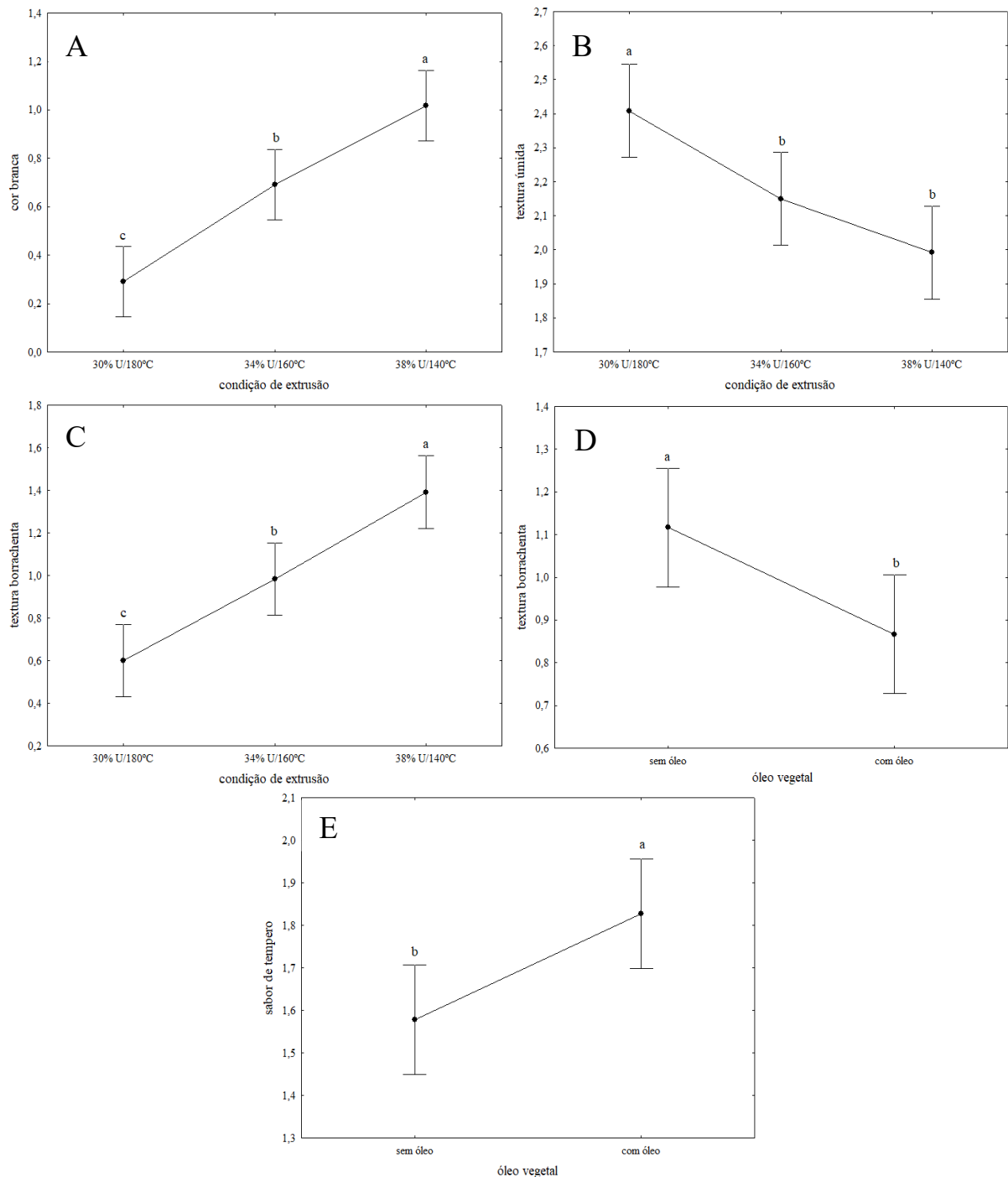
* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

ns = não significativo.

Atentando aos efeitos da condição de extrusão no perfil sensorial dos análogos de carne, aqueles obtidos sob 30% U/180 °C exibiram as maiores intensidades para textura úmida (Figura 22B), textura esfarelenta/arenosa, sabor residual de queimado, cor caramelo (figuras não apresentadas) quando comparado aos demais análogos de carne. De acordo com Conti-Silva, Bastos e Arêas (2012) e Luo et al. (2020), a utilização de baixa umidade e altas temperaturas resulta em extrusados com coloração amarronzadas, maior sabor de queimado e alterações na sua estrutura devido ao alto grau de cozimento da matéria-prima. Simultaneamente, observa-se a maior intensidade da cor branca (Figura 22A) para os análogos de carne produzidos com alta umidade e baixa temperatura (38% U/140 °C), justificado pelo mesmo fato.

A adição de óleo promoveu maiores intensidades do sabor de tempero (Figura 22E), cheiroso e gostoso (figuras não apresentadas), enquanto mascarou a textura borrachenta (Figura 22D) e sabor residual de queimado (figura não apresentada). Novamente, constata-se o papel primordial que a presença do veículo lipídico desempenha sobre os extrusados, retendo os compostos voláteis e reduzindo a percepção de sabores e texturas indesejáveis, bem como foi comprovado nos *snacks* de milho e nos estudos de Taylor e Linfoth (2010). Segundo os autores, os lipídeos são os responsáveis por transportar e modular odores, aromas e sabores, além de haver oxidação lipídica atuando como precursores de aroma. Assim, quando não há um veículo lipídico, a liberação dos compostos voláteis fica comprometida, afetando negativamente o odor, o aroma e o sabor do extrusado.

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).



Fonte: Elaborada pela autora.

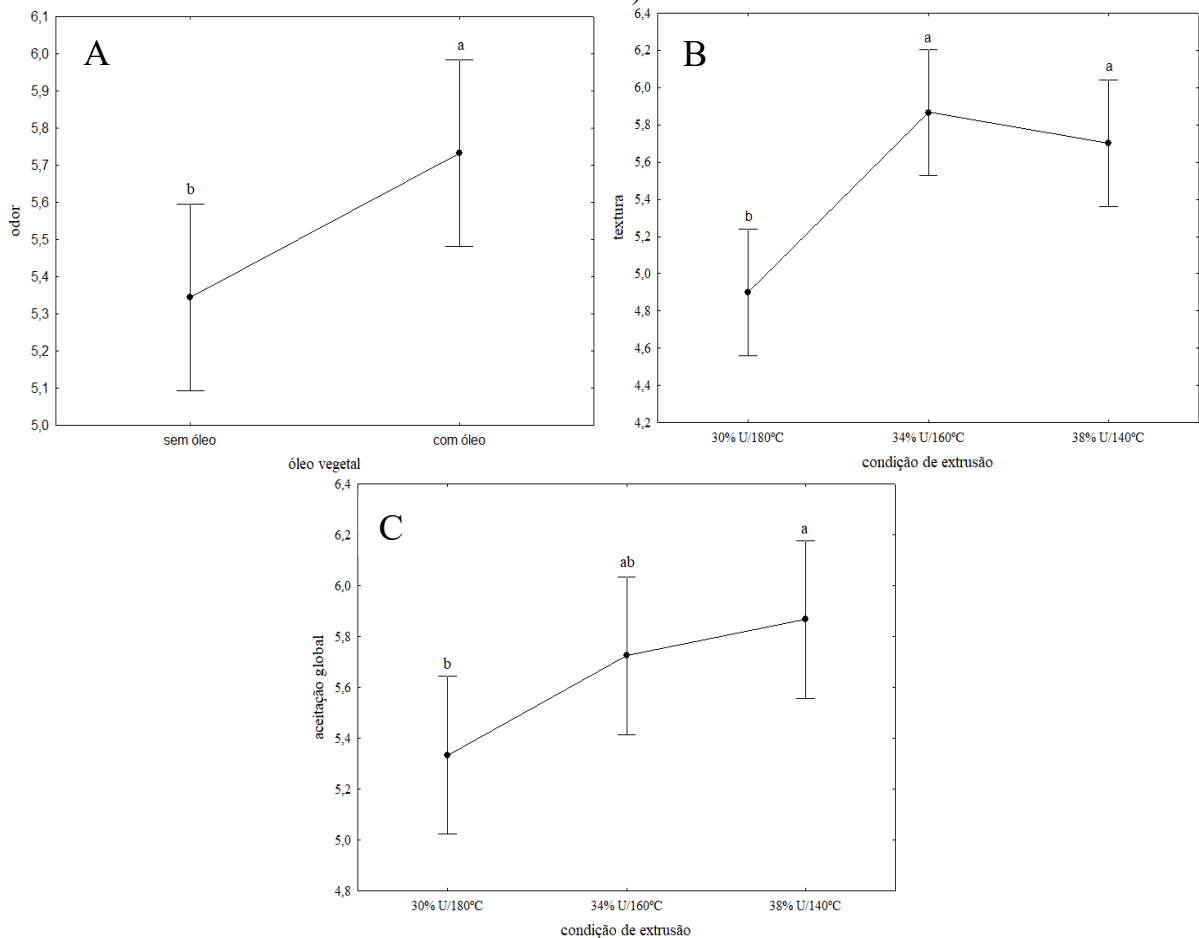
Legenda: U = unidade da PCS (base seca) antes da extrusão. Temperatura na zona 5 da extrusora. Letras diferentes indicam médias estatísticas diferentes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A aceitação da aparência não foi afetada pelos fatores avaliados (condição de extrusão e óleo de soja) e a interação entre eles não foi significativa para nenhuma das variáveis estudadas (Tabela 9). A aceitação do odor (Figura 23A), textura, sabor e aceitação global

(figuras não apresentadas) foi maior quando utilizado o óleo vegetal, revalidando os resultados encontrados pelo RATA, conforme explicado anteriormente.

Em relação às condições de extrusão, a textura menos aceita pelos avaliadores foi a condição de 30% U/180 °C (Figura 23B), efeito esperado, visto que apresentou maior grau de cozimento, textura úmida e textura esfarelenta/arenosa. Apesar da condição 38% U/140 °C apresentar a maior intensidade para textura borrachenta (Figura 23D), a textura foi mais aceita para essa condição e para a condição intermediária. Em contrapartida, o análogo de carne que apresentou menor intensidade de textura borrachenta, esfarelenta/arenosa e textura úmida produzido por Milani (2018) foi melhor aceito quanto à textura. Por fim, a maior aceitação global (Figura 23C) foi para os análogos de carne produzidos sob 34% U/160 °C e 38% U/140 °C.

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).



Fonte: Elaborada pela autora.

Legenda: U = unidade das PCS (base seca) antes da extrusão. Temperatura na zona 5 da extrusora. Letras diferentes indicam médias estatísticas diferentes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

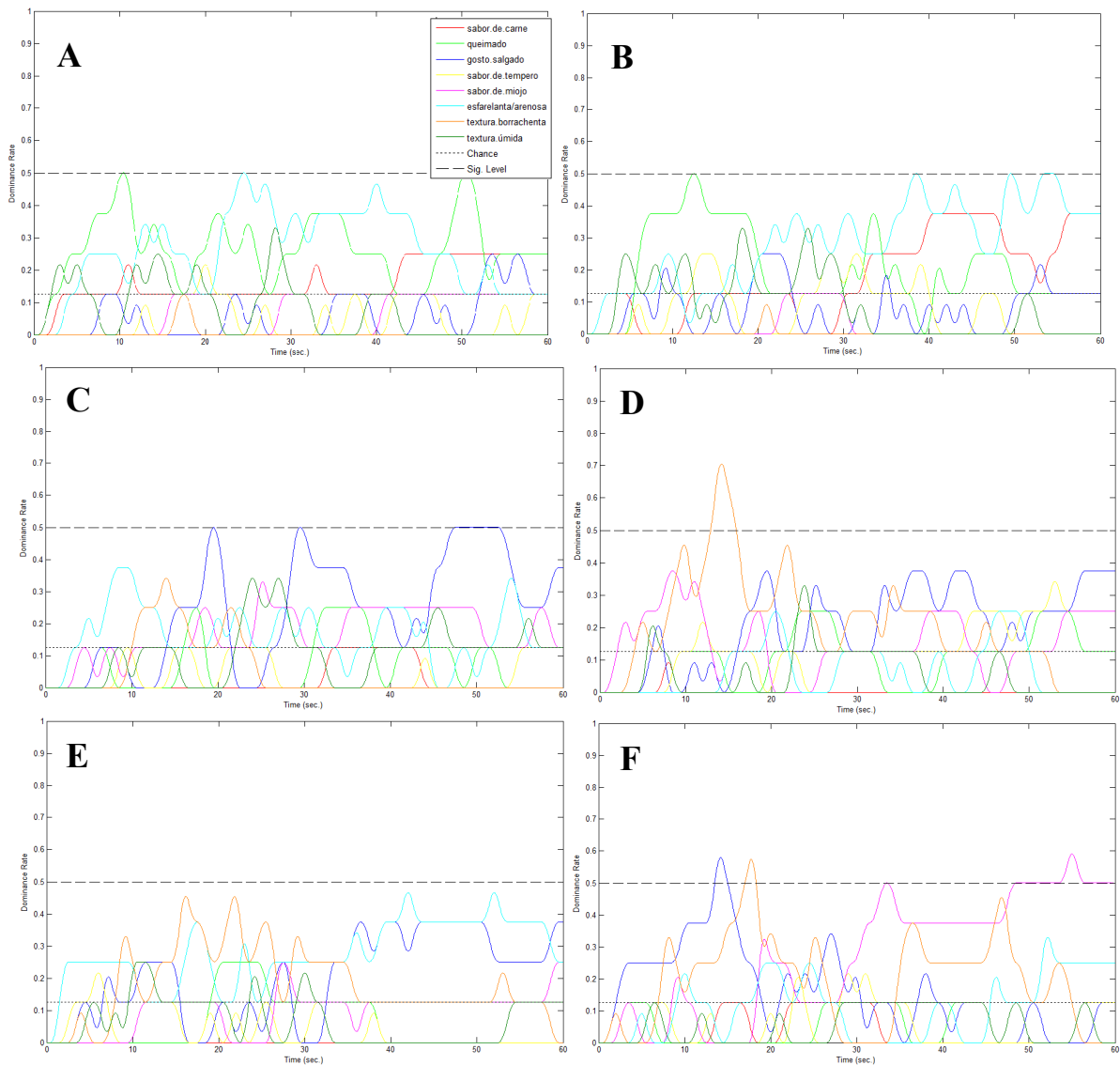
5.2.3 Perfil sensorial por meio da técnica TDS

As Figuras 24A a 24F mostram as curvas de TDS para os análogos de carne sem e com a adição de óleo. Os produtos obtidos sob condições 30% umidade/180 °C com e sem óleo (Figura 24A e 24B) apresentaram como primeiro atributo dominante percebido o sabor queimado, seguido da textura esfarelenta/arenosa, resultantes do alto grau de cozimento da matéria prima.

O gosto salgado foi dominante para os análogos de carne obtidos a partir da condição intermediária aromatizada sem óleo vegetal (Figura 24C), nessa mesma condição com óleo vegetal (Figura 24D), apenas a textura borrachenta manifestou-se dominante. Os análogos de carne obtidos a partir 38% umidade/140 °C sem óleo (Figura 24E) não apresentaram nenhum atributo dominante, visto que a curva deve estar acima do nível de significância para ser considerado dominante. Por outro lado, 38% umidade/140 °C com óleo (Figura 24F), demonstrou como dominantes o gosto salgado e textura borrachenta no começo da mastigação, e sabor miojo ao final, sendo esta a condição com maior número de atributos dominantes dentre as outras.

É interessante perceber que a textura borrachenta se apresentou apenas nos análogos de carne com a presença do veículo lipídico. Esse efeito contrasta com os resultados encontrados no RATA, em virtude dos avaliadores terem classificado a textura borrachenta menos intensa quando há óleo, o que significa que o composto havia reduzido a percepção do atributo.

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.



Fonte: Elaborada pela autora.

5.3. Efeitos das matrizes alimentícias nas características físicas e sensoriais dos produtos

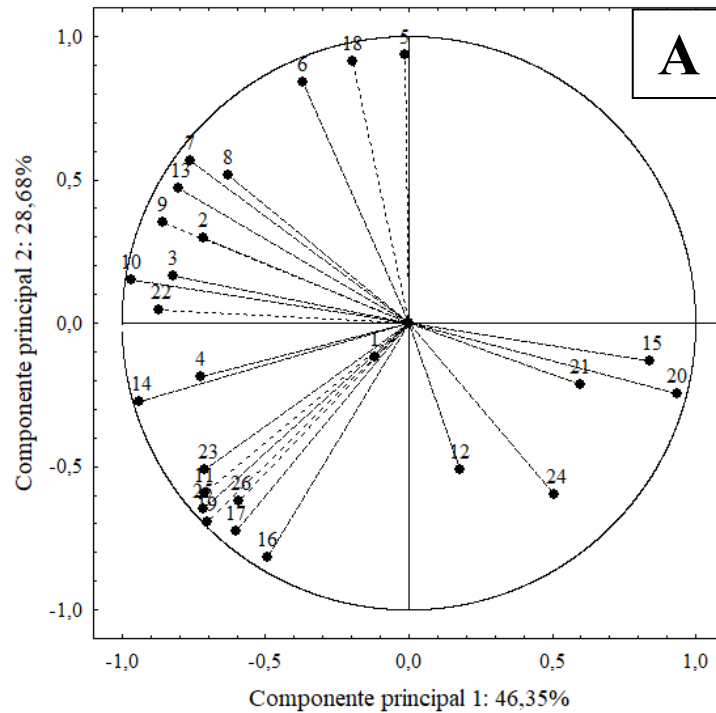
As Figuras 25 e 26 mostram os resultados das Análises de Componentes Principais para os *snacks* de milho e análogos de carne, respectivamente.

Para os *snacks* de milho, o componente principal 1 explicou 46,35% da variação dos dados e componente principal 2 explicou 28,68%, totalizando 75,03% (Figura 25). O componente principal 1 foi explicado pela densidade, pico de força sem saliva, nível de pressão sonora sem saliva, luminosidade, tom, cor amarela, odor de queijo, crocância, dureza e sabor queijo, assim como pela aceitação da aparência, odor e sabor (cargas fatoriais $\leq -0,70$ no

componente principal 1) (Figura 25A). Além disso, essas variáveis estão correlacionadas positivamente entre si, enquanto estão correlacionadas negativamente com os atributos pegajosos e sabor de queimado (cargas fatoriais $\geq 0,70$ no componente principal 1). O componente principal 2 foi explicado pelo nível de pressão sonora com saliva, pico de força com saliva e sabor cereal (cargas fatoriais $\geq 0,70$ no componente principal 2), correlacionados positivamente entre si. Ainda, estão correlacionados negativamente com gosto umami e gosto salgado, os quais explicam o componente principal 2 (cargas fatoriais $\leq -0,70$ no componente principal 2, sendo - 0,69 para sabor de queijo).

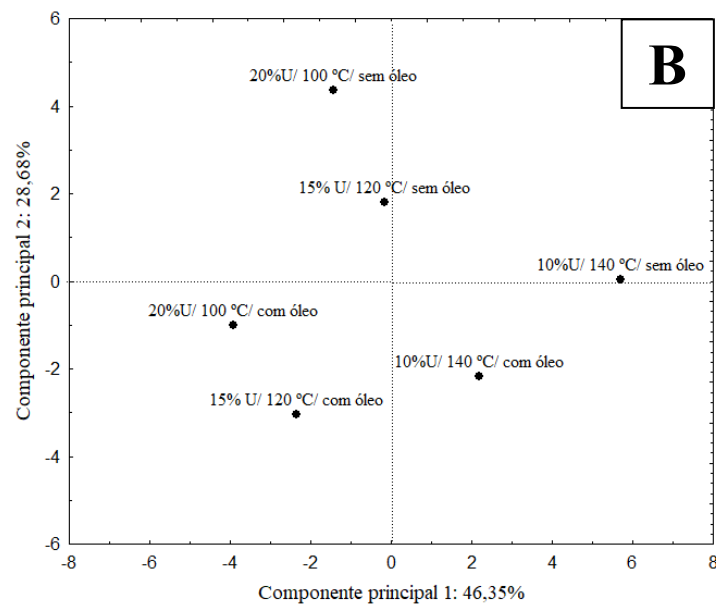
A ACP permitiu identificar três grupos de amostras (Figura 25B): 1) as obtidas a 10% U/ 140°C, independente da adição ou não de óleo, 2) amostras sem óleo, independente das condições de extrusão e 3) amostras com óleo, também independente das condições de extrusão. Os *snacks* sem óleo foram descritos pela densidade, pico de força sem saliva e com saliva, nível de pressão sonora com saliva, todas as propriedades de cor (L^* , C^* e h), cor amarela, dureza, sabor cereal e aceitação da aparência, embora o pico de força com saliva, nível de pressão sonora com saliva e sabor cereal não se correlacionem com as demais variáveis. Os *snacks* adicionados de óleo são descritos por nível de pressão sonora sem saliva, odor de queijo, crocância, gosto salgado, gosto umami, sabor de queijo, aceitação do odor e sabor, porém gosto salgado e umami não se correlacionam com as outras variáveis. Já a condição 10% U/ 140 °C, na ausência e presença de óleo, foi descrita por sabor queimado e pegajoso.

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.



Fonte: Elaborada pela autora.

Legenda: 1- razão de expansão, 2- densidade, 3- pico de força sem saliva, 4- nível de pressão sonora sem saliva, 5- pico de força com saliva, 6- nível de pressão sonora com saliva, 7- luminosidade, 8- croma, 9- tom, 10- cor amarela, 11- odor de queijo, 12- odor de óleo, 13- dureza, 14- crocância, 15- pegajoso, 16- gosto salgado, 17- gosto umami, 18- sabor cereal, 19- sabor de queijo, 20- sabor de queimado, 21- sabor óleo, 22- aparência, 23- odor, 24- textura, 25- sabor, 26- aceitação global.



Fonte: Elaborada pela autora.

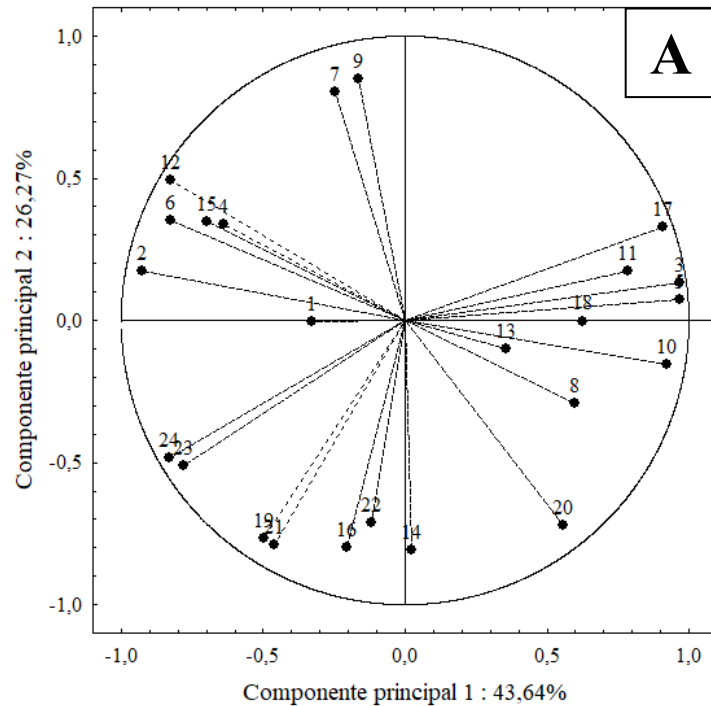
Legenda: U = umidade dos grits de milho (base seca) antes da extrusão. Temperatura na zona 5 da extrusora.

Para os análogos de carne, o componente principal 1 explicou 43,64% da variação dos dados e componente principal 2 explicou 26,27%, totalizando 69,91% (Figura 26).

O componente principal 1 foi explicado pelo croma, textura úmida, textura esfarelenta/arenosa, sabor residual de queimado e cor caramelo correlacionados positivamente entre si (cargas fatoriais $\geq 0,70$ no componente principal 1) (Figura 26A). As variáveis luminosidade, cor branca, textura borrachenta, sabor miojo, aceitação do sabor e global também explicam o componente principal 1 (cargas fatoriais $\leq -0,70$ no componente principal 1), porém se correlacionam negativamente com o primeiro grupo de características citadas. O componente principal 2 foi explicado por grânulos uniformes e odor de soja (cargas fatoriais $\geq 0,70$ no componente principal 2), correlacionados positivamente entre si, assim como estão correlacionados negativamente com sabor de carne, sabor de tempero, gostoso e aceitação do odor e da textura (cargas fatoriais $\leq -0,70$ no componente principal 2) (Figura 26A).

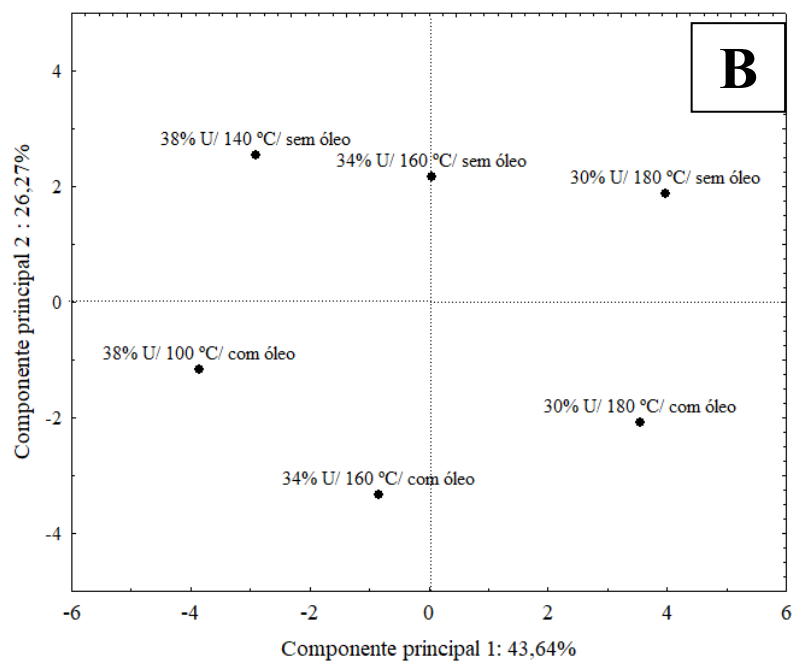
Da mesma forma que ocorreu para os *snacks* de milho, é possível identificar três grupos de amostras (Figura 26B): 1) as obtidas sob condições mais severas de extrusão (30% U/180 °C), independente da adição ou não de óleo, 2) amostras sem óleo, independente das condições de extrusão e 3) amostras com óleo, também independente das condições de extrusão. A condição 30% U/180 °C sem óleo foi descrita por croma, textura esfarelenta/arenosa, sabor residual de queimado e cor caramelo; por outro lado, essa condição aromatizada com óleo foi descrita por textura úmida e aceitação da aparência, apesar dessas não se correlacionarem. Os análogos de carne obtidos a 38% U/140 °C e sem adição de óleo foram descritos por luminosidade, textura borrachenta, sabor miojo e cor branca, além de grânulos uniformes e odor de soja, embora estes últimos dois não se correlacionem com as demais variáveis. Ao mesmo tempo, grânulos uniformes e odor de soja descrevem principalmente os produtos obtidos a 34% U/160 °C sem óleo. Finalmente, para as condições de extrusão menos severa e intermediária e com óleo, os atributos que os descrevem são sabor de tempero, gostoso, sabor de carne, aceitação do odor, textura, sabor e aceitação global, no entanto a aceitação do sabor e aceitação global não se correlacionam com as demais variáveis (Figura 26B).

Figura 26 - Correlação entre as propriedades físicas, perfil sensorial e aceitação dos análogos de carne. A) Projeção das variáveis. B) Projeção das amostras.



Fonte: Elaborado pela autora

Legenda: 1- força de compressão, 2- luminosidade, 3- croma, 4- tom, 5- cor caramelo, 6- cor branca, 7- grânulos uniformes, 8- odor de carne, 9- odor de soja, 10- textura úmida, 11- textura esfarelenta/arenosa, 12- textura borrachenta, 13- gosto salgado, 14- sabor de carne, 15- sabor miojo, 16- sabor tempero, 17- sabor residual de queimado, 18- cheiroso, 19- gostoso, 20- aparência, 21- odor, 22- textura, 23- sabor, 24- aceitação global.



Fonte: Elaborado pela autora

Legenda: U = umidade da PCS (base seca) antes da extrusão. Temperatura na zona 5 da extrusora.

Considerando a aceitação sensorial, observa-se que tanto os *snacks* de milho quanto os análogos de carne obtidos sob as condições de extrusão intermediária e menos severa, e adicionados de óleo, destacam-se quanto à aceitação do odor, sabor e aceitação global, enquanto a aceitação da textura descreveu apenas os análogos de carne. De forma geral, esses resultados corroboram os apresentados nas Figuras 18 e 23, ou seja, independente da matriz alimentícia estudada, grits de milho ou proteína concentrada de soja, os resultados foram direcionados principalmente pelas condições de extrusão e adição ou não de óleo, havendo nenhum efeito da própria matriz. 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.

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 grits 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.

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE



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

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE (Conselho Nacional de Saúde, Resolução 466/2012 e Resolução 510/2016)

Você está sendo convidado a participar como voluntário do projeto de pesquisa "Efeitos da matriz alimentícia, das condições de extrusão e do conteúdo lipídico nas propriedades físicas e sensoriais de produtos extrusados aromatizados" sob responsabilidade da pesquisadora Ana Carolina Conti e Silva. O estudo será realizado através de análises sensoriais de *snacks* de grãos de milho (salgadinhos de milho) sabor queijo ou de hambúrgueres de soja com sabor de carne. Os riscos físicos à sua saúde são mínimos, embora os produtos sejam de consumo comum e de serem submetidos às Boas Práticas de Manipulação/Fabricação. Serão excluídos da análise sensorial quaisquer indivíduos que possuam alergias e/ou intolerâncias alimentares, além de outras possíveis patologias associadas aos alimentos testados. Ainda, a idade mínima para participação nesta pesquisa é de 18 anos. 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 apenas 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 nos testes sensoriais, você será encaminhado à Seção Técnica de Saúde do IBILCE, 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: _____
São José do Rio Preto, _____ de _____ de 2020

Usuário ou responsável legal

Pesquisador responsável

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

Nome: Ana Carolina Conti e Silva.	Cargo/Função: Professora Associada
Instituição: Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos/Ibilce/Unesp	
Endereço: Rua Cristóvão Colombo, 2265 – Jd. Nazareth – São José do Rio Preto/SP – Telefone: (17) 3221.2548	
Projeto submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa do IBILCE/UNESP São José do Rio Preto – Fone (17) 3221.2480	

Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas
Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos
Rua Cristóvão Colombo, 2265, Jardim Nazareth, CEP. 15054-000, São José do Rio Preto/SP
Tel. (17) 3221-2250 FAX 3221-2299

ANEXO A – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

UNESP - INSTITUTO DE
BIOCIÊNCIAS LETRAS E
CIÊNCIAS EXATAS/ CAMPUS
DE SÃO JOSÉ DO RIO
PRETO/IBILCE



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Efeitos da matriz alimentícia, das condições de extrusão e do conteúdo lipídico nas propriedades físicas e sensoriais de produtos extrusados aromatizados

Pesquisador: Ana Carolina Conti e Silva

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 28314620.0.0000.5466

Instituição Proponente: Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas/ Campus de São José do

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.063.455

Apresentação do Projeto:

Trata a presente notificação de uma resposta a pendência referente a um projeto de pesquisa a ser desenvolvido neste Instituto sob responsabilidade da Pro^{fa} Dr^a Profa. Dra. Ana Carolina Conti e Silva, do Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos.

Objetivo da Pesquisa:

O projeto de pesquisa tem como objetivo geral avaliar os efeitos da matriz alimentícia, das condições de extrusão e do conteúdo lipídico nas propriedades físicas e sensoriais de produtos extrusados aromatizados.

Objetivos específicos:

1. Extrusar grits de milho com ácido butírico e cisteína para obtenção de extrusados com odor/sabor de queijo.
2. Extrusar proteína concentrada de soja com tiamina para produção de proteína texturizada de soja com odor/sabor de carne.
3. Produzir snacks de milho e hambúrgueres de soja com diferentes quantidades de lipídeos.

Endereço: CRISTOVAO COLOMBO 2265

Bairro: JARDIM NAZARETH

CEP: 15.054-000

UF: SP

Município: SAO JOSE DO RIO PRETO

Telefone: (17)3221-2545

Fax: (17)3221-2500

E-mail: camilabm@ibilce.unesp.br

UNESP - INSTITUTO DE
BIOCIÊNCIAS LETRAS E
CIÊNCIAS EXATAS/ CAMPUS
DE SÃO JOSÉ DO RIO
PRETO/IBILCE



Continuação do Parecer: 4.063.455

4. Avaliar as propriedades físicas dos snacks de milho e dos hambúrgueres de soja.
5. Avaliar as características sensoriais dos snacks de milho e dos hambúrgueres de soja.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos e benefícios foram inicialmente apresentados de forma satisfatória.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisadora apresentou resposta à pendência referente à avaliação deste CEP em abril de 2019, como segue:

Pendência 1. Esclarecer o número de participantes, pois há divergência no número dos participantes nos documentos da Plataforma Brasil:

Segundo a pesquisadora, 100 consumidores de snacks e 100 consumidores de produtos de soja serão recrutados para o estudo.

Pendência 2. Separar o TCLE, fazendo um para cada produto que será provado pelos participantes:

A pesquisadora apresenta dois TCLE, um para cada produto a ser avaliado.

Pendência 3. Esclarecer se os mesmos participantes provarão os dois produtos.

A pesquisadora esclarece que nada impede que o mesmo avaliador participe das duas análises sensoriais, no caso dele ser consumidor de snacks e de produtos de soja. Neste caso, o participante assinará os dois TCLE.

A pesquisadora informa que a aluna Stephanie Santos Gonçalves foi excluída do projeto, pois a mesma não fará iniciação científica como previsto. Portanto, a responsabilidade pela coleta dos TCLE será da pesquisadora responsável pelo estudo.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos de apresentação obrigatória estão adequadamente apresentados.

Recomendações:

Não há.

Endereço: CRISTOVAO COLOMBO 2265
Bairro: JARDIM NAZARETH CEP: 15.054-000
UF: SP Município: SAO JOSE DO RIO PRETO
Telefone: (17)3221-2545 Fax: (17)3221-2500 E-mail: camilabm@ibilce.unesp.br

**UNESP - INSTITUTO DE
BIOCIÊNCIAS LETRAS E
CIÊNCIAS EXATAS/ CAMPUS
DE SÃO JOSÉ DO RIO
PRETO/IBILCE**



Continuação do Parecer: 4.063.455

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há.

Considerações Finais a critério do CEP:

O Comitê de Ética em Pesquisa, em reunião ordinária de 19 de maio de 2020, deliberou, por unanimidade, pela aprovação do presente Projeto de Pesquisa. Os relatórios parciais deverão ser encaminhados semestralmente, contando a partir desta data, conforme modelo em nossa página: <http://www.ibilce.unesp.br/#!/comite/etica-em-pesquisa/relatorio-projeto>

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_1501455.pdf	07/04/2020 10:50:45		Aceito
Recurso Anexado pelo Pesquisador	projeto_CEP_carta_resposta.doc	07/04/2020 10:47:11	Ana Carolina Conti e Silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_soja.doc	07/04/2020 10:35:05	Ana Carolina Conti e Silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_snack.doc	07/04/2020 10:34:47	Ana Carolina Conti e Silva	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_CEP_reconsideracao.pdf	07/04/2020 10:34:13	Ana Carolina Conti e Silva	Aceito
Folha de Rosto	projeto_CEP_folha_rostoassinada.pdf	24/01/2020 10:00:33	Ana Carolina Conti e Silva	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: CRISTOVAO COLOMBO 2265
 Bairro: JARDIM NAZARETH CEP: 15.054-000
 UF: SP Município: SAO JOSE DO RIO PRETO
 Telefone: (17)3221-2545 Fax: (17)3221-2500 E-mail: camilabm@ibilce.unesp.br

UNESP - INSTITUTO DE
BIOCIÊNCIAS LETRAS E
CIÊNCIAS EXATAS/ CAMPUS
DE SÃO JOSÉ DO RIO
PRETO/IBILCE



Continuação do Parecer: 4.063.455

SAO JOSE DO RIO PRETO, 02 de Junho de 2020

Assinado por:
Andrea Carla da Silva Barretto
(Coordenador(a))

Endereço: CRISTOVAO COLOMBO 2265
Bairro: JARDIM NAZARETH CEP: 15.054-000
UF: SP Município: SAO JOSE DO RIO PRETO
Telefone: (17)3221-2545 Fax: (17)3221-2500 E-mail: camliabm@ibilce.unesp.br