

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
Divisão de Pesquisa e Desenvolvimento de Cereais e Chocolates

HENRIQUE FERRARI HACOMAR

**SUPLEMENTO ALIMENTAR GOMOSO E VEGANO, DE CAFEÍNA E FONTE DE
FIBRAS ALIMENTARES**

CAMPINAS

2026

HENRIQUE FERRARI HACOMAR

**SUPLEMENTO ALIMENTAR GOMOSO E VEGANO, DE CAFEÍNA E FONTE DE
FIBRAS ALIMENTARES**

*Dissertação apresentada ao Instituto de Tecnologia
de Alimentos para obtenção do título de Mestre em
Ciência e Tecnologia de Alimentos.*

Aluno: Henrique Ferrari Hacomar

Orientadora: Profa. Dra. Marise Bonifácio Queiroz

Co-orientadora: Dra. Ana Lúcia Fadini

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação defendida pelo aluno
Henrique Ferrari Hacomar e orientada pelo Profa. Dra. Marise Bonifácio Queiroz

CAMPINAS

2026

Agência(s): O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Brasil) - CAPES (Código de Financiamento 001), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha elaborada pela bibliotecária Vangri de Oliveira Camargo CRB/8 6919-0 -
Seção de Documentação Científica do Instituto Agrônômico

H124s Hacomar, Henrique Ferrari

Suplemento alimentar gomoso e vegano, de cafeína e fonte de fibras alimentares / Henrique Ferrari Hacomar. Campinas, 2026. 81 fls.

Orientadora: Marise Bonifácio Queiroz

Co-orientadora Ana Lúcia Fadini

Dissertação (Mestrado) em Ciência e Tecnologia de Alimentos – ITAL

1. Suplemento alimentar. 2. Substitutos de açúcar. 3. Pectina. 4. Secagem.
5. Estabilidade. I Queiroz, Marise Bonifácio. II. Fadini, Ana Lúcia. III. Título

CDD. 613.262

Título em inglês: Vegan caffeine gummy dietary supplement - source of dietary fiber

Key-words: dietary supplement; sugar replacement; pectin; drying; stability.

Titulação: Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Banca Examinadora: Dra. Marise Bonifácio Queiroz (presidente); Dra. Silvia Amelia Verdiani Tfouni (titular); Dr. Matheus Henrique Mariz de Avelar (titular); Lidiane Bataglia da Silva (suplente).

Data da Defesa: 24/04/2026

Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos

BANCA EXAMINADORA

Este exemplar corresponde à redação final da Dissertação de Mestrado defendida por Henrique Ferrari Hacomar, aprovada pela Comissão Julgadora em 24/04/2026.

Profa. Dra. Marise Bonifácio Queiroz
Divisão de Pesquisa e Desenvolvimento de Cereais e
Chocolates - Ital (Presidente)

Dra. Ana Lúcia Fadini
Divisão de Pesquisa e Desenvolvimento de Cereais e
Chocolates - Ital (Co-orientadora)

Profa. Dra. Silvia Amelia Verdiani Tfouni
Divisão de Pesquisa e Desenvolvimento do Centro de Ciências
e Qualidade de Alimentos - Ital (titular)

Dr. Matheus Henrique Mariz de Avelar
Universidade Federal São João del-Rei - UFSJ

Dra. Lidiane Bataglia da Silva
Faculdade de Engenharia de Alimentos-FEA Unicamp
(suplente)

A Ata de defesa de dissertação de mestrado com as respectivas assinaturas dos membros da banca encontra-se no SIAPG-Ital/Sistema Integrado de Administração da Pós-graduação do Instituto de Tecnologia de Alimentos e na Secretaria do Programa de Pós-Graduação.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus quatro avós, Marina Fischer Archermam e em memória de Dorival Ferrari, Haruo Hacomar e Adélia Galhardo Hidalgo, imigrantes de diferentes nações, cujas trajetórias de vida e dedicação possibilitaram que, após gerações, eu me tornasse o primeiro da família a alcançar a titulação de mestre.

Homenageio também todos os pesquisadores latino-americanos que, assim como eu, representam a primeira geração de pós-graduados em suas famílias, na esperança de que a educação e a liberdade sejam caminhos que transformem o mundo.

“One child, one teacher, one book, and one pen can change the world.”

Malala Yousafzai

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela saúde, pela força e por, ao longo de toda essa jornada, ter colocado as pessoas certas em meu caminho.

Ao meu marido, Msc. Rafael Veroneze, por todo o incentivo desde o início, por me encorajar a seguir meus sonhos e ingressar no mestrado. Foi uma honra compartilhar essa etapa tão importante da minha vida ao seu lado.

Aos meus pais, Walter Massao Galhardo Hacomar e Sonia Aparecida Ferrari Hacomar, por todo o esforço dedicado à minha formação, por sempre acreditarem em mim e por terem dedicado suas vidas para que eu chegasse até aqui. Aos meus sogros, Sandra e Daniel Veroneze, pelo apoio, incentivo e por estarem presentes em um momento tão significativo da minha trajetória.

Agradeço, de forma especial, à minha orientadora, Dra. Marise Bonifácio Queiroz, e à minha co-orientadora, Dra. Ana Lúcia Fadini, por serem exemplos de excelência, ética e responsabilidade. Sou profundamente grato pela confiança, pela oportunidade de aprendizado e pelo constante incentivo ao meu desenvolvimento. Levarei para sempre os ensinamentos, a experiência e o respeito compartilhados ao longo desta jornada.

Destaco, ainda, que foi durante a disciplina cursada como aluno especial, em 2022, que tive o privilégio de conhecê-las. Em um contexto ainda marcado pelas restrições da pandemia, com poucos alunos em sala, uso de máscaras e distanciamento, foi nesse momento que encontrei inspiração nessas duas profissionais que, posteriormente, viriam a se tornar minha orientadora e coorientadora. Em um período desafiador, tanto em minha vida quanto na de todos que vivenciaram essa fase, foram fundamentais ao me proporcionarem motivação e confiança, despertando em mim um interesse ainda mais profundo pela ciência e pela pesquisa.

A Gabriela Monari da Silva, estudante de engenharia de alimentos da FEA - UNICAMP, que colaborou ativamente com o projeto durante todo seu período de iniciação científica e aos colegas do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), pelas trocas enriquecedoras, pelo aprendizado coletivo e pelo companheirismo,

assim como a todos os colaboradores do Instituto e em especial a todo o time do Cereal Chocotec, pela excelência e suporte.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos, fundamental para a continuidade da minha formação. Acredito que o investimento em ciência transforma vidas, não apenas a do pós-graduando, mas de toda a sociedade.

Ao ITAL e à Finep, pelo suporte estrutural e pelo uso dos equipamentos da Central Multiusuário do Cetea. À Dra. Silvia Tfouni, pela colaboração na pesquisa e pela disponibilização do espaço e dos equipamentos do Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos (CCQA).

Aos pesquisadores Dra. Luiza Saad, Dr. Gregory Ribeiro e Dra. Giovana Filócomo, pelos conselhos ao longo da trajetória acadêmica e pelo incentivo constante à continuidade na pesquisa.

Às minhas professoras de graduação, Dra. Nirse Ruscheinsky Breternitz, Dra. Camila Molena de Assis, M.Sc. Cassia Tavares e em memória da M.Sc. Maria Helena Costa Resnitzky, por terem me proporcionado as primeiras oportunidades na academia e por serem referências como pesquisadoras.

Aos meus alunos do curso de Engenharia de Alimentos da Faculdade Engenheiro Salvador Arena, por me inspirarem diariamente e por reforçarem meu propósito como educador.

Por fim, registro minha sincera gratidão a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO: O objetivo do estudo foi desenvolver um suplemento alimentar gomoso e vegano, de cafeína e fonte de fibras, sem adição de sacarose e de xarope de glicose. Foram realizados dois delineamentos do tipo Composto Central Rotacional (DCCR) (planejamento fatorial completo 2^2). Para o desenvolvimento da formulação as variáveis foram xarope de maltitol (15%-25%) e Nutriose®FB06 (NUT) (35%-45%) e as respostas atividade de água (a_w), umidade, dureza da crosta, pegajosidade e adesividade (teste de punção). A formulação selecionada foi utilizada num segundo DCCR para estudo de secagem, usando GOFOS™P95/GL-U (FOS) em substituição a NUT e com adição de cafeína. As variáveis foram temperatura (30-50 °C) e tempo (8-48 horas) e as respostas descritas acima. Adicionalmente avaliou-se o perfil de textura TPA (dureza, resiliência, coesão, elasticidade, gomosidade, mastigabilidade). No estudo de estabilidade foi utilizada a melhor condição de secagem e avaliadas duas amostras (NUT e FOS), com cafeína. Adicionalmente analisou-se a temperatura de transição vítrea (t_g) e teor de cafeína. No desenvolvimento do suplemento, a umidade foi influenciada pelas variáveis e a faixa ótima para obter valores próximos ao de uma bala de pectina comercial (BPC) contendo açúcares, foi 20% de poliol e 40% de NUT (ponto central-PC). Para a a_w , a variação explicada pelo R^2 foi baixa e os produtos com as a_w mais próximas às da BPC, foram aqueles do PC. No teste de punção, apenas o teor de NUT teve efeito significativo, mas com baixo R^2 e os ensaios do PC apresentaram características próximas da BPC. O aumento da temperatura e do tempo de secagem impactaram significativamente na redução da umidade e da a_w e no aumento da dureza da crosta, pegajosidade e adesividade. Para TPA, os parâmetros menos afetados foram elasticidade, resiliência e coesão. Os produtos com características de dureza, gomosidade e mastigabilidade mais próximas às da BPC foram obtidos a 40 °C/48 horas e/ou 40 °C/28 horas, sendo indicado o uso de 28 horas para menor gasto energético. Durante a estocagem, o suplemento contendo FOS apresentou umidade e textura mais estáveis e menores a_w e t_g , possivelmente devido ao seu menor grau de polimerização-DP. Os produtos apresentaram mela a partir dos 90 dias, principalmente aqueles contendo FOS. Um FOS com maior DP talvez resultasse num produto mais coeso e sem mela. O estudo confirmou a estabilidade da cafeína até 180 dias e os suplementos desenvolvidos podem ser considerados bons veículos para entrega de fibras alimentares e cafeína.

Palavras-chave: suplemento alimentar; substitutos de açúcar; pectina; secagem; estabilidade

ABSTRACT: The aim of this study was to develop a vegan gummy dietary supplement containing caffeine and dietary fiber, without added sucrose or glucose syrup. Two Central Composite Rotational Designs (CCRD) (2^2 full factorial design) were carried out. In the formulation study, the variables were maltitol syrup (15–25%) and Nutriose®FB06 (NUT) (35–45%), while the evaluated responses were water activity (aw), moisture content, crust hardness, stickiness, and adhesiveness (puncture test). The selected formulation was used in a second CCRD for the drying study, replacing NUT with GOFOS™ P95/GL-U (FOS) and adding caffeine. The variables were drying temperature (30–50 °C) and time (8–48 h), and the same responses were evaluated. In addition, Texture Profile Analysis (TPA) parameters, including hardness, resilience, cohesiveness, springiness, gumminess, and chewiness, were assessed. Moisture content was influenced by the formulation variables, and the optimal condition to obtain values similar to those of a commercial sugar-based pectin gummy candy (CGC) was 20% polyol and 40% NUT (central point, CP). For aw, the explained variation (R^2) was low, and the products with values closest to the CGC were also those obtained at the CP. In the puncture test, only the NUT content showed a significant effect, although with low R^2 values, and CP samples exhibited characteristics similar to the CGC. Increasing drying temperature and time significantly reduced moisture content and aw, while increasing crust hardness, stickiness, and adhesiveness. In the TPA analysis, springiness, resilience, and cohesiveness were the least affected parameters. Products with hardness, gumminess, and chewiness values closest to the CGC were obtained at 40 °C for 48 h and/or 28 h, with 28 h being recommended due to lower energy consumption. For the stability study, the best drying condition was applied to samples containing NUT or FOS with caffeine. Glass transition temperature (T_g) and caffeine content were also analyzed. During storage, the FOS-containing supplement showed more stable moisture and texture, as well as lower aw and T_g values, possibly due to its lower degree of polymerization (DP). However, stickiness was observed after 90 days, especially in FOS-containing samples. A FOS with a higher DP could potentially result in a more cohesive and less sticky product. The study confirmed caffeine stability for up to 180 days, demonstrating that the developed supplements are suitable carriers for dietary fiber and caffeine delivery.

Key words: dietary supplement; sugar replacement; pectin; drying; stability.

SUMÁRIO

RESUMO	ix
ABSTRACT	x
SUMÁRIO	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo geral	3
2.2 Objetivos específicos	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1 Suplemento alimentar	4
3.2 Pectina	7
3.3 Redução de açúcares	9
3.4 Composto bioativo de cafeína	13
3.5 Processo de fabricação de balas de goma e/ou suplemento alimentar gomoso	16
3.6 Fatores que afetam a qualidade das balas de goma	22
4. MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1 Material	27
4.2 Métodos	28
4.2.1 Desenvolvimento do suplemento alimentar gomoso e vegano, de cafeína e fonte de fibras alimentares, sem adição de sacarose e de xarope de glicose, através do uso de um delineamento composto central rotacional (DCCR)	28
4.2.2 Estudo dos parâmetros de secagem do suplemento alimentar gomoso e vegano, de cafeína e fonte de fibras alimentares, sem adição de sacarose e de xarope de glicose, através do uso de um delineamento composto central rotacional (DCCR)	31
4.2.3 Estudo da estabilidade do suplemento alimentar gomoso e vegano, de cafeína e fonte de fibras alimentares, durante 180 dias	34

4.2.4 Análise estatística dos resultados	36
4.2.5. Elaboração da informação nutricional e a identificação das alegações autorizadas para uso no suplemento alimentar desenvolvido	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1 Desenvolvimento do suplemento alimentar gomoso e vegano, fonte de fibras alimentares, sem adição de sacarose e de xarope de glicose	38
5.2 Estudo dos parâmetros de secagem do suplemento alimentar gomoso desenvolvido na etapa anterior	43
5.3 Estudo da estabilidade do suplemento alimentar gomoso e vegano, de cafeína e fonte de fibras alimentares, sem adição de sacarose e de xarope de glicose	54
5.4 Elaboração da informação nutricional e identificação de alegações autorizadas para uso no suplemento alimentar desenvolvido	67
6. CONCLUSÕES	71
7. REFERÊNCIAS	72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Selo SVB - Produto Vegano	7
Figura 2. Segmento da molécula de pectina	8
Figura 3. Estruturas do frutooligossacarídeo de cadeia curta (a) e da Nutriose® 06 (b)	13
Figura 4. Estrutura química da cafeína	14
Figura 5. Fluxograma geral de fabricação de balas de goma	17
Figura 6. Moldes de amido (sistema Mogul) para formatação e auxílio na secagem de balas de goma	18
Figura 7. Sistema de formatação tipo <i>slab & cut</i>	18
Figura 8. Secagem de balas de goma depositadas em moldes de amido: mecanismos de transporte de umidade	20

Figura 9. Fluxograma geral para produção laboratorial do suplemento gomoso	29
Figura 10. Disposição dos suplementos gomosos dentro da desidratadora	33
Figura 11. Suplementos gomosos, fontes de fibras e sem adição de sacarose e de xarope de glicose	38
Figura 12. Superfície de resposta e curva de contorno para o teor de umidade, em função das concentrações de xarope de maltitol e de fibra	40
Figura 13. Informação nutricional do suplemento alimentar vegano, fonte de fibras (Nutriose® FB 06) e sem adição de açúcares	43
Figura 14. Suplementos gomosos veganos fonte de fibras (GOFOS™P95/GL-U), sem adição de sacarose e de xarope de glicose	44
Figura 15. Superfícies de respostas e curvas de contorno para o teor de umidade (a) e (b) e atividade de água (c) e (d), em função das diferentes temperaturas (°C) e tempos de secagem (h)	47
Figura 16. Superfícies de respostas e curvas de contorno para a dureza da crosta (a) e (b), pegajosidade (c) e (d) e adesividade (e) e (f), em função das diferentes temperaturas (°C) e tempos de secagem (h)	50
Figura 17. Análise do perfil de textura (TPA) dos suplementos gomosos e veganos, fonte de fibras (GOFOS™P95/GL-U), sem adição de sacarose e de xarope de glicose, em função da variação do tempo e temperatura de secagem	51
Figura 18. Informação nutricional do suplemento alimentar gomoso e vegano, de cafeína e fonte de fibras alimentares (GOFOS™P95/GL-U), com baixo teor de açúcar	54
Figura 19. Formação de grumos no momento da adição da fibra GOFOS™P95/GL-U, antes do cozimento	55
Figura 20. Espuma na superfície do produto contendo Nutriose® FB 06 e extrato de guaraná, sem ocorrência de gelificação após 24 horas	55
Figura 21. Embalagens PET contendo os suplementos alimentares gomosos	

e veganos, de cafeína e fonte de fibras alimentares, sem adição de sacarose e de xarope de glicose	56
Figura 22. Variações nos teores de umidade dos suplementos gomosos, durante os 180 dias de estocagem	58
Figura 23. Variações nos teores de atividade de água (a_w) dos suplementos gomosos, durante os 180 dias de estocagem	59
Figura 24. Alterações nos parâmetros de textura (teste de punção) dos suplementos gomosos produzidos com Nutriose® FB 06 (a) e com GOFOS™P95/GL-U (b), durante os 180 dias de estocagem	60
Figura 25. Alterações nos parâmetros do perfil de textura (TPA) dos suplementos gomosos produzidos com Nutriose® FB 06 (a) e com GOFOS™P95/GL-U (b), durante os 180 dias de estocagem	62
Figura 26. “Mela” residual na embalagem de suplementos alimentares com Nutriose® FB 06 (a) e com GOFOS™P95/GL-U (b)	65
Figura 27. Aspecto dos suplementos alimentares gomosos e veganos, de cafeína e fonte de fibras alimentares, com baixo teor de açúcar, durante 180 dias de estocagem	67
Figura 28. Tabela de informação nutricional e lista de ingredientes do suplemento alimentar gomoso e vegano, de cafeína e fonte de fibras alimentares Nutriose® FB 06 (a) e GOFOS™P95/GL-U (b)	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Temperaturas de transição vítrea (T_g) para adoçantes em forma seca, usados na indústria de confeitos	26
Tabela 2. Variáveis independentes e níveis de variação do xarope de maltitol e da concentração de fibra no desenvolvimento do suplemento gomoso	28
Tabela 3. Formulação do suplemento gomoso avaliado no estudo de secagem	32

Tabela 4. Variáveis independentes e níveis de variação da temperatura (°C) e do tempo de secagem (h) no estudo da secagem do suplemento gomoso	33
Tabela 5. Teor de umidade, atividade de água (a_w), dureza da crosta, pegajosidade e adesividade (teste de punção) dos suplementos gomosos obtidos a partir de diferentes porcentagens de xarope de maltitol e fibra	39
Tabela 6. Teor de umidade, atividade de água (a_w), umidade, dureza da crosta, pegajosidade e adesividade (teste de punção) dos suplementos gomosos obtidos a partir de diferentes temperaturas e tempos de secagem	45
Tabela 7. Análise de variância (ANOVA) porcentagem de variação explicada (R^2), valores de $F_{\text{calculado}}$ e F_{tabelado} para as respostas teor de umidade (%), atividade de água e parâmetros de textura do teste de punção: dureza da crosta (N), pegajosidade (N) e adesividade (N.s), em função das variações do tempo (h) e da temperatura (°C) de secagem	46
Tabela 8. Comparação de médias entre os diferentes ensaios, para as respostas da análise do perfil de textura (TPA), em função da variação do tempo e da temperatura de secagem dos suplementos gomosos	52
Tabela 9. Teor de umidade, atividade de água (a_w) e parâmetros da textura instrumental obtidos no teste de punção (dureza da crosta, pegajosidade e adesividade), avaliados durante os 180 dias de estocagem	57
Tabela 10. Perfil de textura (TPA) dos suplementos gomosos, avaliado durante os 180 dias de estocagem	61
Tabela 11. Temperatura de transição vítrea (T_g do ponto médio - <i>midpoint</i>) dos suplementos gomosos produzidos com Nutriose® FB 06 e GOFOS™P95/GL-U, nos tempos zero, 90 e 180 dias de estocagem	63
Tabela 12. Teor de cafeína dos suplementos gomosos produzidos com Nutriose® FB 06 e GOFOS™P95/GL-U, nos tempos zero, 90 e 180 dias de estocagem	64

1. INTRODUÇÃO

As balas de goma, devido a sua facilidade de consumo, estão substituindo formas tradicionais de entrega de ingredientes funcionais, predominantemente feitas através de comprimidos e cápsulas, visto que as gomas são uma das formas mais aceitas entre os consumidores de suplementos alimentares. No entanto, por serem produtos que tradicionalmente possuem elevado teor de açúcares, novas gomas, com novas formulações, que combinam benefícios à saúde e sabor agradável, têm sido utilizadas como veículo para entregar ingredientes funcionais (Delgado-Durán *et al.*, 2025).

Gómez-Llorente *et al.* (2026) reforçam que o crescente consumo de balas de goma, atrelado ao aumento da demanda por alimentos mais saudáveis, têm impulsionado o desenvolvimento de confeitos com maior valor agregado e que o uso de ingredientes de fontes vegetais na formulação desses produtos é uma estratégia nutricional de entrega de compostos bioativos e fibras.

Os hidrocolóides mais utilizados para a fabricação das balas de gomas são a gelatina, o amido e a pectina (Hartel; Elbe; Hofberger, 2018), sendo a pectina uma das opções ao uso de gelatina, pois apresenta maior resistência térmica para comercialização em países tropicais e atende à crescente demanda por produtos veganos (Ganatra *et al.*, 2024).

As gomas são produtos com teor de umidade variável entre 8 - 22% (Ergun; Lietha; Hartel, 2010), onde uma rede de gel retém uma solução de açúcares ou seus substitutos. Em produtos tradicionais, sua composição contém sacarose, xarope de glicose, agente gelificante, aromatizante, corante e acidulante. O açúcar confere o sabor doce, corpo e reduz a atividade de água, portanto, sua substituição pode resultar em sinérese e afetar a estabilidade do produto a temperatura ambiente. Para a substituição dos açúcares, fibras alimentares e edulcorantes podem ser utilizados (Hartel; Elbe; Hofberger, 2018; Maringka; Putra; Lo, 2024).

Muitos prebióticos são comercializados como fibras alimentares e adicionados em alimentos ou suplementos alimentares. As fibras prebióticas geralmente apresentam boa estabilidade ao ácido e temperatura, sendo seu consumo associado a benefícios ao trato gastrointestinal (inibição de patógenos e modulação imunológica), redução de colesterol, saúde mental (energia e cognição) e ossos (melhor absorção de minerais) (Cardoso *et al.*, 2021). Os prebióticos também podem atuar como agentes de textura na produção de alimentos e ainda como substitutos de gordura e açúcar (Singla; Chakkravarthi, 2017).

Além disso, já há algum tempo as tendências mostram a valorização da saudabilidade e bem-estar, como um dos principais impulsionadores de preferência entre os consumidores, com destaque para produtos que promovam o desempenho físico, mental e cardiovascular e que contenham ingredientes e aditivos naturais, assim como por produtos energéticos, *light*, *diet*, fortificados, enriquecidos e fontes de nutrientes e micronutrientes (Ital, 2010). Velásquez *et al.* (2024), reportam que os benefícios do consumo da cafeína vão além da melhora da performance física, sendo também eficaz do ponto de vista cognitivo como, por exemplo, na melhora do humor, estado de alerta, retardo da fadiga, dentre outros.

Do ponto de vista do processo de fabricação das balas de goma, merece especial atenção a etapa de formatação do produto, a qual é tradicionalmente feita através do depósito da calda cozida em bandejas contendo amido seco, o qual é estampado no formato desejado para o produto final. A vantagem do uso de amido como meio de moldagem é que ele também irá auxiliar na secagem das balas, no entanto, essa forma de formatação pode implicar na ocorrência de contaminação cruzada quando as balas de goma são utilizadas como suplementos alimentares (Hartel; Elbe; Hofberger, 2018; Puch; Bobadilla; Boutin, 2019).

Tendo em vista este cenário, o presente estudo teve como propósito não só desenvolver uma nova formulação de bala de goma posicionada como suplemento alimentar gomoso e vegano de cafeína e fonte de fibras alimentares, assim como formatar o produto em moldes poliméricos e estudar o impacto de diferentes condições de secagem na qualidade dos suplementos obtidos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Desenvolver um suplemento alimentar gomoso vegano, de cafeína e fonte de fibras, sem adição de sacarose e de xarope de glicose

2.2 Objetivos específicos

- Atender aos requisitos da IN N° 28 de 2018 quanto a quantidade mínima de fibras necessária para o grupo populacional ≥ 19 anos na recomendação diária de consumo (mínimo de 5,7 g de fibras), na porção indicada pelo fabricante.
- Atender aos requisitos da IN N° 28 de 2018, quanto a quantidade mínima de cafeína necessária para atender ao grupo populacional ≥ 19 anos na recomendação diária de consumo (mínimo de 75 mg) na porção indicada pelo fabricante.
- Estudar os parâmetros de secagem do suplemento alimentar gomoso desenvolvido, de forma a garantir que o produto tenha teor de umidade e atividade de água conforme previsto na literatura para sistemas gelificados.
- Estudar a estabilidade do suplemento alimentar gomoso vegano de cafeína e fonte de fibras, durante 6 meses, embalado em potes poliméricos e estocado a 30 ± 2 °C e $75 \pm 5\%$ de UR (Brasil, 2026).
- Elaborar a informação nutricional e a identificação de alegações autorizadas para uso e também as restrições de consumo e os requisitos do Anexo V para alegação.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Suplemento alimentar

Conforme a RDC Nº 243 de 2018, Seção II em Definições, Artigo 3º, item VII, tem-se que “suplemento alimentar: produto para ingestão oral, apresentado em formas farmacêuticas, destinado a suplementar a alimentação de indivíduos saudáveis com nutrientes, substâncias bioativas, enzimas e probióticos, isolados ou combinados” (Brasil, 2018b). O suplemento alimentar pode ser apresentado em formas farmacêuticas (comprimido, encapsulado, sólido, líquido, pastoso, tablete, entre outras), para ingestão oral, destinado a suplementar a alimentação de indivíduos saudáveis. Uma das formas de apresentação do suplemento alimentar sólido pode ser através de uma matriz gomosa, similar a uma bala de goma.

As balas de goma vêm sendo consideradas alimentos versáteis para entrega tanto de medicamentos como de compostos bioativos (Lucas-González *et al.*, 2025; Tarahi *et al.*, 2024) e se destacam em relação aos comprimidos, cápsulas e xaropes por sua textura mastigável; aroma, sabor e aparência mais atrativos; por mascarar sabores indesejáveis e apresentarem facilidade de ingestão por crianças, idosos e pessoas com dificuldades de deglutição (Raut; Nemade; Gavade, 2026).

De acordo com uma pesquisa de mercado conduzida pela Associação Brasileira da Indústria de Alimentos para Fins Especiais (ABIAD), sobre Hábitos de Consumo de Suplementos Alimentares, abrangendo sete capitais em todas as cinco regiões do Brasil, 59% dos lares brasileiros possuem pelo menos um indivíduo consumindo suplementos, 72% dos entrevistados relataram um aumento em seus cuidados com a alimentação e 28% afirmaram que os suplementos contribuem para uma melhora na disposição física e mental (Abiad, 2020).

Djaoudene *et al.* (2023), reportam que o mercado global de suplementos alimentares cresce continuamente, tanto no que diz respeito ao lançamento de novos produtos como em vendas, sendo estas estimadas em aproximadamente US\$ 152 bilhões em 2021 e de US\$ 300 bilhões até 2028. Da mesma forma que o

mercado cresce, os autores destacam que pesquisas na área também têm aumentado.

A regulamentação dos suplementos alimentares no Brasil tem passado por importantes atualizações nos últimos anos, refletindo o compromisso da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), em garantir a segurança e a qualidade desses produtos. A Portaria N° 1.409, de 15 de dezembro de 2023, aprovou a Agenda Regulatória da Anvisa para o biênio 2024-2025, estabelecendo diretrizes para o aprimoramento das normas técnicas relacionadas aos suplementos alimentares (Brasil, 2023), ou seja, essa Portaria garante um acompanhamento constante das tendências de mercado para a atualização tanto das substâncias aprovadas quanto das quantidades mínimas e máximas autorizadas dos compostos bioativos que possam ser adicionados aos suplementos alimentares.

Tendo isso em vista, a IN N° 28 (Brasil, 2018a) tem sido constantemente revisada, tanto no que se refere à liberação de novas substâncias bioativas, nutrientes e compostos benéficos à saúde, quanto no que diz respeito à definição de limites mínimos e máximos permitidos e alegações de rotulagem.

Além disso, a Anvisa possui o “Guia de Perguntas e Respostas sobre Suplementos Alimentares” (Anvisa, 2018), que fornece orientações à comunidade científica e à população sobre o uso correto desses produtos e ainda o “Guia para Comprovação de Segurança de Alimentos e Ingredientes” (Anvisa, 2019), que auxilia na avaliação da segurança dos suplementos.

Com o intuito de ampliar a transparência regulatória e o acesso público às informações relacionadas às suas áreas de atuação, a Anvisa desenvolveu o Painel Power BI, uma plataforma digital interativa de caráter público que consolida dados e indicadores estratégicos sobre o desempenho institucional e o andamento das ações regulatórias. Essa ferramenta, disponível em seu site é alimentada com informações oficiais da própria Agência, permite a visualização dinâmica de painéis temáticos relacionados a registros, petições, fiscalizações, controle sanitário e evolução de processos técnicos e administrativos. Para o setor de alimentos e, em especial, de suplementos alimentares, o Power BI possui importância e relevância ao fornecer dados atualizados que subsidiam análises técnicas, fortalecem a

gestão regulatória e contribuem para o aprimoramento da qualidade e da conformidade dos produtos disponibilizados ao consumidor. Além de promover a transparência, a ferramenta estimula a inovação e o desenvolvimento responsável, ao possibilitar que empresas e pesquisadores acompanhem de forma sistematizada as tendências e movimentações do setor, apoiando práticas de melhoria contínua e de agilidade no processo de modernização regulatória conduzido pela Anvisa.

Além das boas perspectivas do mercado de suplementos alimentares, também se destaca o crescimento do mercado vegano.

O mercado vegano no Brasil apresentou um crescimento significativo nos últimos anos, refletido tanto nas estatísticas de adesão quanto nos padrões de consumo. De acordo com pesquisa do IBOPE Inteligência, realizada em abril de 2018, 14% da população brasileira se declarava vegetariana, um aumento notável em relação aos números de 2012, quando esse percentual era de 8%. Em regiões metropolitanas como São Paulo, Curitiba, Recife e Rio de Janeiro, essa proporção sobe para 16%, indicando uma tendência ascendente. Esse crescimento é acompanhado por um crescente interesse por alimentos vegetais e hábitos alimentares mais saudáveis entre os brasileiros. De acordo com a Sociedade Vegetariana Brasileira, esse cenário favorece o aumento do interesse por produtos veganos. Numa pesquisa feita em 2024, foi projetado um número de aproximadamente 14 milhões de veganos no Brasil (SVB, 2026).

No âmbito da legislação brasileira, não há uma regulamentação técnica específica para o uso do termo “vegano”. Por outro lado, a Sociedade Vegetariana Brasileira certifica produtos veganos mediante o cumprimento dos seguintes critérios: a ausência de ingredientes de origem animal na formulação, a não realização de testes em animais com o produto final e a garantia de que os fornecedores também não realizam testes em animais com ingredientes ou matérias primas (SVB, 2026). Os produtos certificados podem utilizar um selo, conforme apresentado na Figura 1.



Figura 1. Selo SVB - Produto Vegano.

A expansão desse mercado não ocorre apenas no Brasil. Estima-se que o mercado global vegano ultrapassará os US\$ 36,3 bilhões até 2030, impulsionado pela crescente demanda por alternativas baseadas em plantas e pela preocupação com a saúde e sustentabilidade (BHB Food, 2026).

3.2 Pectina

Do ponto de vista de suplementos gomosos veganos, o uso da pectina como hidrocolóide é uma boa alternativa visto que o amido como agente de textura demanda um processo de depósito da calda em sistemas que utilizam o amido como meio de moldagem/formatação, o que poderia implicar em contaminação cruzada, uma vez que o amido dos moldes é reutilizado, podendo reter traços da substância bioativa adicionada.

A pectina é um polissacarídeo que está presente na parede celular e lamela média de plantas superiores. Comercialmente pode ser extraída da pele de citrus e do bagaço da maçã, sendo formada por uma cadeia linear de unidades de ácido galacturônico ligadas em α (1-4). Parte destas unidades está esterificada como éster metílico (Figura 2) (Hartel; Elbe; Hofberger, 2018; Damodaran; Parkin; Fennema; 2010).

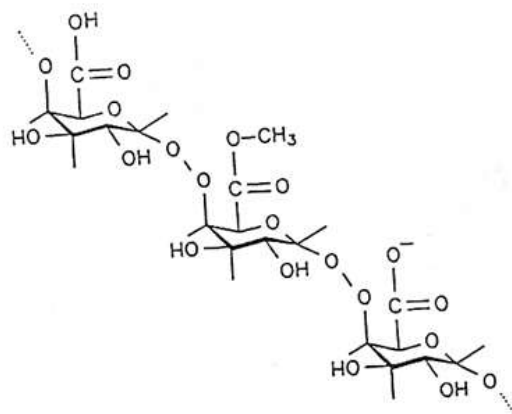


Figura 2. Segmento da molécula de pectina.
Fonte: Thakur *et al.* (1997)

As propriedades funcionais da pectina são influenciadas pelo seu grau de esterificação (DE), o qual indica a proporção de unidades de ácido galacturônico esterificados em relação ao total de unidades de ácido galacturônico, sendo que pectinas de alto grau de metoxilação (HM) apresentam um $DE \geq 50\%$ e uma pectina de baixo grau de metoxilação (LM) um $DE < 50\%$. Essa característica da pectina tem relação direta com o seu mecanismo de gelificação, sendo que para as pectinas HM a gelificação ocorre devido a interações hidrofóbicas e ligações de hidrogênio mediante elevado teor de sólidos (maior que 55%) e presença de ácido ($pH < 3,6$), ou seja, o elevado teor de sólidos irá reduzir a atividade de água do sistema (reduz interação pectina solvente-água) e irá facilitar as interações hidrofóbicas dos grupos metoxila. O abaixamento do pH mediante a adição de ácido levará a protonação de grupos carboxilas não esterificados e, devido à redução de forças de repulsão eletrostáticas entre as cadeias da pectina HM, irão ocorrer ligações de hidrogênio entre os grupos carboxila não dissociados e os grupos hidroxila livres. Portanto, o uso do ácido em sistemas gelificados com pectina HM extrapola a questão sensorial, sendo um fator fundamental para a formação do gel. Por outro lado, as pectinas LM precisam da presença de Ca^{2+} para gelificar, principalmente por meio de ligações iônicas (Damodaran; Parkin; Fennema; 2010; Liang *et al.*, 2022).

Para a produção de suplementos gomosos é importante que a gelificação da pectina seja mais lenta para que haja tempo suficiente para a incorporação de compostos bioativos e para a dosagem/formatação do produto.

Hartel; Elbe e Hofberger (2018) ressaltam que pectinas HM com menor grau de esterificação gelificam numa temperatura mais baixa, sendo chamadas de *slow-set*. Citrato de sódio ou de potássio podem ser utilizados para reduzir a taxa de gelificação da pectina, tendo efeito tamponante no sistema. Para as gomas de pectina com açúcar pode ser utilizado até 2% de pectina HM. Para os confeitos em geral a pectina HM é a mais utilizada, sendo que a pectina LM é recomendada quando se deseja um *setting-time* mais lento ou quando o uso do ácido não é adequado para as características de sabor do produto em questão. Os géis de pectina são transparentes e apresentam textura macia e de corte.

3.3 Redução de açúcares

Para a substituição dos açúcares em balas de goma, podem ser utilizados, por exemplo, poliois, fibras e edulcorantes de alta intensidade.

Os poliois são ingredientes comumente utilizados para a substituição da sacarose em balas de goma e em outros produtos de confeitaria (Hartel; Elbe; Hofberger, 2018). Dependendo do poliol utilizado, este pode proporcionar um perfil sensorial semelhante ao da sacarose, contudo, os poliois apresentam baixa capacidade de digestão, implicando na necessidade de cautela quanto às quantidades empregadas na formulação para prevenir desconfortos gastrointestinais e efeitos laxativos nos consumidores (Riedel, Böhme; Rohm, 2015).

De acordo com Hartel; Elbe e Hofberger (2018), o maltitol é obtido pela hidrogenação da maltose, que é produzida pela hidrólise do amido e pode ser utilizado em confeitos, tanto na forma cristalina quanto na forma de xarope de alta maltose hidrogenado. Quando na forma cristalina, possui diversas propriedades semelhantes às da sacarose, incluindo dulçor, solubilidade e baixa higroscopicidade.

O maltitol se destaca dentre os poliois devido à sua elevada tolerância de consumo, ausência de cariogenicidade e baixo índice glicêmico, sendo adequado para consumo por indivíduos com diabetes ou com restrição à ingestão de açúcares. Possui estabilidade em temperaturas elevadas, apresenta calor de dissolução negativo similar ao da sacarose, absorve umidade em condições de umidade relativa acima de 80%. Seu poder adoçante corresponde a 90% da sacarose (O'Donnell e Kearsley, 2012). Conforme estipulado na IN N° 75 (Brasil, 2020a), o maltitol contribui com 2,1 kcal/g e não possui valores diários recomendados.

De acordo com a literatura, é aconselhável que uma porção individual de determinado produto não exceda 30 g de maltitol para evitar efeito adverso e laxativo. No contexto do consumo diário total, a quantidade pode ser ampliada para até 50 g. A tolerância de consumo aumenta proporcionalmente ao peso corporal, com recomendações de até 0,3 g de maltitol por quilograma de peso corpóreo para uma porção individual, ou até 0,8 g/kg quando considerado o consumo diário total (O'Donnell e Kearsley, 2012). Conforme a RDC N° 715 (Brasil, 2022), produtos que resultarem em uma ingestão diária superior a 20 g de manitol, 50 g de sorbitol, 90 g de polidextrose ou outros poliois com efeito similar, deve comunicar em rotulagem a advertência de “Este produto pode ter efeito laxativo”, em negrito e destaque, pois essa exigência tem como objetivo alertar os consumidores sobre possíveis efeitos gastrointestinais decorrentes do consumo excessivo desses ingredientes.

As fibras alimentares também podem ser utilizadas como substitutos dos açúcares, além de trazer o benefício do aporte de fibras à dieta. Para os suplementos alimentares, a alegação “fonte de fibras” é permitida se o produto atender aos valores estabelecidos pela IN N° 28 (Brasil, 2018a), definidos de acordo com os diferentes grupos populacionais. Para indivíduos ≥ 19 anos (foco deste estudo), é especificado um limite mínimo de 5,7 g de fibras na recomendação diária de consumo. Entre as fibras alimentares autorizadas para uso em suplementos alimentares estão o amido de milho resistente, os frutooligossacarídeos (FOS), os galactooligossacarídeos (GOS), a inulina, a dextrina resistente de trigo ou milho, entre outros.

De acordo com a RDC Nº 429 (Brasil, 2020b) as fibras alimentares são polímeros de carboidrato com três ou mais unidades monoméricas que não são hidrolisados pelas enzimas endógenas do trato digestivo humano. A IN Nº 75 destaca que é recomendado o consumo de 25 g de fibras por dia (valor diário de referência - VDR). As fibras alimentares solúveis conferem 2 kcal/g, sendo que a polidextrose confere 1 kcal / g (Brasil, 2020a).

As fibras alimentares podem ser classificadas em solúveis e insolúveis. As fibras solúveis são hidrofílicas, formam géis, aumentam a viscosidade do bolo alimentar e podem reduzir a atividade enzimática, afetando assim a digestão e absorção de nutrientes. Estes atributos conferem diversos benefícios à saúde, incluindo o efeito prebiótico, redução dos níveis de colesterol sanguíneo e controle da glicemia pós-prandial. Exemplos de fibras solúveis de alta viscosidade incluem goma xantana, goma guar, pectina e mucilagens, enquanto as fibras solúveis de baixa viscosidade incluem dextrinas resistentes (Nutriose®), maltodextrinas resistentes (Fibersol®), frutooligossacarídeos (FOS), inulina e polidextrose. As fibras insolúveis, como os amidos resistentes, celulose, lignina e hemicelulose, não são viscosas, possuem baixa ou nenhuma fermentabilidade no cólon, aumentam o volume fecal e aceleram o trânsito intestinal com isso, reduzem a absorção de glicose (Cruz-Requena *et al.*, 2019; Parady; Varde, 2009; Wang *et al.*, 2022; Mira; Graf; Mary, 2009).

Para aplicação em balas de goma/suplementos gomosos são indicadas as fibras com menor impacto na viscosidade da massa cozida para não afetar negativamente a etapa de dosagem/formatação do produto, onde a viscosidade é um parâmetro crítico de processo e, se possível, que possam apresentar efeito prebiótico.

De acordo com a Associação Científica Internacional de Probióticos e Prebióticos (ISAPP), as fibras reconhecidamente prebióticas são a inulina, os frutooligossacarídeos (FOS), os galactooligossacarídeos (GOS), alguns tipos de amidos resistentes e os oligossacarídeos do leite humano (ISAPP, 2025).

A Nutriose® é uma fibra alimentar utilizada tanto na indústria de alimentos, quanto farmacêutica, adicionada em bebidas e suplementos enriquecidos com fibras, atua como agente aglutinante em processos de granulação e pode substituir

açúcar em produtos dietéticos (Włodarczyk; Śliżewska, 2021). Pode ser obtida a partir do amido de trigo ou milho, através de processos controlados de dextrinização (hidrólise parcial em dextrina) e repolimerização, o que resulta em um produto com as propriedades de amido resistente. As ligações glicosídicas α -1,4 e α -1,6 são hidrolisadas durante a dextrinização do amido, sendo formadas ligações do tipo α -1,2, β -1,2 e β -1,6, tornando o produto não digerível pelas α -amilases e glucoamilases (Wu *et al.*, 2024). Na China a Nutriose® já é aprovada como prebiótico (Li *et al.*, 2023).

A Nutriose® FB 06 é uma dextrina resistente do trigo que possui baixa digestibilidade (cerca de 15% é enzimaticamente digerida no intestino delgado) e resulta numa fermentação lenta e progressiva no intestino grosso, além disso, cerca de 10% desta fibra é excretada. O consumo de até 45 g/dia da Nutriose® FB 06 é bem tolerado, sendo que não causa diarreia em dosagens de até 80 g/dia. As dextrinas resistentes e as maltodextrinas resistentes são reconhecidas como fibras alimentares, sendo que na Coreia o órgão que regula os Alimentos e Medicamentos emitiu um parecer científico favorável sobre a alegação das propriedades prebióticas destas fibras (Marteau *et al.*, 2011; Himat *et al.*, 2021; Roturier; Looten; Ostermann, 2008). A presença de grupos hidrofílicos e a conformação espacial da dextrina resistente implica em propriedades como retenção de água e alta solubilidade. É termicamente estável e apresenta baixa viscosidade (Wu *et al.*, 2024).

Os frutooligossacarídeos (FOS) podem ser obtidos pela hidrólise enzimática da inulina, a qual é extraída da beterraba sacarina, das raízes da chicória ou da alcachofra de Jerusalém, resultando num produto com grau de polimerização (Degree of polymerization - DP) de 2–9 ou pode ser produzida através da síntese enzimática de duas moléculas de sacarose (DP de 3–5). Possuem unidades de frutose ligadas através de ligações β 2→1 e podem apresentar uma glicose terminal. Apresentam entre 30 a 50% do dulçor da sacarose, podendo ser degradados em condições ácidas. A dosagem de consumo recomendada é de até 20 g/dia. Os FOS têm sido utilizados como substitutos de açúcares em balas de goma, coberturas/recheios de caramelo, xaropes, chocolates e balas mastigáveis

(Woodbury; Mauer, 2020; Thota *et al.*, 2024). Na Figura 3 está apresentada a estrutura química de um FOS de cadeia curta e da Nutriose® 06.

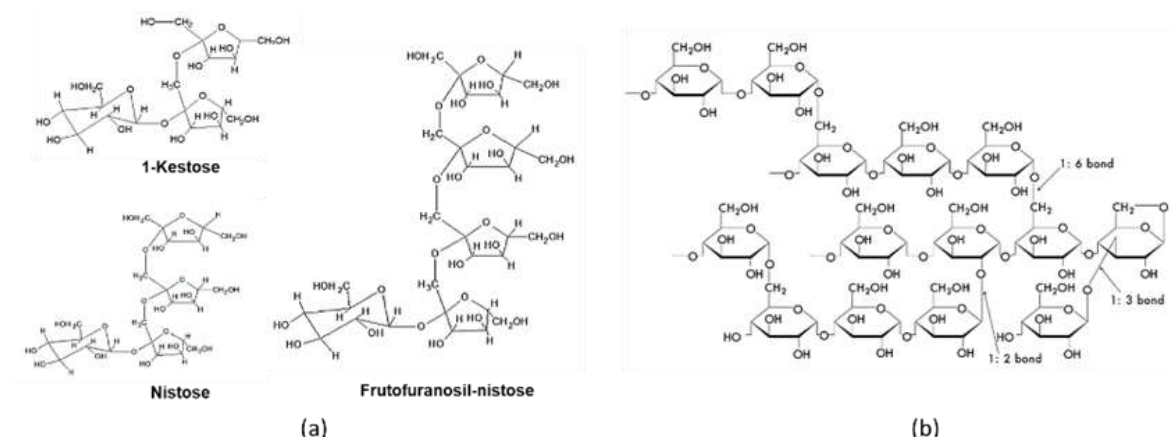


Figura 3. Estruturas do frutooligossacarídeo de cadeia curta (a) e da Nutriose® 06 (b). Fonte: adaptado de Kherade *et al.* (2021) e Lefranc-Millot (2008)

3.4 Composto bioativo: cafeína

Balas de goma posicionadas como suplementos gomosos podem ser veículos para a oferta não só de fibras na dieta, mas também promover a entrega de diferentes compostos bioativos como, por exemplo, a cafeína.

As substâncias bioativas podem ser classificadas como nutraceuticas, sendo compostos naturais ativos que promovem a saúde, auxiliam na prevenção de doenças, possuem propriedades medicinais e afetam positivamente a saúde humana. Estão presentes em alimentos como frutas, vegetais, bebidas, grãos, oleaginosas, produtos marinhos, plantas medicinais e produtos herbais (Damodaran; Parkin; Fennema, 2010).

A cafeína (1,3,7-trimetilxantina) é um alcaloide da família das metilxantinas com a fórmula $C_8H_{10}N_4O_2$ (Figura 4). O principal mecanismo de ação da cafeína é o bloqueio dos receptores de adenosina A1 e A2A, responsáveis por promover a sonolência e o relaxamento no sistema nervoso central. Ao se opor a esses receptores, a cafeína impede a ação inibitória da adenosina, aumentando a liberação de neurotransmissores como dopamina e norepinefrina, resultando em maior estado de alerta e energia. Além disso, a cafeína eleva os níveis de AMPc

(adenosina monofosfato cíclico) intracelular, prolongando seus efeitos energéticos e estimulantes (Reddy *et al.*, 2024).

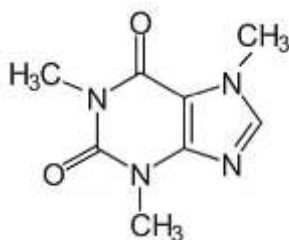


Figura 4. Estrutura química da cafeína.

Fonte: Adaptado de Reddy *et al.* (2024)

A cafeína é o estimulante e a substância psicoativa mais popular do mundo e está presente em mais de 60 espécies vegetais. Em diferentes países, a cafeína pode receber denominações distintas conforme a sua fonte e origem, por exemplo no café, é chamada de cafeína; nas frutas de guaraná, é conhecida como guaranina; nas plantas de chá, como teína; e nas plantas de erva-mate, como mateína. Após sua ingestão, é rapidamente absorvida na corrente sanguínea, metabolizada pelo fígado e sua principal via de eliminação é a excreção urinária. Suas taxas de eliminação e metabolização variam entre indivíduos, dependendo de fatores ambientais e genéticos (Reddy *et al.*, 2024).

Honda *et al.* (2022) estudaram o efeito da temperatura/tempo de torração de grãos de café (125 a 250 °C / 120 a 240 seg.) sobre a concentração de compostos como cafeína, trigonelina, ácido clorogênico, ácido criptoclorogênico e ácido neoclorogênico. Os resultados indicaram que elevadas temperaturas (≥ 225 °C) e maiores tempos de torração reduziram a concentração de todos os compostos avaliados, exceto da cafeína, a qual se manteve estável, confirmando a elevada estabilidade térmica deste composto.

As sementes de guaraná possuem um alto teor de cafeína e seus extratos são amplamente utilizados na produção de refrigerantes, bebidas energéticas e suplementos alimentares. O fruto de guaraná (*Paullinia cupana*) é amplamente cultivado e economicamente importante no Brasil, sendo pertencente à biodiversidade amazônica brasileira. A extração e a identificação de compostos bioativos do fruto aparecem como uma estratégia para aproveitar o subproduto

gerado pela indústria processadora de sucos, refrigerantes e de outros produtos derivados de guaraná, podendo estes compostos bioativos ser aplicados no desenvolvimento de alimentos funcionais, cosméticos e medicamentos (Pinho *et al.*, 2021).

O teor de cafeína no guaraná pode variar conforme a origem da matéria-prima (região de cultivo), o método de plantio, a presença de contaminantes químicos e as técnicas de processamento utilizadas (Tfouni *et al.*, 2007). As sementes torradas de guaraná podem apresentar de 2,5 a 6% de cafeína, ou seja, teores de 2 a 5 vezes maiores que os encontrados no café Arábica (Schimpl *et al.*, 2013).

De acordo com a autoridade europeia para a segurança dos alimentos, a European Food Safety Authority (EFSA), o limite mínimo de cafeína que visa aumentar o alerta e a atenção é de 75 mg por porção, para indivíduos saudáveis de ambos os sexos. Com relação aos limites máximos de ingestão de cafeína por adultos saudáveis, exceto mulheres grávidas, o EFSA concluiu que o consumo de doses únicas de 200 mg (aproximadamente 3 mg/kg para um adulto de 70 kg) ingeridas em repouso ou menos de duas horas antes do exercício físico intenso são seguras, não implicando em alterações relevantes na pressão sanguínea, no estado de hidratação ou na temperatura corpórea. Também foi observado que o consumo diário de até 400 mg (aproximadamente 5,7 mg/kg) ao longo do dia não causaria preocupação com a segurança de indivíduos saudáveis, exceto mulheres grávidas. A Anvisa, ao estudar e analisar o consumo deste composto bioativo no Brasil, considerou que a média diária de ingestão de cafeína da população é de 171,1 mg, proveniente principalmente do café. Desta forma, o limite máximo de cafeína estabelecido foi de 200 mg na recomendação diária indicada pelo fabricante do suplemento. Esta quantidade, somada à média de consumo diário de cafeína pela população brasileira a partir apenas do consumo de café, estaria dentro do limite de segurança de 400 mg/dia observado pelo EFSA (Anvisa, 2017).

A IN Nº 28 (Brasil, 2018a) especifica os limites mínimos de nutrientes, substâncias bioativas, enzimas e probióticos que devem ser fornecidos pelos suplementos alimentares na recomendação diária de consumo e por grupo populacional. Um suplemento energético de cafeína deve conter no mínimo 75 mg

e no máximo 200 mg do composto bioativo por porção, para o grupo populacional ≥ 19 anos, sendo assim a Anvisa aprovou em sua regulamentação as alegações de “A cafeína auxilia no aumento do estado de alerta e na melhora da concentração”, quando o produto atingir mínimo de 75 mg do composto bioativo por porção e “A cafeína auxilia no aumento da capacidade de resistência e no desempenho de exercícios físicos de resistência”, quando atingido o limite máximo de 200 mg. Cabe destacar que suplementos alimentares contendo substância bioativa de cafeína podem ser destinados exclusivamente para o grupo populacional ≥ 19 anos.

3.5 Processo de fabricação de balas de goma e/ou suplemento alimentar gomoso

Em linhas gerais o processo de fabricação das balas de goma e dos suplementos alimentares gomosos diferem entre si no que diz respeito à incorporação do composto bioativo ou de nutrientes como as fibras, entre outros. O momento desta incorporação irá depender de fatores como resistência térmica e impactos no processo produtivo, portanto, deve ser avaliado individualmente.

Com relação ao processo de fabricação de balas de goma, Hartel; Elbe e Hofberger (2018) destacam as seguintes etapas de dissolução dos açúcares, solubilização do hidrocolóide, evaporação da umidade até o teor de sólidos desejável, formatação, gelificação/secagem e finalização, ilustradas no fluxograma da Figura 5.

Especificamente para a produção das balas de goma de pectina é recomendada a prévia dispersão deste hidrocolóide com a sacarose, a fim de evitar a agregação de suas partículas e assim facilitar sua rápida hidratação. Um sistema eficiente de agitação também poderá minimizar a formação de grumos. O cozimento pode ser feito por batelada à pressão atmosférica (com tempos mais longos de processo), ou então pode ser contínuo e sob pressão como, por exemplo, sistemas tipo serpentina e superfície raspada. Sistemas que operam com injeção direta de vapor (*jet cooker*) são preferencialmente utilizados para a produção de balas de goma de amido com alto teor de amilose.

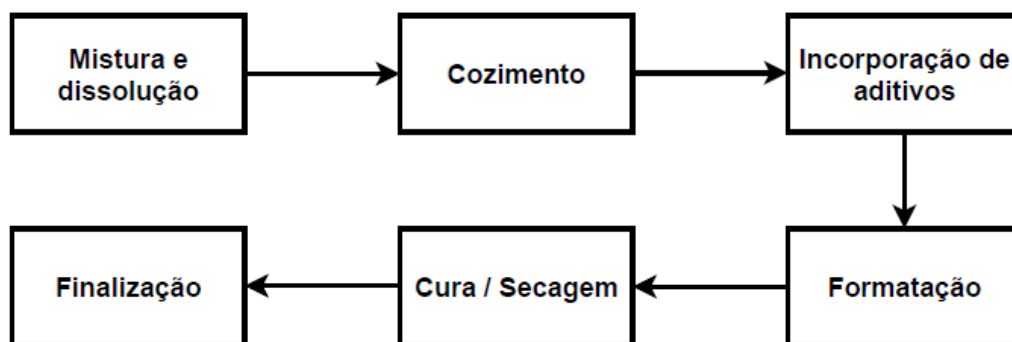


Figura 5. Fluxograma geral de fabricação de balas de goma.

Fonte: adaptado de Hartel; Elbe e Hofberger (2018)

Lees e Jackson (1992) reportam o uso de temperaturas de aproximadamente 100 °C para a fabricação de balas de goma de pectina. Os autores destacam que o teor de sólidos da calda na etapa de dosagem deve ser o maior possível, de forma a reduzir os tempos de secagem sem, no entanto, prejudicar ou dificultar a etapa de dosagem. Ácido, aroma e agentes de cor devem ser adicionados ao final do cozimento. Os autores sugerem que o ácido seja incorporado quando a calda cozida estiver em 93 °C, para minimizar a inversão da sacarose, sendo que temperaturas abaixo de 82 °C podem acelerar a gelificação da pectina e prejudicar a etapa dosagem.

A formatação das balas de goma pode ser feita através do depósito da calda cozida em moldes, que é o método mais utilizado industrialmente ou então através da técnica *slab & cut*. No processo que utiliza moldes, predomina o uso do sistema Mogul, onde bandejas são preenchidas com amido seco (umidade entre 6 a 9%), sendo então niveladas e impressas com cavidades que possuem o formato desejado para o produto final (Figura 6). A calda cozida é então depositada e em seguida as bandejas seguem para salas de cura com temperatura controlada, para que ocorra a solidificação e a secagem das gomas através da perda de umidade das unidades de bala para o amido seco das bandejas. Posteriormente o produto é desmoldado e é feita uma limpeza para remoção do amido da superfície das balas, as quais seguem para o acabamento com aplicação de açúcar ou glazeantes em sua superfície, ou ainda as balas de goma podem ser utilizadas como núcleos de drageamento (Hartel; Elbe; Hofberger, 2018).



Figura 6. Moldes de amido (sistema Mogul) para formatação e auxílio na secagem de balas de goma.

Fonte: Divulgação na internet

Especificamente no caso das balas de pectina, a formatação do produto através da dosagem em moldes pode ser dificultada devido a rápida gelificação deste hidrocolóide quando o ácido é adicionado ao final da etapa de cozimento. No sistema de formatação *slab & cut* a calda cozida é espalhada sobre uma superfície, resfriada, solidificada e cortada no formato desejado (Hartel; Elbe; Hofberger, 2018), sendo esta técnica uma alternativa interessante para a formatação de balas de goma de pectina (Figura 7).

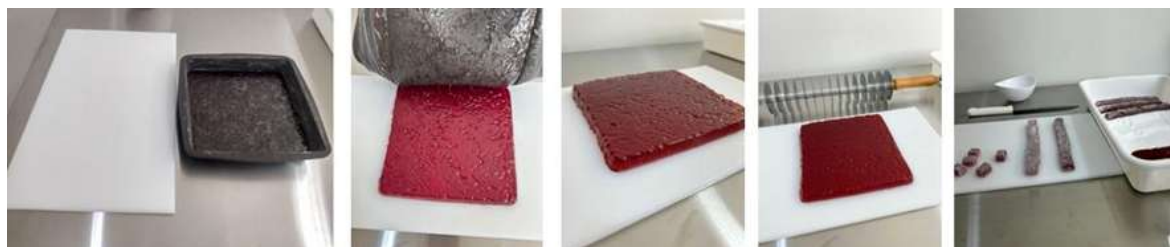


Figura 7. Sistema de formatação tipo *slab & cut*.

Fonte: Acervo pessoal

De acordo com Puch; Bobadilla e Boutin (2019), considerando que as balas de goma podem ser utilizadas como sistemas de entregas de vitaminas e em aplicações farmacêuticas, o uso de sistemas de formatação sem amido (*starchless molding*) reduz o risco de contaminação cruzada de compostos ativos ou alergênicos, pois no sistema Mogul o amido dos moldes é recondicionado (seco) e novamente utilizado para o preenchimento de novas bandejas. Os autores destacam o uso de sistemas *starchless* para balas de goma de pectina.

Em sistemas que não utilizam amido na moldagem não irá ocorrer secagem das balas durante a cura/gelificação, portanto, a calda cozida já deverá apresentar o teor de sólidos desejável para o produto final (Hartel; Elbe; Hofberger, 2018), ou então uma secagem adicional deverá ser feita após a desmoldagem do produto.

No processo de fabricação das balas de goma a etapa de secagem pode ser considerada um gargalo produtivo visto que pode demorar de 8 e 72 horas (temperatura varia entre 32 e 65,5°C) (Hartel; Elbe; Hofberger, 2018), dependendo do tipo de hidrocolóide utilizado, do teor de sólidos da calda durante a formação/dosagem, do tipo de molde utilizado e do tamanho da bala.

A indústria de alimentos tem interesse em reduzir o consumo de energia em seus processos, sendo a secagem uma das etapas que mais demandam energia e tempo. A otimização desta etapa poderia reduzir custos operacionais e aumentar rendimento, além de minimizar perdas de qualidade do produto devido a sua exposição ao calor (Delgado; Bañón, 2015).

No sistema de formação em moldes de amido, a sala de cura deve possuir umidade relativa abaixo de 50% e sua temperatura deve ser ajustada em função da estabilidade térmica do hidrocolóide utilizado. Por exemplo, para balas de pectina é recomendado o uso de 49 a 65,5 °C e o tempo de secagem pode levar de 8 a 24 h. O fluxo de ar do ambiente deve garantir boa transferência de massa e de calor, de forma que os produtos de todas as bandejas possam secar uniformemente (Hartel; Elbe; Hofberger, 2018).

Sudharsan; Ziegler e Duda (2004), avaliaram a difusão da umidade durante a secagem de balas de goma depositadas em moldes de amido e observaram que para minimizar a formação de crosta e, portanto, melhorar a taxa de secagem e reduzir o consumo de energia, é importante controlar a umidade relativa do ar de secagem, a umidade inicial do amido dos moldes, assim como a temperatura da sala de secagem. Segundo reportado pelos autores, a secagem das gomas depositadas em moldes de amido ocorre através de três diferentes formas, sendo a migração da umidade da goma para o amido do molde, a migração direta da umidade da superfície da bala para ar do ambiente de secagem e a migração da

umidade do amido do molde para o ar do ambiente, a qual é influenciada pela umidade relativa da sala de secagem (Figura 8).

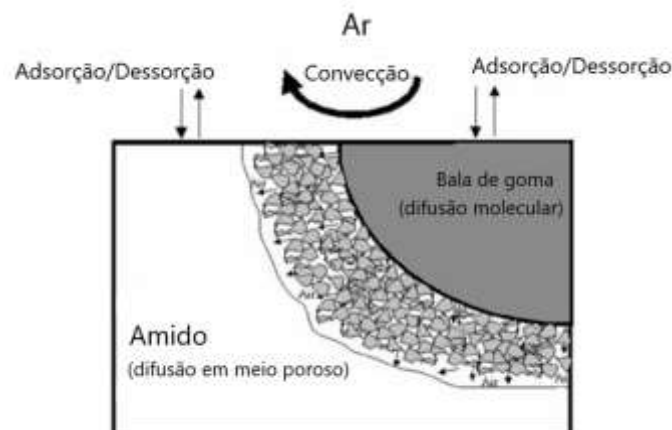


Figura 8. Secagem de balas de goma depositadas em moldes de amido: mecanismos de transporte de umidade.

Fonte: adaptado de Sudharsan; Ziegler e Duda (2004)

Uma secagem muito rápida pode levar a formação de uma película mais espessa na superfície do produto e assim reter a umidade em seu interior. Isso, por sua vez, pode levar à “transpiração” na superfície das balas durante o armazenamento (Sudharsan; Ziegler; Duda, 2004).

Ergun; Lietha e Hartel (2010) ressaltam que durante a secagem de balas de goma, depositadas em moldes de amido, é formada uma película superficial que auxilia na estruturação do produto. Uma secagem muito rápida pode resultar em superfícies com películas mais espessas e resistentes a difusão da umidade com liberação indesejada de umidade (“sweating”) durante a estocagem.

No que se refere a secagem de balas de goma de pectina formatadas em sistemas *starchless*, alguns estudos, utilizaram a refrigeração para gelificação das gomas, ou curtos períodos de secagem à temperatura ambiente, obtendo gomas com elevado teor de umidade (Calista e Romulo, 2025; Gorjanović *et al.*, 2024), o que poderia prejudicar a sua vida de prateleira. Em outros estudos a calda é cozida até teores de sólidos acima de 80%, de forma que a umidade da calda depositada fique praticamente igual a do produto final, visto que a moldagem sem amido não promove a secagem do produto (Maringka; Lo; Indrawanto, 2024). No entanto, um

elevado teor de sólidos, atrelado a rápida gelificação da pectina, podem dificultar a etapa de dosagem do produto.

Calista e Romulo (2025) estudaram balas de pectina produzidas com adição de raiz de lotus (rica em compostos bioativos) e d-alulose como substituto de açúcar. As balas foram depositadas em moldes e mantidas em temperatura ambiente (27-28 °C) por 1 hora, em seguida foram refrigeradas na temperatura de 4 °C por 72 h quando então foram desmoldadas e mantidas por 1 hora em ambiente com ar seco. Ao final deste processo as amostras apresentaram teores de umidade variando entre 31,43 % a 43,19%, o que pode ser considerado crítico do ponto de vista de conservação do produto com o tempo. Gorjanović *et al.* (2024) avaliaram o uso de farinhas de resíduos da industrialização da maçã e da beterraba no enriquecimento de gomas de pectina com fibras. As balas foram formatadas em sistema tipo *slab & cut*. A calda cozida foi depositada em moldes retangulares, resfriada até a temperatura ambiente e então refrigerada a 4 °C por 24 horas para estruturação do gel, quando então a massa gelificada foi desmoldada e cortada. O produto obtido apresentou teores de umidade entre 21,4 e 21,8%.

Maringka; Lo; Indrawanto (2024) produziram balas de pectina com redução no teor de açúcares, contendo frutooligossacarídeos e xilitol como substitutos de sacarose e xarope de glicose. A massa da bala, com °Brix variando entre 81,17 e 82,33 foi depositada em moldes que permaneceram por 48 horas a 25-30 °C para gelificação. De acordo com os autores, a umidade dos produtos obtidos variou entre 16,13 e 16,80%.

De acordo com Delgado e Bañón (2015), quando a umidade da bala de goma reduz, ocorre um aumento da dureza do produto. Os autores reportam que longos tempos de secagem, comumente utilizados para a produção balas de goma (24 a 72 horas, ou mais), podem implicar em perda de qualidade destes confeitos. Por outro lado, a secagem é uma etapa importante para a estabilização da textura. Esses autores estudaram a secagem de balas de goma contendo uma mistura de amido e gelatina, depositadas em moldes de amido. A secagem ocorreu a temperatura de 21 °C, com circulação de ar 35% UR, por 12, 16, 20 e 24 horas. Os resultados indicaram que o monitoramento das alterações de textura das balas foi

mais preciso ($R^2 = 0,96$) para a determinação do tempo mínimo de secagem quando comparado ao acompanhamento da perda de umidade. Com 16 horas os parâmetros de dureza, gomosidade e mastigabilidade estabilizaram, enquanto que o teor de umidade não.

Segundo Hartel, Von Elbe e Hofberger (2018), o controle do teor de umidade e da atividade de água (a_w) é um relevante para a estabilidade e segurança microbiológica de balas de goma. Os autores destacam que a redução da a_w , limita o crescimento de bactérias, leveduras e bolores, contribuindo com a vida de prateleira. Nesse sentido, a secagem não se restringe à definição de atributos sensoriais de textura, mas assume papel estratégico na garantia da qualidade microbiológica, uma vez que a adequada remoção de água disponível reduz a suscetibilidade do produto à deterioração, reforçando a necessidade de monitoramento integrado de textura, umidade e a_w ao longo do processo produtivo.

3.6 Fatores que afetam a qualidade das balas de goma

As balas de goma são consideradas produtos estáveis e sua vida de prateleira é estimada entre 12 a 15 meses (Csimá; Várvolgyi; Vozáry, 2014). São produtos que apresentam baixo risco de contaminação microbiológica, desde que acondicionados em embalagens adequadas (Cundell, 2024). Além disso, o crescimento microbiológico também tem relação direta com a atividade de água do produto. De forma geral, a categoria de balas e confeitos é microbiologicamente segura e as balas de goma, a depender de sua formulação, podem apresentar a_w entre 0,50 a 0,75 e umidade entre 8 a 22 %. O crescimento microbiológico não ocorre para valores de a_w menores que 0,6 e entre 0,6 e 0,7 pode ocorrer crescimento de leveduras osmofílicas e bolores (Ergun, Lietha, Hartel, 2010).

A embalagem é determinante para garantir a segurança, a qualidade e a confiabilidade de produtos alimentícios, além de manter a vida útil desejada, transportar e vender o alimento, informar o consumidor sobre a segurança e o valor nutricional do produto, instruir sobre o modo de preparo, conter a data de fabricação/validade e a localização do fabricante do alimento. Nesse contexto, a embalagem não pode ser uma fonte de contaminação química, física ou microbiológica do alimento (Padula, 2012).

Portanto, a avaliação das propriedades funcionais das embalagens, especialmente aquelas relacionadas às suas características de barreira, assumem um papel fundamental na garantia da segurança e da qualidade dos suplementos alimentares. A permeabilidade ao vapor de água e ao oxigênio está diretamente associada à estabilidade das características físico-química, microbiológicas e sensoriais dos alimentos, influenciando nas reações de degradação como oxidação, variações no teor de umidade e de atividade de água e, conseqüentemente, no crescimento microbiano ao longo do armazenamento. Estudos demonstram que materiais como o politereftalato de etileno (PET) apresentam comportamento específico quanto à transmissão de vapor de água e oxigênio, sendo tais parâmetros determinantes para a manutenção da integridade do produto acondicionado (Jaime; Alves; Bócoli, 2021).

Os principais defeitos que podem ocorrer em balas de goma são (Hartel; Elbe; Hofberger, 2018):

- **Variações na textura:** balas muito macias podem conter elevado teor de umidade ou baixa concentração de hidrocolóide. No caso de balas de pectina, uma gelificação inadequada pode estar relacionada a um pH incorreto. Por outro lado, texturas muito firmes podem apresentar baixa umidade ou alto teor de hidrocolóide. Cabe ressaltar que pode ocorrer a perda de umidade através da embalagem utilizada no acondicionamento.
- **Cristalização:** elevado teor de sacarose em relação ao xarope de glicose ou a presença de cristais de sacarose que não foram dissolvidos durante o processo de cozimento.
- **Higroscopicidade:** devido a presença de açúcares redutores, inversão da sacarose e presença de açúcares como baixo peso molecular no xarope de glicose, o produto final pode absorver umidade do ambiente.
- **Sinérese e exsudação de umidade:** gelificação inadequada ou insuficiente.
- **Crescimento microbiano:** pode ocorrer se houver sinérese e exsudação de umidade, pois tradicionalmente as balas de goma possuem uma atividade de água

reduzida e são geralmente estáveis em temperatura ambiente devido adição de solutos ou secagem parcial, portanto, o crescimento microbiano não é um problema.

Para assegurar a estabilidade dos confeitos é importante o controle tanto do teor de umidade quanto da atividade de água (a_w). A água é importante do ponto de vista do processo de fabricação dos confeitos, além de estar diretamente relacionada às propriedades de textura do produto (Ergun; Lietha; Hartel, 2010).

A a_w é uma ferramenta que auxilia no controle da qualidade e da segurança microbiológica de um alimento. Termodinamicamente pode ser definida como a razão entre a pressão parcial de vapor da água no alimento (P) e a pressão parcial de vapor da água pura (P_0) na mesma temperatura ($a_w = P/P_0$). Indica a quantidade de energia necessária para que a água presente participe de reações químicas, impactando propriedades físicas e favorecendo o crescimento microbiológico. Somente o teor de umidade não fornece informações sobre a segurança microbiológica de um produto (Labuza *et al.*, 1972; Hartel; Elbe; Hofberger, 2018).

A atividade de água e a transição vítrea são parâmetros físico-químicos distintos, porém complementares quando utilizados para compreender a estabilidade e os mecanismos de alterações em alimentos. A atividade de água, dentre outros fatores, está relacionada com o crescimento de microrganismos e, por outro lado, a transição vítrea corresponde a uma propriedade característica de materiais sólidos não cristalinos, que influencia a mobilidade molecular e, conseqüentemente, as propriedades mecânicas e a estabilidade física das matrizes alimentares (Barbosa-Cánovas *et al.*, 2007). A mudança reológica e termodinâmica que ocorre em materiais amorfos ou semicristalinos tem particular importância na estabilidade de alimentos com alto teor de carboidratos (Ross, 2004).

A temperatura de transição vítrea (T_g) se caracteriza como a temperatura na qual o material muda de um estado vítreo (rígido) para um estado mais fluído/flexível (*rubbery*) ou vice versa. Por sua vez, o teor de umidade de um confeito impacta diretamente sua T_g , havendo uma efetiva queda na temperatura de transição vítrea mediante pequenos incrementos na umidade. A T_g também é influenciada pelo perfil de açúcares do produto, sendo que, de forma geral, a T_g

dos monossacarídeos é menor que a dos dissacarídeos, ou seja, quanto menor o peso molecular do açúcar, menor a Tg (maior o volume livre, menor empacotamento), no entanto, podem existir exceções a essa regra (Hartel; Elbe; Hofberger, 2018).

A transição vítrea é um parâmetro fundamental para a compreensão da estabilidade física e da textura de alimentos amorfos à base de carboidratos, uma vez que abaixo da Tg esses materiais apresentam comportamento vítreo e, acima dela, comportamento borrachoso. A Tg é fortemente influenciada pela composição do sistema e pelo teor de água, a qual atua como plasticizante, reduzindo a temperatura de transição. Em sistemas multicomponentes, como os hidrolisados de amido hydrogenado, a Tg pode ser ajustada em função da proporção de políois de diferentes pesos moleculares, o que tem implicações diretas no controle de textura e qualidade de produtos como gomas (Kashiwakura *et al.*, 2022).

Obas *et al.* (2021) se reportam às balas de goma como géis com alto teor de sólidos, que se encontram na classe dos confeitos amorfos, cuja composição e condição de processamento têm impacto na sua temperatura de transição vítrea. Os autores caracterizaram diferentes balas de gomas comerciais e observaram valores de Tg do ponto médio inferiores a - 20 °C.

A Tabela 1 adaptada de Hartel, Elbe e Hofberger (2018), evidencia a ampla variação dos valores de temperatura de transição vítrea (Tg) entre diferentes açúcares, políois e sólidos de xarope utilizados em produtos de confeitaria, considerando-os em condição completamente seca. Observa-se que compostos como sorbitol e xilitol apresentam Tg negativa ou muito baixa, enquanto dissacarídeos e sólidos de xarope de milho de baixo DE exibem valores elevados de Tg, refletindo diferenças significativas no comportamento físico desses constituintes.

O maltitol e o xarope de maltitol, principais componentes adoçantes da matriz desenvolvida neste estudo, apresentam Tg em base seca, de 39 °C e 54,6 à 75 °C, respectivamente (Tabela 1). Dessa forma, espera-se que a Tg da matriz gomosa formulada no presente estudo resulte de um equilíbrio entre a natureza

molecular dos constituintes, suas proporções e, especialmente do teor de umidade do sistema, o qual exerce efeito significativo na redução da Tg.

As considerações apresentadas a partir dos valores de Tg descritos na literatura servirão como base para a interpretação dos resultados experimentais obtidos por meio de análises de Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC), permitindo correlacionar os dados teóricos com o comportamento térmico real da matriz gomosa desenvolvida.

Tabela 1. Temperaturas de transição vítrea (Tg) para adoçantes em forma seca, usados na indústria de confeitos.

Adoçante	Tg (°C)
Frutose	5 - 10
Glucose	31
Lactose	101
Maltose	87
Sucralose	62 - 70
Rafinose	70
Sorbitol	-9
Xilitol	-29
Maltitol	39
Isomalte	63,6
Sólidos de xarope de milho 42 DE	79
Sólidos de xarope de milho 20 DE	139
Polidextrose	90,8
Hidrolisado de amido hidrogenado (MW 504)	54,6
Hidrolisado de amido hidrogenado (MW 644)	75

Fonte: adaptado de Hartel; Elbe e Hofberger (2018)

Do ponto de vista regulatório, conforme estabelecido no art. 10 da Resolução da Diretoria Colegiada - RDC Nº 243 da Anvisa, os suplementos alimentares devem ser desenvolvidos e produzidos de forma a assegurar a manutenção de suas características até o final do prazo de validade, considerando as instruções de modo de preparo indicados pelo fabricante e de conservação, e que em seu § 1º

define que tais condições devem ser garantidas por meio de estudos de estabilidade e controles de qualidade. Complementarmente, o artigo 11 determina que a documentação referente ao atendimento dos requisitos previstos na referida Resolução deve estar disponível para consulta da autoridade competente (Brasil, 2018b).

Dessa forma, em atendimento às obrigações regulatórias vigentes, o presente estudo se propõe a realizar e documentar um estudo de estabilidade, a fim de comprovar a manutenção das características físico-químicas e funcionais do produto ao longo de sua vida útil, assegurando sua conformidade sanitária e a proteção à saúde do consumidor do ponto de vista do composto bioativo adicionado (caféina).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

Matérias primas: Maltitol HKMC30 cristalino (Zhejiang Huakang Pharmaceutical Co. Ltd.- Labonathus Biotecnologia Internacional Ltda), xarope de maltitol Polyglobe® 1351 (Ingredion Brasil Ing. Ind. Ltda.), dextrina resistente de amido Nutriose® FB 06, com 82 a 88% de fibras alimentares (Tovani Benzaquen Com. Imp.Exp. e Repres. Ltda), frutooligossacarídeo de cadeia curta GOFOS™P95/GL-U 94,78% de fibras alimentares (Galam Group - Barentz Brasil Distribuidora Ltda.), ácido cítrico (Cargill Agrícola S.A), aroma natural de uva (Solutaste), aroma natural de guaraná (Solutaste), concentrado de cor Shade Bordeaux (Exberry-GNT - Solutaste), concentrado de cor Chesnut Brown (Exberry-GNT - Solutaste), pectina Unipectine PG 759 CS MB (Cargill Agrícola S.A), extrato de guaraná em pó, 22% de caféina (ADM do Brasil Ltda), glicosídeo de esteviol BIO REB M (Ingredion Brasil Ingr. Ind. Ltda) e eritritol Zerose® (Cargill Agrícola S.A.).

Embalagens: potes de polietileno tereftalato (PET), com taxa de permeabilidade ao vapor d'água (TPVA) de 0,021 g água. embalagem⁻¹. dia⁻¹ (ASTM D4279-95).

4.2 Métodos

4.2.1 Desenvolvimento do suplemento alimentar gomoso e vegano, de cafeína e fonte de fibras alimentares, sem adição de sacarose e de xarope de glicose, através do uso de um delineamento composto central rotacional (DCCR)

Foi utilizado um delineamento composto central rotacional (DCCR) (planejamento fatorial completo 2^2), para determinar os efeitos das variáveis concentrações de xarope de maltitol x_1 e de fibra alimentar x_2 , nas respostas atividade de água (a_w) (Y_1), teor de umidade (Y_2), dureza (Y_3), pegajosidade (Y_4) e adesividade (Y_5) do suplemento alimentar gomoso.

Nesta etapa do estudo o extrato de guaraná (22% de cafeína) ainda não foi utilizado e a fibra aplicada foi a Nutriose® FB 06.

Foram realizados 11 ensaios, sendo 4 do planejamento fatorial 2^2 , 4 pontos axiais e 3 repetições do ponto central. Na Tabela 2 estão apresentados os níveis das variáveis estudadas. Todos os ensaios do delineamento resultaram em suplementos alimentares “fonte de fibras” (Brasil, 2018a).

Tabela 2. Variáveis independentes e níveis de variação do xarope de maltitol e da concentração de fibra no desenvolvimento do suplemento gomoso.

Variáveis independentes	Variáveis codificadas	-1,41	-1	0	+1	+1,41
Xarope de maltitol (%)	x_1	15,0	16,5	20,0	23,5	25,0
Fibra alimentar (%)	x_2	35,0	36,5	40,0	43,5	45,0

As formulações dos 11 ensaios experimentais continham teor fixo de 1,9% de pectina (base seca), 7% de maltitol cristalino, xarope de maltitol (x_1) variando entre 15 e 25%, fibra alimentar- Nutriose® FB O6 (x_2) entre 35 à 45% e 1,17% de solução de ácido cítrico à 50%. O teor de água foi ajustado de forma a completar 100% da formulação. Nesta etapa do estudo as amostras foram adicionadas de aroma de uva e concentrado de cor Shade Bordeaux (Exberry-GNT - Solutaste).

As caldas foram cozidas até o °Brix de 75 ± 1 . As amostras foram produzidas de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 9.

Os suplementos gomosos foram caracterizados cerca de 10 dias após sua produção, de acordo com as seguintes análises:

- **Atividade de água (a_w):** equipamento Aqualab 4TEV a $25,0 \pm 0,5$ °C, em triplicata;
- **Umidade:** determinada gravimetricamente. Secagem em estufa a 105 °C, até peso constante (Instituto Adolfo Lutz, 1985). Esta metodologia foi selecionada por não utilizar reagentes químicos.
- **Textura:** foi realizado um teste de punção para se obter informações sobre a dureza da crosta do suplemento gomoso (*crust firmness*) = força máxima (N), pegajosidade (*stickiness*) = força mínima (N) e adesividade (*adhesiveness*) = área negativa (N.s) (Guiné *et al.*, 2020). Utilizou-se um Texturômetro TA.XTPLUSC 650H (Stable Micro System), probe P/2 (cilíndrico com diâmetro de 2 mm). As leituras foram realizadas com velocidades de pré e pós teste de 1 mm/s e 10 mm/s, respectivamente, velocidade de teste de 2 mm/s e distância de penetração de 10 mm. A análise foi realizada com 10 replicatas.

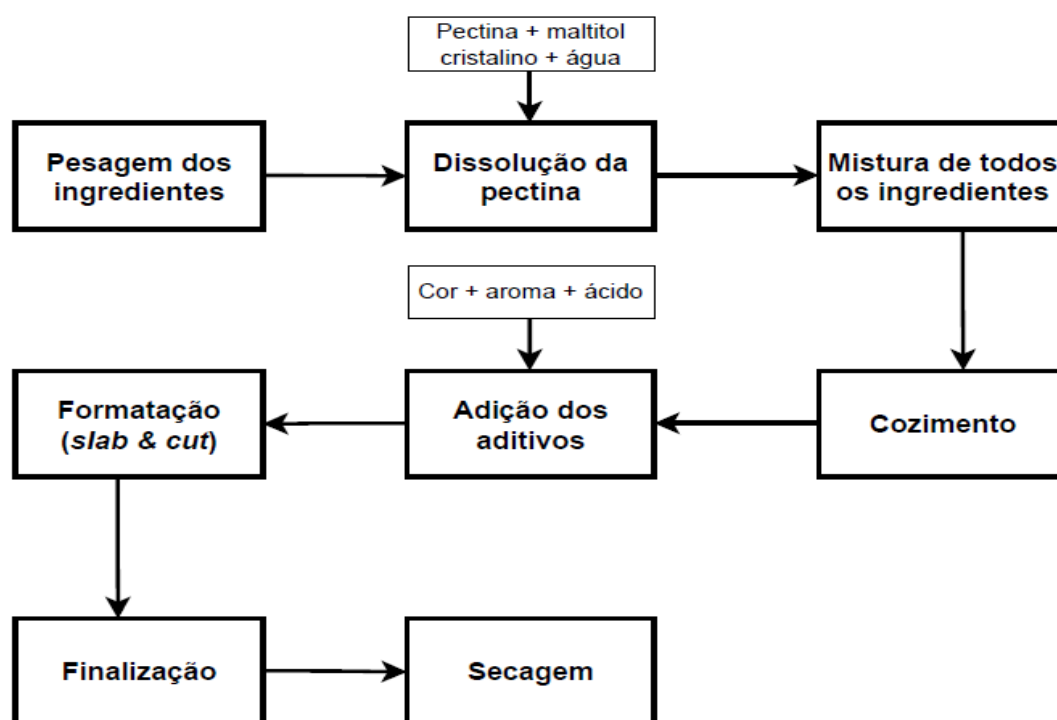


Figura 9. Fluxograma geral para produção laboratorial do suplemento gomoso.

Procedimento:

1. A pectina foi misturada com o maltitol cristalino para minimizar a formação de grumos e então adicionada no total de água da formulação, previamente aquecida por 2 minutos em micro-ondas na potência máxima;
2. A mistura foi mantida em banho maria (Nova Técnica, Brasil) a 80 °C, sob agitação mecânica (Fisatom-713D, Brasil) de 600 rpm/10 min.;
3. O xarope de maltitol foi aquecido em micro-ondas na potência máxima por 40 seg. e então misturado com a pectina previamente dissolvida;
4. A fibra alimentar foi gradativamente incorporada à mistura anterior. Para as amostras produzidas nas etapas 4.2.2 (estudo dos parâmetros de secagem) e 4.2.3 (estudo de estabilidade), a fibra alimentar foi misturada com o extrato de guaraná e com o glicosídeo de esteviol para melhor homogeneização e incorporação destes ingredientes em pó;
5. A calda foi cozida até o °Brix de 75 ± 1 em cooktop de indução com potência de 1400W (TC-HC148, Polishop, Brasil) até o °Brix de 75 ± 1 , medido em Refratômetro de bancada (ABBE, Quimis, Brasil);
6. Ao término do cozimento foram adicionados o aroma (0,2%), o concentrado de cor (0,8%) e 7 g de ácido cítrico (solução 50%). O pH foi determinado em pHmetro (Denver Instrument, EUA), em triplicata;
7. O produto foi formatado através da técnica *Slab & Cut*: dosagem em moldes de silicone: 550 g da massa cozida foi colocada em moldes de silicone (18 x 18 cm), gelificação até o dia seguinte a temperatura ambiente, desmoldagem, corte (rendimento de 88 unidades de suplementos gomosos) e aplicação de maltitol cristalino na superfície (Figura 7);
8. A secagem foi feita em incubadora BOD (TE-371, 240 L, com ventilação forçada, Tecnal, Brasil), a 45 °C por 48 horas.

Para auxiliar na escolha da formulação que seguiria para o estudo de secagem, os resultados do estudo do desenvolvimento da formulação do

suplemento gomoso foram comparados com os dados da caracterização de uma bala de pectina comercial (BPC).

A tabela de informação nutricional do suplemento alimentar contendo a formulação selecionada a partir do delineamento experimental e adicionada da fibra Nutriose® FB 06, foi elaborada de acordo com as diretrizes da RDC N° 429 (Brasil, 2020b) e IN N° 75 (Brasil, 2020a).

4.2.2 Estudo dos parâmetros de secagem do suplemento alimentar gomoso e vegano, de cafeína e fonte de fibras alimentares, sem adição de sacarose e de xarope de glicose, através do uso de um delineamento composto central rotacional (DCCR)

Devido ao fato da fibra de Nutriose® FB 06 ter exigido um longo tempo de gelificação do suplemento gomoso (24 horas), foi avaliado o uso de um oligossacarídeo de cadeia curta, na tentativa de acelerar esta etapa. Portanto, foram realizados testes preliminares que indicaram a viabilidade de substituição total da Nutriose® FB 06 pela mesma quantidade de frutooligossacarídeo-FOS, com redução do tempo de gelificação para 2 horas. Do ponto de vista industrial, esse fato é extremamente relevante, pois aumenta a produtividade e, além disso, do ponto de vista nutricional o uso do FOS também se mostra positivo pois se trata de uma fibra alimentar reconhecidamente prebiótica pela Associação Científica Internacional de Probióticos e Prebióticos (ISAPP). Conforme apresentado anteriormente na Figura 2, a estrutura química do FOS poderia dificultar a secagem por conter moléculas menores e, portanto, se ligar mais fortemente à água. Nesse caso, seu uso na composição dos suplementos para o estudo de secagem em substituição a Nutriose® FB 06 foi considerado relevante, uma vez que possivelmente os suplementos com FOS apresentem maior dificuldade na remoção da umidade durante a etapa de secagem. A fibra utilizada no estudo de secagem foi a GOFOS™P95/GL-U. A formulação utilizada está apresentada na Tabela 3 e se refere a formulação do ponto central do produto desenvolvido na etapa 4.2.1.

Tabela 3. Formulação do suplemento gomoso avaliado no estudo de secagem.

Ingredientes	%	Peso (g)
Água	30,0	360,0
Pectina	1,33	15,96
Maltitol cristalino	6,97	83,64
Xarope de maltitol	20,0	240,0
FOS	40,0	480,0
Solução ácido cítrico (50%)	1,7	20,4
Aroma e cor	qsp	qsp
TOTAL	100,0	1200,0

Todas as formulações foram adicionadas de 26 g de extrato de guaraná e 1 g de glicosídeo de esteviol BIO REB M.

Foi utilizado um delineamento composto central rotacional (DCCR) (planejamento fatorial completo 2^2), para determinar os efeitos das variáveis temperatura (30 a 50 °C) - x_1 e do tempo de secagem (8 a 48 h) - x_2 , nas respostas teor de umidade (Y_1), atividade de água (a_w) (Y_2), dureza da crosta (Y_3), pegajosidade (Y_4) e adesividade (Y_5) do suplemento alimentar gomoso.

Foram produzidos 11 ensaios, sendo 4 do planejamento fatorial 2^2 , 4 pontos axiais e 3 repetições do ponto central. Uma bala de pectina comercial foi caracterizada para fins de comparação. A secagem foi feita em um desidratador de alimentos com circulação de ar (DAS-DS 800, Brasil), adquirido durante a execução do projeto, para melhor controle das variáveis da etapa de secagem de suplementos alimentares e balas de goma. Na Tabela 4 estão apresentados os níveis das variáveis estudadas.

Os suplementos gomosos foram produzidos de acordo com o fluxograma da Figura 9. O extrato de guaraná e o glicosídeo de esteviol foram previamente misturados com a fibra alimentar, de forma a facilitar sua incorporação na solução de pectina. Foi utilizada uma sobre dosagem de 10% do extrato de guaraná para compensar eventuais perdas no processo produtivo. Todos os ensaios foram adicionados de aroma de guaraná e concentrado de cor.

Tabela 4. Variáveis independentes e níveis de variação da temperatura (°C) e do tempo de secagem (h) no estudo da secagem do suplemento gomoso.

Variáveis independentes	Variáveis codificadas	-1,41	-1	0	+1	+1,41
Temperatura (°C)	x_1	30	33	40	47	50
Tempo (h)	x_2	8	14	28	42	48

A carga de amostra dentro da desidratadora (Figura 10) foi mantida igual, de forma a não interferir nos resultados. A vazão de ar da secadora não era um parâmetro ajustável, tendo sido conferida através do uso de um anemômetro (modelo 425, Testo, Alemanha), em cinco diferentes posições do equipamento, sendo que as vazões mínimas de cada posição variaram entre 0,10 e 0,31 m/s e a máxima entre 1,30 a 1,86 m/s.



Figura 10. Disposição dos suplementos gomosos dentro da desidratadora.

As amostras foram caracterizadas de acordo com as metodologias descritas no item 4.2.1 e também quanto ao perfil de textura (TPA), utilizando-se probe HDP/PFS. As leituras foram realizadas com velocidades de pré e pós teste de 1 mm/s, velocidade de teste de 1 mm/s e distância de compressão de 5 mm. A análise foi realizada com 10 replicatas. Nesta etapa do estudo a determinação da umidade das amostras foi feita por micro-ondas, de acordo com a seguinte metodologia:

Determinação de umidade por micro-ondas: analisador de umidade por micro-ondas Smart System 5 (CEM, Estados Unidos). Aproximadamente 2 g de amostras foram analisadas a temperatura de 105 °C, com potência de 100% (200 W, ± 50 W), durante 10 minutos. As amostras foram previamente diluídas em água destilada, na proporção de 1:1 (m/m), homogeneizadas em recipientes fechados, e analisadas em triplicata. Os resultados foram expressos em percentual de umidade (%). Esta metodologia foi selecionada por não utilizar reagentes químicos e pela sua rapidez de análise.

A tabela de informação nutricional do produto contendo a fibra alimentar GOFOS™P95/GL-U e obtido com as condições de secagem escolhidas a partir do delineamento experimental foi elaborada de acordo com as diretrizes da RDC N° 429 (Brasil, 2020b) e IN N° 75 (Brasil, 2020a).

4.2.3 Estudo da estabilidade do suplemento alimentar gomoso e vegano, de cafeína e fonte de fibras alimentares, durante 180 dias

No estudo de estabilidade foram produzidas e avaliadas duas amostras, uma contendo a fibra alimentar Nutriose® FB 06 (NUT) e outra o frutooligossacarídeo de cadeia curta GOFOS™P95/GL-U (FOS). Os suplementos foram secos em uma desidratadora por 28 horas a 40 °C, ou seja, utilizou-se as condições de secagem do ensaio do ponto central do estudo desenvolvido na etapa 5.2.

As amostras foram produzidas de acordo com a formulação determinada na etapa 4.2.1 e o processo de fabricação descrito no fluxograma da Figura 9. As formulações foram adicionadas de extrato de guaraná (22% de cafeína), de forma a atender aos requisitos da IN N° 28 (Brasil, 2020a), ou seja, limite mínimo de 75 mg de cafeína por porção a qual, no presente estudo, foi definida como 15 g ou 3 unidades do suplemento gomoso.

A estabilidade dos suplementos alimentares desenvolvidos com Nutriose® FB 06 e com frutooligossacarídeo de cadeia curta GOFOS™P95/GL-U foi avaliada durante 6 meses, com estocagem à 30 ± 2 °C e $75 \pm 5\%$ UR. Para a manutenção da umidade relativa durante o estudo, utilizou-se o condicionamento do ambiente

interno da BOD por meio da criação de um micro clima saturado com cloreto de sódio.

As amostras acondicionadas nos potes de PET foram analisadas nos tempos 0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias, de acordo com as metodologias descritas nos itens 4.2.1 e 4.2.2. Além disso, foi quantificado o teor de cafeína e determinada a temperatura de transição vítrea nos tempos 0, 90 e 180 dias de estocagem, de acordo com as metodologias descritas a seguir:

-Teor de cafeína: foi determinado por cromatografia líquida, utilizando um cromatógrafo líquido (Shimadzu, Japão), composto por uma bomba quaternária LC-20AT, degaseificador em linha DGU-20A5, forno de coluna CTO-20A com injetor automático (volume de injeção de 20 µL) e detector de arranjo de diodos SPD-M20A com detecção no comprimento de onda de 272 nm. Para separação foi utilizada uma Coluna C18 (Zorbax Eclipse Plus, 5 µm, 4,6 x 250 mm, Agilent) e fase móvel composta por metanol:água (30:70 v/v) a uma vazão de 1 mL/min. O cromatógrafo foi controlado pelo software LCsolution, utilizado para administração do sistema de aquisição e tratamento de dados. Para o preparo da amostra a superfície externa dos suplementos gomosos foi removida, o produto foi homogeneizado em almofariz e foram passados 5 g em um Erlenmeyer. Foram adicionados 1 g de óxido de magnésio e 50 mL de água. A mistura foi aquecida em chapa de aquecimento, deixada em ebulição por 15 minutos e em seguida resfriada em banho de água fria. A mistura já em temperatura ambiente foi filtrada em papel de filtro e transferida para balão volumétrico e o volume foi ajustado para 100 mL com água. O extrato foi então filtrado em filtro PVDF de 0,45 µm e injetado no cromatógrafo.

-Temperatura de transição vítrea (T_g): metodologia adaptada de Obas *et al.* (2021). A T_g foi determinada por meio da análise de calorimetria diferencial de varredura (DSC) (Discovery DSC 250, TA Instruments, EUA) . Cerca de 10 a 15 mg de amostra (miolo do produto) foram pesados em cadinho de alumínio (Tzero), o qual foi hermeticamente fechado. As condições da análise foram: resfriamento até -70 °C (10°C/min), isoterma por 10 minutos e aquecimento até 70 °C (10 °C/min). As análises foram feitas em triplicata.

4.2.4 Análise estatística dos resultados

Os resultados obtidos a partir dos dois delineamentos rotacionais centrais, foram analisados através programa Statistica® 12 (StatSoft Inc., EUA). Uma equação polinomial foi usada para ajustar os dados significativos (Eq. 1).

$$y = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \beta_{12}X_1X_2 + \beta_{11}X_1^2 + \beta_{22}X_2^2 \quad (1)$$

onde y é a resposta predita (teor de umidade, a_w , dureza da crosta, pegajosidade e adesividade), β_0 a constante do modelo, β_1 e β_2 os efeitos lineares, β_{11} e β_{22} os efeitos quadráticos, β_{12} a interação dos efeitos e x_1 e x_2 as variáveis independentes (teores de xarope de maltitol e de fibra alimentar no delineamento 1 e temperatura e tempo de secagem no delineamento 2). Foi feita a análise de variância (Anova) ($p < 0,05$), cálculo do coeficiente de regressão e geradas as superfícies de resposta e curvas de contorno. Para auxiliar na definição da formulação otimizada e da melhor condição de secagem, uma bala de goma comercial à base de pectina e açúcares foi caracterizada e utilizada para fins de comparação.

Os demais resultados foram avaliados através da análise de variância (ANOVA), seguida pelo teste de Tukey (intervalo de confiança de 95%), utilizando o programa Statistica® 12 (StatSoft Inc., EUA), a fim de comparar as diferenças entre os valores médios dos dados analíticos obtidos. Para a comparação de duas amostras entre si, foi utilizado o teste t-Student.

4.2.5 Elaboração da informação nutricional e a identificação das alegações autorizadas para uso no suplemento alimentar desenvolvido

Etapas feitas com base em resultados analíticos do teor de cafeína e de umidade dos produtos desenvolvidos, fichas técnicas fornecidas pelos fabricantes dos ingredientes utilizados e legislações da Anvisa aplicáveis à categoria de alimentos e suplementos alimentares.

Inicialmente, o produto foi classificado quanto à sua categoria, finalidade de uso, composição e função nutricional com o objetivo de confirmar seu enquadramento como suplemento alimentar, conforme os critérios estabelecidos pela Resolução da Diretoria Colegiada RDC Nº 243 (Brasil, 2018b) e IN Nº28 (Brasil, 2018a), que dispõe sobre os requisitos sanitários dos suplementos

alimentares. Em seguida, foram avaliados os constituintes utilizados na formulação, bem como seus limites mínimos e máximos de uso (caféina, fibras alimentares e poliois), condições de emprego, alegações permitidas e requisitos de rotulagem complementar conforme a Instrução Normativa IN Nº 28 e RDC Nº 715 (Brasil, 2018a; Brasil, 2022).

A rotulagem nutricional contemplou a identificação do produto, lista de ingredientes, advertências obrigatórias, condições de uso, público indicado, além das alegações nutricionais e funcionais, quando aplicáveis, respeitando integralmente as disposições legais vigentes. A rotulagem nutricional foi elaborada de acordo com a RDC Nº 429 (Brasil, 2020b) e a IN Nº 28 (Brasil, 2018a) e IN Nº 75 (Brasil, 2020a), que estabelecem os requisitos técnicos para a declaração da informação nutricional nos alimentos embalados, incluindo a tabela nutricional, porção, medida caseira e valores diários de referência.

Para a determinação dos valores energéticos e nutricionais do produto, foram realizados cálculos teóricos a partir das informações técnicas e especificações nutricionais fornecidas pelos fabricantes dos ingredientes, por meio de documentos como fichas técnicas e laudos, conforme previsto pela RDC Nº 429 (Brasil, 2020b).

Essa metodologia assegura que a informação nutricional e a rotulagem do suplemento alimentar desenvolvido para que estivessem em conformidade com os requisitos regulatórios aplicáveis, garantindo a veracidade das informações, a segurança do consumidor e o atendimento às normas sanitárias brasileiras.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Desenvolvimento do suplemento alimentar gomoso e vegano, fonte de fibras alimentares, sem adição de sacarose e de xarope de glicose

O teor de sólidos solúveis, ao término do cozimento das caldas dos onze ensaios, variou entre 75,1 e 75,7 °Brix. Essa pequena variação é importante para minimizar o impacto do cozimento na avaliação do efeito das variáveis estudadas. O pH dos produtos manteve-se entre 3,2 e 3,6, sendo a faixa ótima para a gelificação da pectina utilizada 3,2 e 3,5. Na Tabela 5 estão apresentadas as variáveis codificadas e reais, assim como os resultados obtidos. Na Figura 11 estão apresentados os produtos obtidos nos ensaios experimentais.

Para auxiliar na escolha da melhor formulação os resultados da Tabela 5 foram comparados com os dados da caracterização de uma bala de pectina comercial (BPC), produzida com sacarose, com as seguintes características: a_w : $0,6822 \pm 0,0031$; umidade (%): $14,81\% \pm 0,38$; textura (teste de punção): dureza da crosta (N): $3,29 \pm 0,30$; pegajosidade (N): $-2,31 \pm 0,21$ e adesividade (N.s): $-1,16 \pm 0,11$.



Figura 11. Suplementos gomosos, fontes de fibras e sem adição de sacarose e de xarope de glicose.

Tabela 5. Teor de umidade, atividade de água (a_w), dureza da crosta, pegajosidade e adesividade (teste de punção) dos suplementos gomosos obtidos a partir de diferentes porcentagens de xarope de maltitol e fibra.

Ensaio	Xarope de Maltitol (%) x_1	Fibra (%) x_2	Umidade (%) Y_1	a_w Y_2	Dureza da crosta (N) Y_3	Pegajosidade (N) Y_4	Adesividade (N.s) Y_5
1	1 (23,5)	1 (43,5)	16,94 ± 0,11	0,7316 ± 0,0046	2,588 ± 0,210	-2,125 ± 0,162	-1,298 ± 0,098
2	1 (23,5)	-1 (36,5)	15,83 ± 0,10	0,7198 ± 0,0032	2,106 ± 0,154	-1,966 ± 0,108	-1,109 ± 0,067
3	-1 (16,5)	1 (43,5)	16,01 ± 0,35	0,7281 ± 0,0031	2,831 ± 0,219	-2,530 ± 0,245	-1,606 ± 0,138
4	-1 (16,5)	-1 (36,5)	17,03 ± 0,12	0,7418 ± 0,0025	2,378 ± 0,156	-2,151 ± 0,116	-1,251 ± 0,075
5	1,41 (25,0)	0 (40,0)	16,85 ± 0,28	0,7347 ± 0,0031	2,445 ± 0,164	-2,129 ± 0,120	-1,236 ± 0,075
6	-1,41 (15,0)	0 (40,0)	16,96 ± 0,26	0,7490 ± 0,0019	2,436 ± 0,190	-2,114 ± 0,160	-1,276 ± 0,095
7	0 (20,0)	1,41 (45,0)	16,18 ± 0,17	0,7308 ± 0,0021	3,493 ± 0,211	-2,863 ± 0,116	-1,849 ± 0,097
8	0 (20,0)	-1,41 (35,0)	17,15 ± 0,12	0,7407 ± 0,0034	2,229 ± 0,128	-1,870 ± 0,138	-1,083 ± 0,082
9	0 (20,0)	0 (40,0)	15,51 ± 0,11	0,7062 ± 0,0031	2,507 ± 0,119	-2,226 ± 0,140	-1,342 ± 0,091
10	0 (20,0)	0 (40,0)	15,26 ± 0,25	0,7140 ± 0,0025	2,465 ± 0,165	-2,203 ± 0,162	-1,265 ± 0,077
11	0 (20,0)	0 (40,0)	15,55 ± 0,28	0,7088 ± 0,0020	2,566 ± 0,143	-2,394 ± 0,163	-1,411 ± 0,115

As amostras obtidas no delineamento experimental resultaram em produtos com a_w entre 0,7062 e 0,7490 e umidade entre 15,26 e 17,15%, ou seja, valores dentro das faixas estipuladas pela literatura, conforme já apresentado anteriormente. No entanto, os valores de a_w próximos a 0,7400 não são considerados microbiologicamente seguros para um consumo a longo prazo.

O teor de umidade (Y_1), foi significativamente influenciado pelas concentrações de xarope de maltitol e fibra, dentro da faixa estudada ($p < 0,05$). A análise de variância (Anova) resultou em um R^2 de 84,63% e o valor de F calculado (F_{calc}) foi cerca de três vezes maior que o F tabelado (F_{tab}). Foram então obtidas a superfície de resposta e a curva de contorno, apresentadas na Figura 12. É possível verificar que a faixa ótima para se obter um produto com a umidade mais próxima à da BPC (14,81%) é de 20% de xarope de maltitol e 40% de Nutriose® (ponto central do delineamento).

O modelo com as variáveis codificadas que representa o teor de umidade em função dos teores de xarope de maltitol e de fibra está apresentado na Eq. (2).

$$\text{Umidade } (Y_1) = 15,44 + 0,65 x_1^2 + 0,53 x_2^2 + 0,53 x_1 x_2 \quad (2)$$

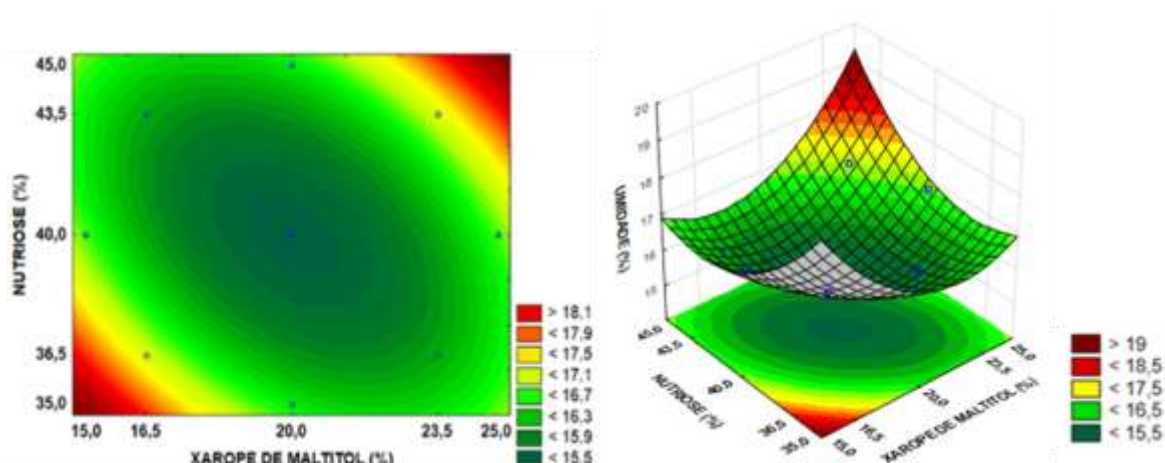


Figura 12. Superfície de resposta e curva de contorno para o teor de umidade, em função das concentrações de xarope de maltitol e de fibra.

Para a resposta atividade de água (Y_2), apesar dos termos quadráticos das variáveis terem sido significativos ($p < 0,05$), a variação explicada pelo R^2 foi baixa (70,69%), portanto, não foi considerado o modelo estatístico para esta resposta em função das variáveis estudadas. Os produtos com as menores atividades de água foram aqueles que continham 20% de xarope de maltitol e 40% de Nutriose® FB 06 (ponto central do delineamento). De acordo com Karuppuchamy; Heldman e Snyder (2024), uma baixa a_w é um importante fator para garantir a segurança de um produto alimentício, pois pode limitar o desenvolvimento de bactérias patogênicas e fungos deteriorantes.

Para os parâmetros de textura avaliados (teste de punção), apenas uma variável (concentração de fibra) foi estatisticamente significativa ($p < 0,05$). De acordo com a análise de variância (Anova) a variação explicada pelo R^2 foi baixa, sendo 69,52% para a resposta dureza da crosta, 62,18% para a pegajosidade e 68,32% para a adesividade. Quando o modelo estatístico possui apenas uma variável significativa ele não é confiável para a predição de resultados, portanto, não foram considerados os modelos estatísticos para as respostas de textura. No entanto, os resultados sugerem que, de forma geral, quanto maior a concentração de fibra, maiores são a dureza da crosta, a pegajosidade e a adesividade dos produtos, ou seja, o ensaio 8, com o menor percentual de fibra, apresentou os menores valores de dureza da crosta (N), pegajosidade (N) e adesividade (N.s) e o ensaio 7, contendo a maior concentração de fibra utilizada, apresentou os maiores valores para esses parâmetros de textura (Tabela 5). A dureza da crosta das amostras variou entre 2,106 N a 3,493 N, a pegajosidade entre -2,863 N a -1,870 N e a adesividade entre -1,849 N.s a -1,083 N.s.

Gorjanović *et al.* (2024) avaliaram o perfil de textura (TPA) de balas de goma de pectina adicionadas de fibras alimentares e polifenóis através da incorporação de farinha de resíduos da industrialização da maçã e da beterraba e observaram que a dureza das gomas variou entre 6,2 N (farinha resíduos da beterraba) e 17,33 N (farinha de resíduos da maçã). O teor de umidade destas amostras era de aproximadamente 21%. A formulação padrão apresentou dureza de 16,28 N (7% de umidade). Cabe destacar que a diferença entre os resultados deste estudo com os resultados do presente trabalho pode ser atribuída ao fato dos autores terem

avaliado o perfil de textura TPA e não a dureza da crosta (teste de punção) e, além disso, fatores como a presença de fibras solúveis e insolúveis na composição destas farinhas, assim como as diferenças entre as formulações utilizadas e os diferentes teores de umidade dos produtos podem impactar de formas distintas nas características de textura dos produtos obtidos.

As amostras com as maiores durezas da crosta foram aquelas dos ensaios 1 (2,59 N), 3 (2,83 N), 7 (3,50 N) e ponto central ($2,51 \pm 0,05$ N), sendo que a dureza da BPC foi de 3,29 N. Cabe destacar que dentre essas amostras, aquelas do ponto central foram as que apresentaram os menores valores de a_w , o que é um fator relevante para garantir a segurança microbiológica do produto. A pegajosidade dos ensaios do ponto central foi a que mais se aproximou da goma de pectina comercial, sendo que a adesividade das amostras variou bastante e, na maioria das vezes, foi maior que a da bala comercial.

De acordo com os resultados obtidos, a amostra do ponto central do delineamento experimental foi selecionada para seguir para o estudo de secagem, uma vez que apresentou o teor de umidade mais próximo ao da BPC, sua atividade de água foi a menor dentre os ensaios experimentais e sua pegajosidade foi próxima a BPC, apesar de ser menos dura e um pouco mais adesiva, possivelmente por não possuir açúcares em sua composição.

Na Figura 13 está apresentada a tabela de informação nutricional do suplemento vegano fonte de fibras alimentares (formulação do ponto central). De acordo com a IN Nº 75 (Brasil, 2020a), o produto contendo Nutriose® FB 06 pode ser designado como “sem adição de açúcares”, uma vez que: não contém “açúcares adicionados; não contém ingredientes que contenham açúcares adicionados; não contém ingredientes que contenham naturalmente açúcares e que sejam adicionados aos alimentos como substitutos dos açúcares para fornecer sabor doce; e não foi utilizado nenhum meio durante o processamento, tal como o uso de enzimas, que possa aumentar o conteúdo de açúcares no produto final”. O produto se classifica como um suplemento alimentar fonte de fibras alimentares, por apresentar teor de fibra acima de 5,7 g por porção de consumo (15 g), conforme a IN Nº 28 (Brasil, 2018a).

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL - NUTRIOSE		
Porções por embalagem: 10		
Porção: 15 g (3 unidades)		
	15g	%VD
Valor energético (kcal)	30	2
Carboidratos (g)	4,3	1
Açúcares totais (g)	0	
Açúcares adicionados (g)	0	0
Proteínas (g)	0	0
Gorduras totais (g)	0	0
Gorduras saturadas (g)	0	0
Gorduras trans (g)	0	0
Fibras alimentares (g)	6,4	26
Sódio (mg)	10	1
* Percentual de valores diários fornecidos pela porção.		

Figura 13. Informação nutricional do suplemento alimentar vegano, fonte de fibras (Nutriose® FB 06) e sem adição de açúcares.

5.2 Estudo dos parâmetros de secagem do suplemento alimentar gomoso desenvolvido na etapa anterior

A fibra utilizada no estudo de secagem foi a GOFOS™P95/GL-U, conforme justificado no item 4.2.2. Todas as amostras foram adicionadas de extrato de guaraná em pó (22% de cafeína) a fim de avaliar o impacto desta adição no processo de fabricação. Nesta etapa do estudo não foi feita a determinação do teor de cafeína nos produtos, a qual foi realizada no estudo de estabilidade (item 5.3).

Um estudo de Maringka, Putra e Lo (2024) avaliou a substituição de açúcar por polidextrose, isomalto-oligossacarídeos, frutooligossacarídeos e xilitol em balas de goma de gelatina submetidas à secagem em uma desidratadora, numa condição fixa de tempo e temperatura (8,5 h / 35 °C), analisando os efeitos da formulação sobre atividade de água, teor de umidade e perfil de textura TPA. Os autores observaram que a variação na proporção dos substitutos de açúcar impactou significativamente nas propriedades físico-químicas e sensoriais das balas de goma obtidas.

O presente estudo não se restringiu à adoção de uma condição fixa de secagem, mas empregou um delineamento composto central rotacional (DCCR 2²), permitindo a avaliação de forma sistemática e estatisticamente robusta dos efeitos da temperatura (variando entre 30 a 50 °C) e do tempo de secagem (variando entre 8 a 48 h) nas características do produto estudado.

Ao término do cozimento o teor de sólidos solúveis das caldas dos onze ensaios experimentais do estudo de secagem, variou entre 75,1 e 76,5 °Brix e o pH entre 3,1 e 3,4 sendo a faixa ótima para a gelificação da pectina utilizada 3,2 e 3,5.

A fibra alimentar, por ser higroscópica, formou grumos ao ser incorporada a solução de pectina, no entanto, se dissolveu facilmente durante o cozimento. A presença do extrato de guaraná não implicou em ajustes no processo que já vinha sendo utilizado na etapa de desenvolvimento da formulação (item 5.1).

Na Tabela 6 estão apresentadas as variáveis codificadas e reais, assim como os resultados obtidos na caracterização dos produtos. Na Figura 14 estão apresentados os onze produtos obtidos.



Figura 14. Suplementos gomosos veganos fonte de fibras (GOFOS™P95/GL-U), sem adição de sacarose e de xarope de glicose.

Para auxiliar na definição da melhor condição de secagem os resultados da Tabela 6 foram comparados com os dados da caracterização de uma bala de pectina comercial (BPC), produzida com sacarose, com as seguintes características: a_w : $0,6822 \pm 0,0031$; umidade (%): $14,81\% \pm 0,38$; textura (teste de punção): dureza da crosta (N): $3,29 \pm 0,30$; pegajosidade (N): $-2,31 \pm 0,21$ e adesividade (N.s): $-1,16 \pm 0,11$; perfil de textura (TPA): dureza (N): $38,955 \pm 3,014$; resiliência (%): $26,068 \pm 0,983$; coesão: $0,597 \pm 0,019$; elasticidade (%): $85,330 \pm 1,150$; gomosidade: $23,230 \pm 1,440$ e mastigabilidade: $19,821 \pm 1,236$.

Tabela 6. Teor de umidade, atividade de água (a_w), umidade, dureza da crosta, pegajosidade e adesividade (teste de punção) dos suplementos gomosos obtidos a partir de diferentes temperaturas e tempos de secagem.

Ensaio	Temperatura (°C) x_1	Tempo secagem (h) x_2	Umidade (%) Y_1	a_w Y_2	Dureza da crosta (N) Y_3	Pegajosidade (N) Y_4	Adesividade (N.s) Y_5
1	1 (47)	1 (42)	12,92 ± 0,50	0,6224 ± 0,0022	1,368 ± 0,041	-1,074 ± 0,078	-0,613 ± 0,039
2	1 (47)	-1 (14)	16,26 ± 0,35	0,7103 ± 0,0007	0,844 ± 0,078	-0,789 ± 0,019	-0,446 ± 0,021
3	-1 (33)	1 (42)	14,53 ± 0,69	0,7117 ± 0,0030	0,948 ± 0,082	-0,712 ± 0,066	-0,415 ± 0,030
4	-1 (33)	-1 (14)	19,77 ± 0,15	0,7593 ± 0,0026	0,607 ± 0,045	-0,513 ± 0,029	-0,300 ± 0,018
5	1,41 (50)	0 (28)	13,26 ± 0,36	0,6441 ± 0,0042	1,482 ± 0,083	-1,220 ± 0,064	-0,728 ± 0,044
6	-1,41 (30)	0 (28)	17,92 ± 0,31	0,7451 ± 0,0015	0,707 ± 0,043	-0,581 ± 0,050	-0,329 ± 0,030
7	0 (40)	1,41 (48)	14,26 ± 0,34	0,6720 ± 0,0019	1,184 ± 0,050	-1,041 ± 0,049	-0,612 ± 0,018
8	0 (40)	-1,41 (8)	19,57 ± 0,37	0,7523 ± 0,0022	0,673 ± 0,034	-0,515 ± 0,036	-0,316 ± 0,024
9	0 (40)	0 (28)	16,36 ± 0,56	0,7001 ± 0,0040	0,860 ± 0,032	-0,786 ± 0,036	-0,456 ± 0,018
10	0 (40)	0 (28)	15,84 ± 0,61	0,6911 ± 0,0039	0,921 ± 0,052	-0,827 ± 0,060	-0,504 ± 0,029
11	0 (40)	0 (28)	16,57 ± 0,62	0,6950 ± 0,0021	0,867 ± 0,021	-0,830 ± 0,044	-0,479 ± 0,021

A a_w das amostras variou entre 0,6224 a 0,7593 e a umidade entre 12,92% a 19,77%, ou seja, os teores de umidade estão dentro da faixa estipulada pela literatura para esta categoria de produtos, no entanto, a a_w de algumas amostras indica riscos de desenvolvimento microbiológico (ensaios 4, 6 e 8).

O teor de umidade, a a_w e os parâmetros de textura (teste de punção) foram influenciados pelas diferentes temperaturas e tempos de secagem estudados ($p < 0,05$). O R^2 e o $F_{\text{calculado}}$ indicaram que equações de primeira e segunda ordem puderam ser obtidas para os resultados avaliados (Y_1 ; Y_2 ; Y_3 ; Y_4 e Y_5). Os modelos matemáticos obtidos para as respostas avaliadas estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Análise de variância (ANOVA) porcentagem de variação explicada (R^2), valores de $F_{\text{calculado}}$ e F_{tabelado} para as respostas teor de umidade (%), atividade de água e parâmetros de textura (teste de punção): dureza da crosta (N), pegajosidade (N) e adesividade (N.s), em função das variações do tempo (h) e da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) de secagem.

Respostas	R^2 (%)	F_{calc}	F_{tab}	Equação matemática
Umidade (%)	92,98	52,96	4,46	$Y_1 = 16,11 - 1,46503 x_1 - 2,01 x_2$
Atividade de água	99,34	226,73	4,53	$Y_2 = 0,694447 - 0,035142 x_1 - 0,031133 x_2 + 0,00806 x_2^2 - 0,010075 x_1 x_2$
Dureza da crosta (N)	88,17	29,83	4,46	$Y_3 = 0,951000 + 0,219127 x_1 + 0,198458 x_2$
Pegajosidade (N)	91,60	43,61	4,46	$Y_4 = -0,808000 - 0,19271 x_1 - 0,153485 x_2$
Adesividade (N.s)	89,08	32,63	4,46	$Y_5 = -0,472545 - 0,113534 x_1 - 0,087576 x_2$

Tanto o aumento da temperatura, quanto do tempo de secagem, apresentou impacto estatisticamente significativo ($p < 0,05$), na redução da umidade e da a_w dos suplementos gomosos (Figura 15). Levando-se em conta que a BPC apresenta aproximadamente 15% de umidade (14,81%) e que políois e fibras podem resultar em um produto mais higroscópico e com maior dificuldade de remoção de água durante o cozimento, considerou-se adequado, para os suplementos gomosos estudados, um teor de umidade de $15\% \pm 2$ e valores de a_w que possam garantir sua segurança microbiológica. Portanto, a faixa ótima para se obter suplementos gomosos com essas características encontra-se a partir de uma temperatura de secagem de 33°C , desde que combinada com os maiores tempos de secagem

estudados e/ou 14 horas de secagem, desde que combinadas com as maiores temperaturas estudadas (ensaios 1, 2, 3, 5, 7 e ensaios do ponto central).

Maringka, Lo e Indrawanto (2024) estudaram a redução de açúcar em balas de goma de pectina, utilizando frutooligossacarídeo (FOS) e xilitol, e obtiveram produtos com atividade de água variando entre 0,69 e 0,72 e teores de umidade entre 16,13 e 18,29%, sendo que o menor teor de umidade foi observado para os produtos com redução de açúcar e foi relacionado ao uso do FOS, ingrediente com maior peso molecular e menor solubilidade que a sacarose, o qual aumenta a viscosidade do sistema e exige um tempo de cozimento mais longo, com consequente redução da umidade do produto final. De acordo com os autores, ingredientes com menor peso molecular têm uma maior capacidade de se ligar à água e, portanto, de reduzir a atividade de água, sendo que o menor peso molecular do xilitol justificaria a menor a_w observada para os produtos que continham um maior teor de xilitol em sua composição.

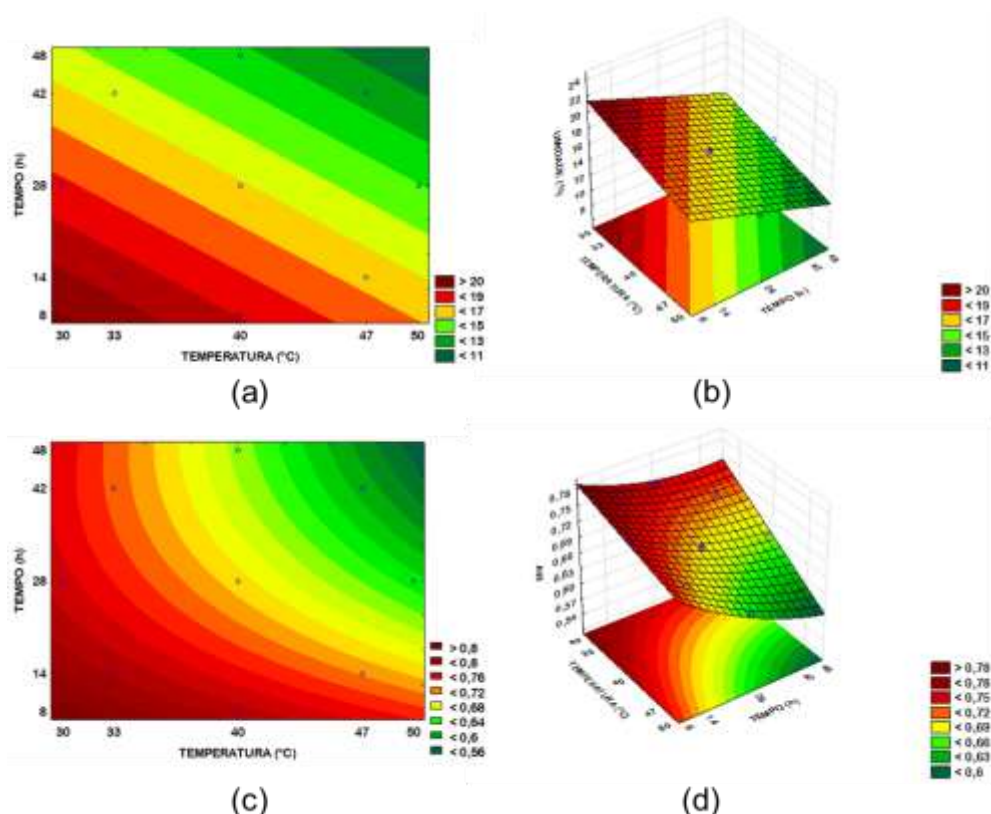


Figura 15. Superfícies de respostas e curvas de contorno para o teor de umidade (a) e (b) e atividade de água (c) e (d), em função das diferentes temperaturas (°C) e tempos de secagem (h).

Delgado e Bañón (2015), ressaltam que a etapa de secagem é determinante para a definição da resistência mecânica de balas de goma, sendo evidenciado que a estabilização da textura ocorre antes da completa estabilização da umidade. Os autores verificaram que o monitoramento do teor de umidade, atividade de água e teor de sólidos solúveis, pode levar à superestimação do tempo necessário de secagem, enquanto parâmetros mecânicos como dureza, gomosidade e mastigabilidade permitem identificar com maior precisão o ponto ideal para interrupção do processo, reduzindo tempo, energia e custos industriais. Portanto, o presente estudo também avaliou os parâmetros de dureza dos produtos, além da umidade e atividade de água.

Outro estudo também reforça a importância da avaliação da textura de balas de goma para auxiliar na definição das condições de secagem. Poca *et al.* (2021) estudaram a secagem de gomas de gelatina de diferentes tamanhos (2,5 g, 3 g e 6 g), depositadas em moldes de amido, utilizando temperatura de aproximadamente 30 °C e 45% de UR e tempos de secagem de 12, 16, 20 e 24 h. Para auxiliar na definição das melhores condições de secagem foram utilizadas as análises de umidade, atividade de água, teor de sólidos solúveis, textura e ressonância nuclear magnética (RNM) no domínio do tempo. Segundo os autores, a análise do teor de umidade pode ser muito demorada para dar uma rápida resposta para a tomada de decisões, a análise de textura (TPA), apesar de ser rápida, para as balas de gelatina não foi muito eficiente pois o produto tinha uma superfície muito pegajosa ao término da secagem e o uso da RNM no domínio do tempo foi eficiente para monitorar as mudanças durante a secagem das balas de gelatina, sendo considerada uma alternativa aos métodos convencionais. No presente estudo, as gomas de pectina, assim que desmoldadas foram finalizadas com a aplicação de maltitol cristalino em sua superfície e seguiram para a etapa de secagem em desidratador com circulação de ar, não apresentando superfície pegajosa, o que permitiu que a análise de textura fosse uma das formas utilizadas para fins de definição da melhor condição de secagem.

A dureza da crosta, a pegajosidade e a adesividade (teste de punção) do suplemento gomoso também foram influenciadas pelas variáveis estudadas, sendo que tanto o aumento da temperatura, quanto do tempo de secagem, apresentou

impacto estatisticamente significativo ($p < 0,05$) no aumento destes parâmetros (Figura 16). A BPC apresenta dureza da crosta de $3,29 \pm 0,30$ N, pegajosidade de $-2,31 \pm 0,21$ N e adesividade de $-1,16 \pm 0,11$ N.s. De forma geral, os suplementos gomosos sem sacarose e sem xarope de glicose, resultaram em produtos com crostas menos duras; produtos bem menos pegajosos e menos adesivos. Portanto, considerou-se a seleção dos suplementos gomosos com valores de dureza da crosta superiores a 0,800 N e ainda com os maiores valores de pegajosidade e de adesividade. Sendo assim, a faixa ótima para se obter produtos com essas características encontra-se a partir de uma temperatura de secagem de 33 °C, desde que combinada com os maiores tempos de secagem estudados e/ou 14 horas de secagem, desde que combinadas com as maiores temperaturas estudadas (ensaios 1, 2, 3, 5, 7 e ensaios do ponto central).

Em resumo, a partir dos resultados já apresentados, as condições de secagem que resultaram em produtos com as características de qualidade consideradas mais adequadas, foram aquelas utilizadas nos ensaios 1, 2, 3, 5, 7 e ensaios do ponto central. Para auxiliar na escolha de uma única condição de tempo e temperatura de secagem, também foi avaliado o perfil de textura (TPA) dos produtos obtidos nos 11 experimentos.

Conforme reportado anteriormente, os parâmetros mecânicos de textura como dureza, gomosidade e mastigabilidade permitem identificar com maior precisão o ponto ideal para interrupção do processo secagem, reduzindo tempo, energia e custos industriais (Delgado e Bañón, 2015).

De acordo com os resultados obtidos observa-se que os 11 ensaios do delineamento experimental do estudo de secagem resultaram em amostras que diferiram estatisticamente entre si ($p < 0,05$) (Tabela 8). Na Figura 17 é possível observar que a resiliência, a coesão e, principalmente, a elasticidade, foram os parâmetros menos afetados em função das variáveis estudadas. Se consideradas as características de dureza, gomosidade e mastigabilidade, os ensaios com valores mais próximos aos da BPC (dureza $38,955 \pm 3,014$ N; gomosidade $23,230 \pm 1,440$ e mastigabilidade $19,821 \pm 1,236$) foram os de número 7 e os ensaios do ponto central.

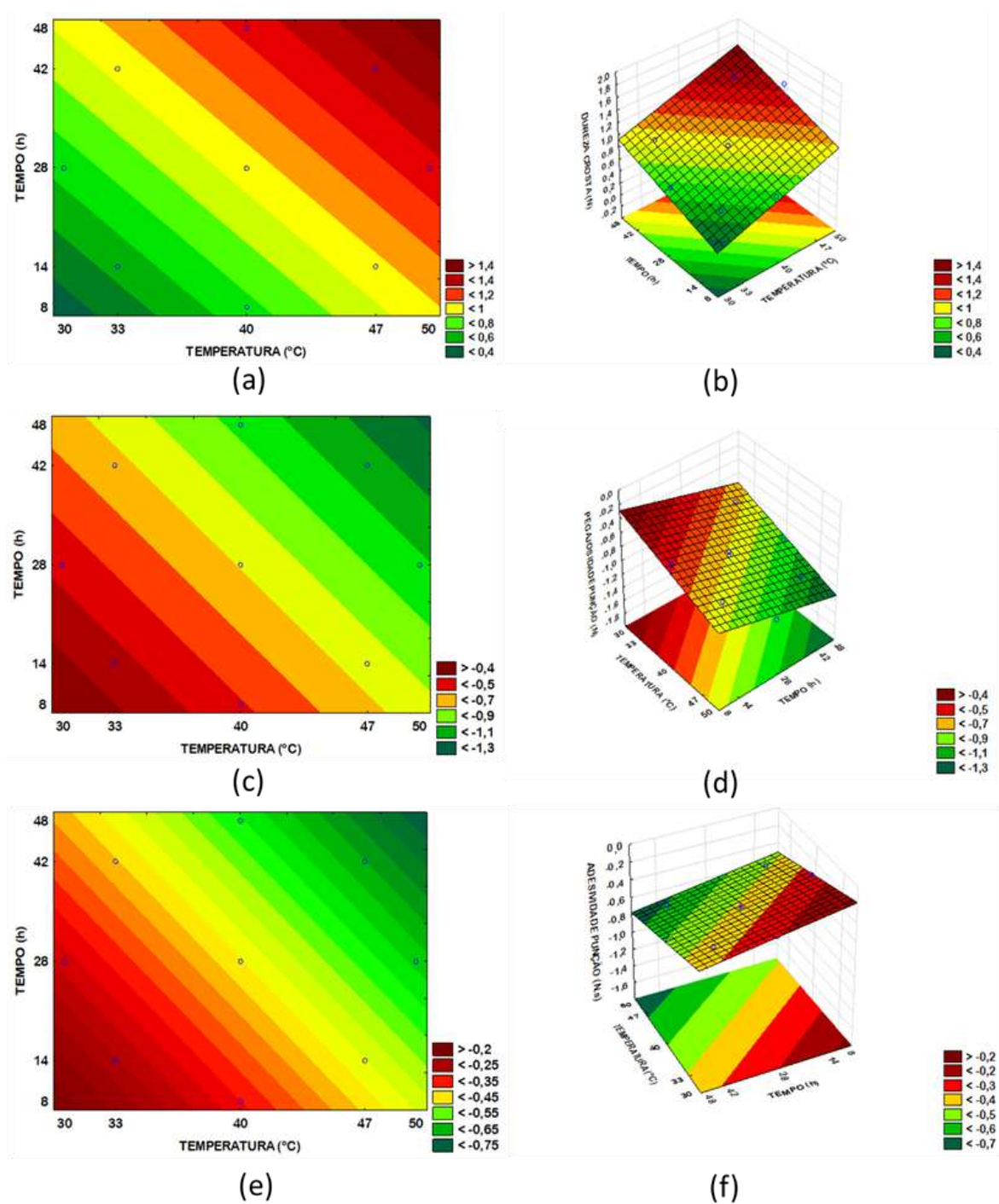


Figura 16. Superfícies de respostas e curvas de contorno para a dureza da crosta (a) e (b), pegajosidade (c) e (d) e adesividade (e) e (f), em função das diferentes temperaturas (°C) e tempos de secagem (h).

Maringka; Lo e Indrawanto (2024) avaliaram balas de pectina com substituição parcial dos açúcares por FOS e xilitol e obtiveram menores durezas para o produto com maior umidade, devido ao efeito plasticizante da água, assim como observaram que o maior percentual de substituição dos açúcares reduziu a dureza das balas, o que foi atribuído a uma quantidade insuficiente de água livre para a formação adequada das zonas de junção entre as cadeias de pectina, devido à grande habilidade do xilitol se ligar a água, sugerindo que a presença de xilitol tenha reduzido em demasiado a quantidade de água da rede de gel. Por outro lado, os autores reforçam que a presença de sacarose pode promover a formação de ligações de hidrogênio e facilitar a formação e estabilização de zonas de junção das moléculas de pectina. O mecanismo de gelificação da pectina HM pela presença de elevado teor de sólidos, com consequente ocorrência de interações hidrofóbicas e ligações de hidrogênio, também é reportado por Damodaran; Parkin e Fennema (2010) e Liang *et al.* (2022).

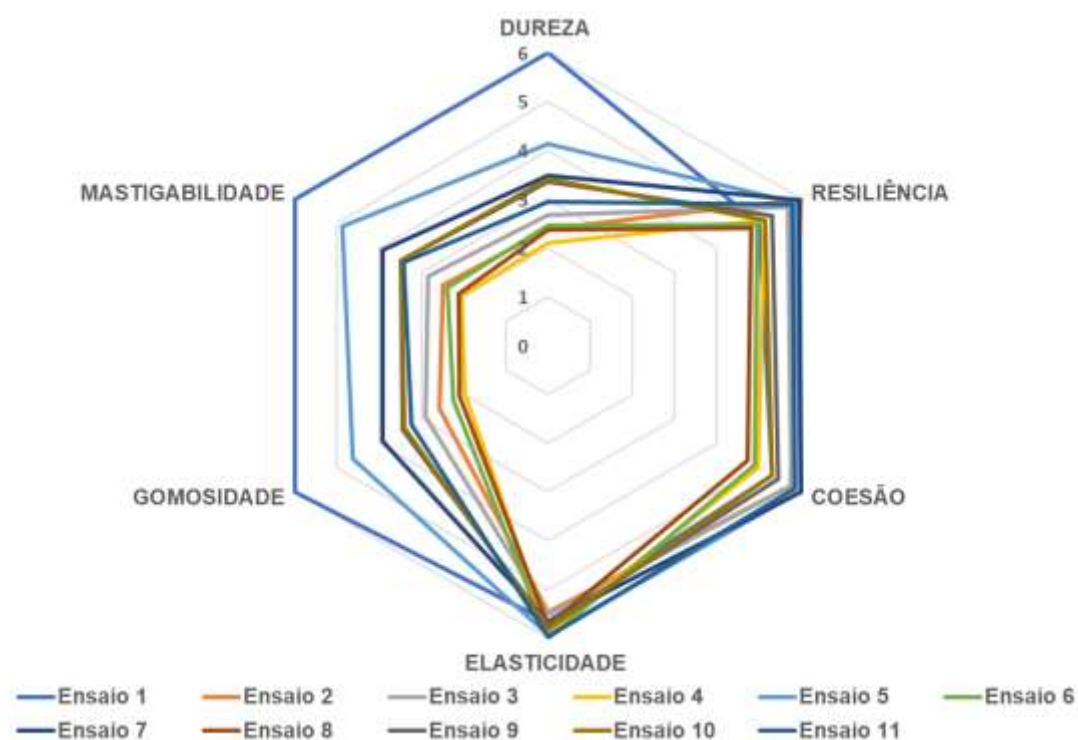


Figura 17. Análise do perfil de textura (TPA) dos suplementos gomosos e veganos, fonte de fibras (GOFOS™P95/GL-U), sem adição de sacarose e de xarope de glicose, em função da variação do tempo e temperatura de secagem (conforme apresentado na Tabela 8).

Tabela 8. Comparação de médias entre os diferentes ensaios, para as respostas da análise do perfil de textura (TPA), em função da variação do tempo e da temperatura de secagem dos suplementos gomosos.

Ensaio	Temperatura secagem (°C)	Tempo secagem (h)	Dureza (N)	Resiliência (%)	Coesão	Elasticidade (%)	Gomosidade	Mastigabilidade
1	1 (47)	1 (42)	67,309 ± 3,566 a	21,852 ± 1,190 d, e, f	0,589 ± 0,031 c, d, f, g, i	85,288 ± 2,542 c, d, e, f, g	39,664 ± 2,972 a	33,782 ± 1,999 a
2	1 (47)	-1 (14)	26,839 ± 2,021 e, f	26,253 ± 1,577 a	0,637 ± 0,020 a, d	82,375 ± 1,442 f, g	17,058 ± 0,861 f, g	14,047 ± 0,662 e, f
3	-1 (33)	1 (42)	30,008 ± 2,023 d, e	24,894 ± 1,406 a, c	0,638 ± 0,034 a, c	83,232 ± 1,803 e, f, g	19,156 ± 1,676 e, f	15,938 ± 1,371 e
4	-1 (33)	-1 (14)	23,591 ± 1,779 f	22,456 ± 1,734 c, f	0,552 ± 0,030 e, g, h, i	88,589 ± 4,176 a, d	13,007 ± 0,963 h	11,529 ± 1,058 g, h
5	1,41 (50)	0 (28)	46,443 ± 3,658 b	25,671 ± 1,555 a, b	0,661 ± 0,039 a	89,581 ± 5,905 a, c	30,626 ± 1,862 b	27,422 ± 2,298 b
6	-1,41 (30)	0 (28)	27,517 ± 2,251 e, f	21,681 ± 1,672 d, e, f	0,542 ± 0,033 f, h, j	90,539 ± 1,707 a	14,860 ± 0,744 g, h	13,447 ± 0,561 f, g
7	0 (40)	1,41 (48)	39,004 ± 3,851 c	26,099 ± 0,952 a	0,664 ± 0,028 a	85,468 ± 2,353 b, c, d, e, f, g	25,847 ± 2,312 c	22,070 ± 1,800 c
8	0 (40)	-1,41 (8)	26,603 ± 2,678 e, f	21,055 ± 2,044 d, e, f	0,523 ± 0,043 i, j	86,544 ± 3,874 a, f	13,840 ± 0,985 h	11,962 ± 0,778 f, h
9	0 (40)	0 (28)	37,725 ± 2,817 c	23,246 ± 2,150 b, c, d	0,605 ± 0,052 b, c, d, e	86,407 ± 2,319 a, g	22,737 ± 1,441 d	19,665 ± 1,651 d
10	0 (40)	0 (28)	38,377 ± 3,706 c	22,545 ± 2,189 c, e	0,588 ± 0,057 c, d, h	87,645 ± 4,147 a, e	22,427 ± 1,895 d	19,649 ± 1,815 d
11	0 (40)	0 (28)	33,139 ± 3,187 d	25,366 ± 1,327 a, b	0,647 ± 0,028 a, b	90,148 ± 2,414 a, b	21,410 ± 1,701 d, e	19,292 ± 1,495 d

Diferentes letras para diferentes amostras indicam diferença significativa entre os valores (p<0,05).

Os resultados do presente estudo mostraram uma tendência de aumento da dureza (TPA) do suplemento gomoso, mediante redução do teor de umidade do produto (Tabelas 6 e 8), com destaque para o ensaio 1, o qual apresentou o menor teor de umidade dentre as demais amostras e a maior dureza.

De acordo com os resultados obtidos, as condições de secagem utilizadas para as amostras do ponto central e do ensaio 7 resultaram em produtos com atividade de água consideradas adequadas, além de dureza, gomosidade e mastigabilidade (TPA) próximas a da BPC. Tanto para o ensaio 7 quanto para os ensaios do ponto central, a temperatura de secagem foi de 40 °C, no entanto, o tempo de secagem foi bem maior para o ensaio 7 (48 h) do que para os ensaios do ponto central (28 h). Portanto, mediante os resultados obtidos, as condições de secagem do ponto central foram selecionadas para a produção das amostras que seguiram para o estudo de estabilidade (40 °C por 28 horas).

Na Figura 18 está apresentada a tabela de informação nutricional do suplemento gomoso vegano fonte de fibras alimentares sem adição de sacarose e de xarope de glicose (formulação do ponto central do estudo do item 5.1), obtida a partir da secagem a 40 °C por 28 h (condições de secagem do ponto central).

De acordo com a IN Nº 75 (Brasil, 2018a), o suplemento gomoso contendo FOS não pode ser designado como “sem adição de açúcares”, uma vez que apresenta valores superiores a zero para açúcares adicionados, devido ao fato da fibra utilizada (GOFOS™P95/GL-U) ser um ingrediente obtido a partir do açúcar de beterraba, através de um processo enzimático e, portanto, conter até 5% de açúcares em sua composição (sacarose, glicose e frutose).

Neste caso, o suplemento gomoso com o GOFOS™P95/GL-U pode usar a alegação de “baixo teor de açúcar”, uma vez que cumpre os critérios de composição de não apresentar quantidades de açúcares adicionados iguais ou superiores a 15 g / 100 g de produto e de conter menos que 5 g de açúcares por 50 g ou mL, para porções de referência menores ou iguais a 30 g ou mL, e por embalagem individual. O suplemento com GOFOS™P95/GL-U se classifica como um suplemento alimentar fonte de fibras alimentares, por apresentar teor de fibra acima de 5,7 g por porção de consumo (15 g), conforme a IN Nº 28 (Brasil, 2018a).

Cabe destacar que nesta etapa do estudo o teor de cafeína não foi quantificado analiticamente, sendo que o teor reportado na Informação Nutricional (Figura 18) é o valor teórico mínimo esperado.

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL - FOS		
Porções por embalagem: 10		
Porção: 15 g (3 unidades)		
	15g	%VD
Valor energético (kcal)	28	1
Carboidratos (g)	3,7	1
Açúcares totais (g)	0,4	
Açúcares adicionados (g)	0,4	1
Proteínas (g)	0	0
Gorduras totais (g)	0	0
Gorduras saturadas (g)	0	0
Gorduras trans (g)	0	0
Fibras alimentares (g)	7,2	29
Sódio (mg)	11	1
Cafeína (mg)	75	
* Percentual de valores diários fornecidos pela porção.		

Figura 18. Informação nutricional do suplemento alimentar gomoso e vegano, de cafeína e fonte de fibras alimentares (GOFOS™P95/GL-U), com baixo teor de açúcar.

5.3 Estudo da estabilidade do suplemento alimentar gomoso e vegano, de cafeína e fonte de fibras alimentares, sem adição de sacarose e de xarope de glicose

Durante a produção das duas amostras utilizadas no estudo de estabilidade (Nutriose® FB 06 - NUT e GOFOS™P95/GL-U - FOS) houve formação de grumos na etapa de adição do FOS à solução de pectina, sendo estes totalmente dissolvidos durante o cozimento (Figura 19). Essa ocorrência já havia sido observada na produção das amostras do estudo de secagem (item 5.2). Com relação ao extrato de guaraná, sua combinação com a fibra alimentar Nutriose® FB 06, resultou numa grande formação de espuma e o produto não gelificou, mesmo após 24 h (Figura 20), tendo sido necessário aumentar o tempo de cozimento e, conseqüentemente, o teor de sólidos da calda cozida, de forma a garantir a gelificação da pectina. Além disso, a calda com Nutriose® FB 06 foi mantida em repouso por 2 min. e 30 seg. após seu cozimento e antes da adição da solução de ácido cítrico, de forma a liberar as bolhas de ar oclusas na massa. No estudo de secagem (item 5.2), o uso do extrato de guaraná juntamente com a fibra

GOFOS™P95/GL-U não implicou na formação de espuma. Possivelmente a calda contendo Nutriose® FB 06 (maior grau de polimerização) possa ter apresentado uma maior viscosidade que a calda contendo GOFOS™P95/GL-U (menor grau de polimerização), dificuldade assim a eliminação das bolhas de ar durante o cozimento.

Para a obtenção da quantidade suficiente de suplementos gomosos para a realização das análises do estudo de estabilidade, foi necessário produzir dois lotes de cada um dos produtos para compor cada amostra. O teor de sólidos solúveis médio da calda cozida contendo GOFOS™P95/GL-U foi de $75,1 \pm 0,4$ °Brix e o da calda contendo Nutriose® FB 06 $76,6 \pm 0,2$ °Brix, uma vez que esta precisou de um cozimento mais longo, conforme explicado anteriormente.



Figura 19. Formação de grumos no momento da adição da fibra GOFOS™P95/GL-U, antes do cozimento.



Figura 20. Espuma na superfície do produto contendo Nutriose® FB 06 e extrato de guaraná, sem ocorrência de gelificação após 24 horas.

Na Figura 21 podem ser observadas as embalagens contendo as amostras, as quais foram estocadas a $30,1 \pm 0,2$ °C e $75,1 \pm 1,3\%$ de umidade relativa, durante os 180 dias do estudo.

A Tabela 9 apresenta os resultados para o teor de umidade, atividade de água (a_w) e parâmetros da textura instrumental obtidos no teste de punção (dureza da crosta, pegajosidade e adesividade), avaliados durante os 180 dias de estocagem.



Figura 21. Embalagens PET contendo os suplementos alimentares gomosos e veganos, de cafeína e fonte de fibras alimentares, sem adição de sacarose e de xarope de glicose.

A umidade do suplemento alimentar com GOFOS™P95/GL-U permaneceu estável durante todo o período de estocagem, sendo que o produto contendo Nutriose® FB 06 apresentou ganho de umidade até os 90 dias, quando então esta se estabilizou (Tabela 9, letras minúsculas) (Figura 22). O menor teor de umidade observado no tempo zero para o produto contendo Nutriose® FB 06 (Tabela 9, letras maiúsculas), pode ser atribuído ao maior tempo de cozimento exigido para que a formulação com essa fibra tivesse uma boa gelificação.

Tabela 9. Teor de umidade, atividade de água (a_w) e parâmetros da textura instrumental obtidos no teste de punção (dureza da crosta, pegajosidade e adesividade), avaliados durante os 180 dias de estocagem.

TZERO					
Amostras	Teor de Umidade (%)	Atividade de água	Dureza Crosta (N)	Pegajosidade	Adesividade (N.s)
NUT	12,16 ± 0,51 ^{B, d}	0,7162 ± 0,0036 ^{A, a}	2,302 ± 0,167 ^{A, c}	-1,518 ± 0,116 ^{A, e}	-0,953 ± 0,071 ^{A, c}
FOS	15,61 ± 0,26 ^{A, a}	0,6821 ± 0,0029 ^{B, a}	1,027 ± 0,078 ^{B, a}	-0,765 ± 0,070 ^{B, b}	-0,450 ± 0,040 ^{B, b}
T30					
Amostras	Teor de Umidade (%)	Atividade de água	Dureza Crosta (N)	Pegajosidade	Adesividade (N.s)
NUT	12,80 ± 0,74 ^{B, c, d}	0,7018 ± 0,0008 ^{A, b}	2,844 ± 0,246 ^{A, a, b}	-2,234 ± 0,175 ^{A, b, c}	-1,355 ± 0,127 ^{A, a, b}
FOS	15,21 ± 0,46 ^{A, a}	0,6638 ± 0,0038 ^{B, b}	0,946 ± 0,066 ^{B, a, b}	-0,908 ± 0,080 ^{B, a}	-0,508 ± 0,033 ^{B, a, b}
T60					
Amostras	Teor de Umidade (%)	Atividade de água	Dureza Crosta (N)	Pegajosidade	Adesividade (N.s)
NUT	13,62 ± 0,29 ^{B, b, c}	0,6974 ± 0,0025 ^{A, b}	3,056 ± 0,242 ^{A, a, b}	-1,937 ± 0,142 ^{A, d}	-1,264 ± 0,105 ^{A, b}
FOS	16,04 ± 0,55 ^{A, a}	0,6457 ± 0,0021 ^{B, c}	0,982 ± 0,092 ^{B, a, b}	-0,918 ± 0,091 ^{B, a}	-0,545 ± 0,051 ^{B, a}
T90					
Amostras	Teor de Umidade (%)	Atividade de água	Dureza Crosta (N)	Pegajosidade	Adesividade (N.s)
NUT	14,53 ± 0,05 ^{B, a, b}	0,6755 ± 0,0027 ^{A, d}	3,106 ± 0,130 ^{A, a}	-2,092 ± 0,269 ^{A, c, d}	-1,312 ± 0,151 ^{A, a, b}
FOS	15,67 ± 0,18 ^{A, a}	0,6492 ± 0,0011 ^{B, c}	0,948 ± 0,059 ^{B, a, b}	-0,944 ± 0,092 ^{B, a}	-0,545 ± 0,042 ^{B, a}
T120					
Amostras	Teor de Umidade (%)	Atividade de água	Dureza Crosta (N)	Pegajosidade	Adesividade (N.s)
NUT	14,71 ± 0,84 ^{A, a, b}	0,6671 ± 0,0027 ^{A, d}	3,051 ± 0,193 ^{A, a, b}	-1,865 ± 0,106 ^{A, d}	-1,219 ± 0,084 ^{A, b}
FOS	15,92 ± 0,08 ^{A, a}	0,6086 ± 0,0013 ^{B, e}	0,899 ± 0,087 ^{B, b}	-0,867 ± 0,082 ^{B, a, b}	-0,526 ± 0,032 ^{B, a}
T150					
Amostras	Teor de Umidade (%)	Atividade de água	Dureza Crosta (N)	Pegajosidade	Adesividade (N.s)
NUT	14,76 ± 0,45 ^{A, a, b}	0,6858 ± 0,0036 ^{A, c}	2,875 ± 0,207 ^{A, a, b}	-2,546 ± 0,242 ^{A, a}	-1,474 ± 0,143 ^{A, a}
FOS	15,43 ± 0,29 ^{A, a}	0,6321 ± 0,0020 ^{B, d}	0,910 ± 0,047 ^{B, b}	-0,934 ± 0,085 ^{B, a}	-0,528 ± 0,047 ^{B, a}
T180					
Amostras	Teor de Umidade (%)	Atividade de água	Dureza Crosta (N)	Pegajosidade	Adesividade (N.s)
NUT	15,63 ± 0,24 ^{A, a}	0,6672 ± 0,0045 ^{A, d}	2,804 ± 0,196 ^{A, b}	-2,458 ± 0,205 ^{A, a, b}	-1,432 ± 0,140 ^{A, a}
FOS	15,76 ± 0,25 ^{A, a}	0,6079 ± 0,0026 ^{B, e}	1,021 ± 0,089 ^{B, a}	-0,949 ± 0,087 ^{B, a}	-0,528 ± 0,048 ^{B, a}

Diferentes letras minúsculas para a mesma amostra em diferentes tempos de estocagem indicam diferença significativa entre os valores ($p < 0,05$ - Tukey). Diferentes letras maiúsculas para diferentes amostras no mesmo tempo de estocagem indicam diferença significativa entre os valores ($p < 0,05$ - t-Student).

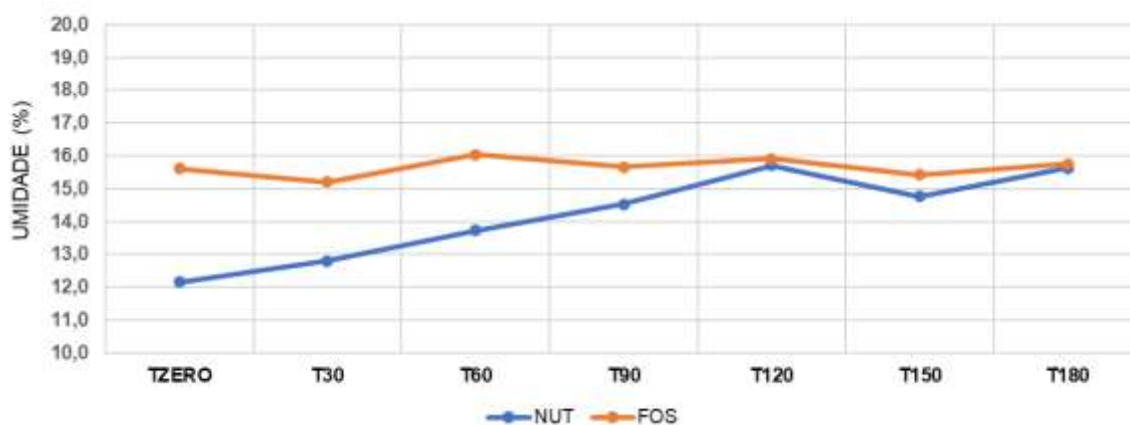


Figura 22. Variações nos teores de umidade dos suplementos gomosos, durante os 180 dias de estocagem.

Uma hipótese para explicar os diferentes comportamentos com relação ao teor de umidade dos produtos poderia estar relacionada ao peso molecular. O maior grau de polimerização da Nutriose® FB 06, quando comparado ao GOFOS™P95/GL-U (Figura 3), pode ter impactado tanto na necessidade de um maior tempo de gelificação, quanto na forma de retenção da água na matriz de gel, podendo estar associado ao ganho de umidade até os 90 dias de estocagem, resultado de um equilíbrio amostral dentro da embalagem. Para a amostra com GOFOS™P95/GL-U, seu baixo grau de polimerização, com menor impacto no tempo de gelificação, pode ter contribuído para a obtenção de um produto com teores de umidade mais homogêneos e estáveis desde a sua produção até o término do estudo de estabilidade (Tabela 9, letras minúsculas). A partir dos 120 dias de estocagem a umidade dos dois produtos ficou similar entre si (Tabela 9, letras maiúsculas).

Apesar da amostra com Nutriose® FB 06 ter apresentado aumento de umidade até os 90 dias, a atividade de água (Tabela 9 e Figura 23), durante todo o estudo de estabilidade observou-se uma tendência de redução, sendo que o suplemento alimentar contendo GOFOS™P95/GL-U apresentou uma menor a_w em comparação ao produto contendo Nutriose® FB 06 (Tabela 9, letras maiúsculas), possivelmente devido ao seu menor grau de polimerização. Pequenas variações no teor de umidade não necessariamente irão refletir proporcionalmente na atividade de água (Ergun; Lietha; Hartel, 2010). Durante todo o período de

estocagem, os dois produtos apresentaram a_w dentro da faixa esperada para as balas de goma.

Durante todo o período do estudo de estabilidade os produtos apresentaram umidade relativa de equilíbrio (URE) variando entre 72% (tempo zero) e 60% (aos 180 dias). Considerando que a estocagem foi feita a $75,1 \pm 1,3\%$ de UR, a taxa de permeabilidade ao vapor d'água (TPVA) da embalagem utilizada ($0,021 \text{ g água.embalagem}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) seria suficiente para a proteção do produto com relação ao ganho de umidade.

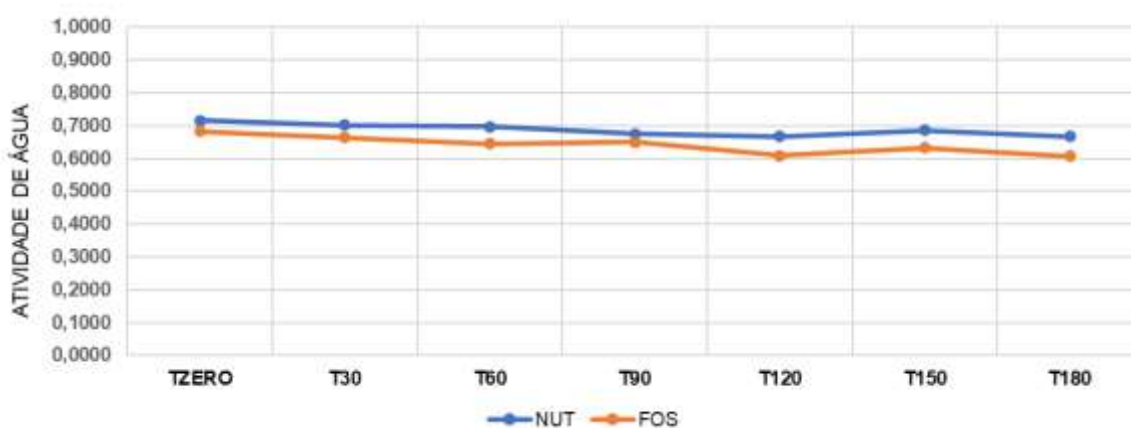


Figura 23. Variações nos teores de atividade de água (a_w) dos suplementos gomosos, durante os 180 dias de estocagem.

Os resultados da análise de textura (teste de punção) (Tabela 9, letras maiúsculas) mostram que os suplementos alimentares contendo Nutriose® FB 06 apresentaram maiores valores de dureza da crosta (N), pegajosidade (N) e adesividade (N.s), durante todo o período estudado. Na Figura 24 observa-se que os suplementos com GOFOS™P95/GL-U tiveram menor variação para esses parâmetros, principalmente a partir dos 30 dias de estocagem.

Os resultados da análise do perfil de textura TPA, apresentados na Tabela 10 e ilustrados na Figura 25, reforçam a tendência já observada de que o suplemento gomoso com GOFOS™P95/GL-U resultou em uma menor variação de textura (Tabela 10, letras minúsculas). Quando comparadas as duas amostras (Tabela 10, letras maiúsculas), observa-se que, de forma geral, elas assemelham-se entre si quanto aos parâmetros de dureza, resiliência e elasticidade. O

suplemento alimentar contendo Nutriose® FB 06 foi o mais coeso durante todo o período de estocagem. Conforme reportado por Guiné *et al.* (2020), a coesão indica o quanto o produto é capaz de manter sua integridade após as duas compressões. Aos 180 dias de estocagem o suplemento com Nutriose® FB 06 era o mais gomoso ($p<0,05$) e a mastigabilidade dos dois suplementos foi similar entre si.

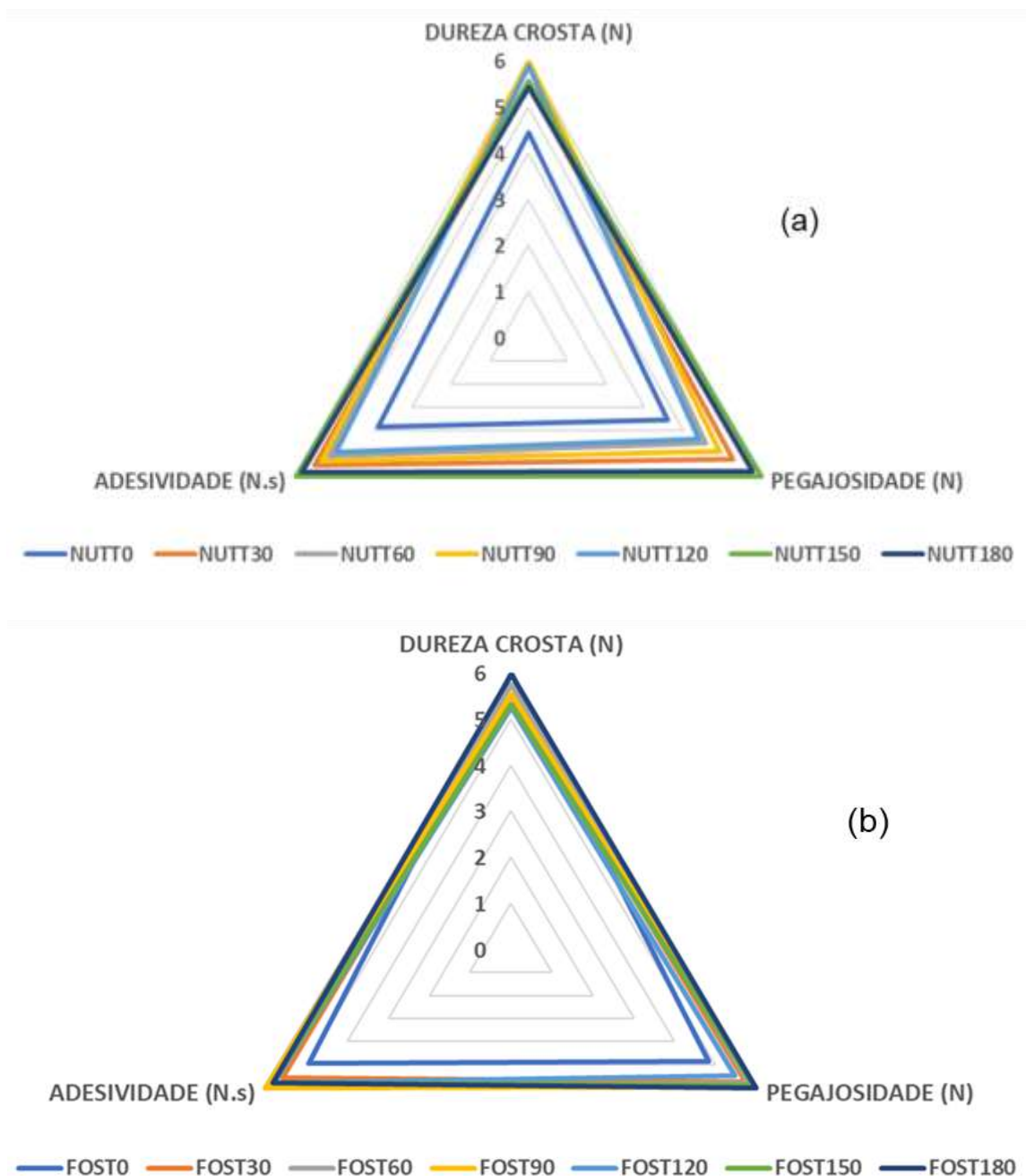


Figura 24. Alterações nos parâmetros de textura (teste de punção) dos suplementos gomosos produzidos com Nutriose® FB 06 (a) e com GOFOS™ P95/GL-U (b), durante os 180 dias de estocagem.

Tabela 10. Perfil de textura (TPA) dos suplementos gomosos, avaliado durante os 180 dias de estocagem.

T ZERO						
Amostras	Dureza (N)	Resiliência (%)	Coesão	Elasticidade (%)	Gomosidade	Mastigabilidade
NUT	26,25 ± 2,53 ^{B, b}	23,74 ± 1,01 ^{A, a}	0,68 ± 0,02 ^{A, a}	82,95 ± 3,52 ^{A, d}	17,88 ± 1,68 ^{B, b}	14,81 ± 1,22 ^{B, c}
FOS	31,23 ± 3,11 ^{A, a}	24,83 ± 1,74 ^{A, a}	0,62 ± 0,03 ^{B, a}	85,97 ± 3,56 ^{A, b}	19,42 ± 1,22 ^{A, a}	16,69 ± 1,08 ^{A, a}
T 30						
Amostras	Dureza (N)	Resiliência (%)	Coesão	Elasticidade (%)	Gomosidade	Mastigabilidade
NUT	31,66 ± 2,76 ^{A, a}	23,60 ± 1,11 ^{B, a}	0,69 ± 0,03 ^{A, a}	83,55 ± 4,54 ^{B, c, d}	21,71 ± 1,47 ^{A, a}	18,14 ± 1,56 ^{A, a, b}
FOS	30,07 ± 2,73 ^{A, a}	24,77 ± 1,22 ^{A, a}	0,62 ± 0,02 ^{B, a}	91,05 ± 2,21 ^{A, a}	18,58 ± 1,55 ^{B, a}	16,92 ± 1,42 ^{A, a}
T 60						
Amostras	Dureza (N)	Resiliência (%)	Coesão	Elasticidade (%)	Gomosidade	Mastigabilidade
NUT	30,99 ± 2,96 ^{A, a}	23,47 ± 1,32 ^{A, a}	0,70 ± 0,03 ^{A, a}	87,60 ± 5,03 ^{A, a, c, d}	21,65 ± 1,55 ^{A, a}	18,97 ± 1,83 ^{A, a, b}
FOS	31,80 ± 3,36 ^{A, a}	24,55 ± 1,82 ^{A, a}	0,62 ± 0,03 ^{B, a}	90,05 ± 2,06 ^{A, a}	19,73 ± 1,79 ^{B, a}	17,76 ± 1,52 ^{A, a}
T 90						
Amostras	Dureza (N)	Resiliência (%)	Coesão	Elasticidade (%)	Gomosidade	Mastigabilidade
NUT	31,45 ± 2,59 ^{A, a}	23,57 ± 1,08 ^{B, a}	0,71 ± 0,02 ^{A, a}	92,89 ± 2,77 ^{A, a}	22,20 ± 1,61 ^{A, a}	20,63 ± 1,72 ^{A, a}
FOS	31,77 ± 5,13 ^{A, a}	25,09 ± 1,98 ^{A, a}	0,62 ± 0,04 ^{B, a}	88,94 ± 1,41 ^{B, a, b}	19,59 ± 2,26 ^{B, a}	17,40 ± 1,85 ^{B, a}
T 120						
Amostras	Dureza (N)	Resiliência (%)	Coesão	Elasticidade (%)	Gomosidade	Mastigabilidade
NUT	31,51 ± 3,05 ^{A, a}	23,78 ± 1,34 ^{B, a}	0,70 ± 0,02 ^{A, a}	91,47 ± 6,02 ^{A, a, b}	22,02 ± 1,77 ^{A, a}	20,14 ± 2,11 ^{A, a}
FOS	31,92 ± 4,22 ^{A, a}	26,36 ± 2,74 ^{A, a}	0,64 ± 0,04 ^{B, a}	88,40 ± 1,70 ^{A, a, b}	20,35 ± 2,70 ^{A, a}	18,01 ± 2,61 ^{A, a}
T 150						
Amostras	Dureza (N)	Resiliência (%)	Coesão	Elasticidade (%)	Gomosidade	Mastigabilidade
NUT	31,83 ± 5,51 ^{A, a}	24,90 ± 1,28 ^{A, a}	0,71 ± 0,02 ^{A, a}	90,58 ± 3,31 ^{A, a, c}	22,45 ± 3,42 ^{A, a}	20,31 ± 3,01 ^{A, a}
FOS	31,53 ± 4,45 ^{A, a}	24,23 ± 1,74 ^{A, a}	0,61 ± 0,03 ^{B, a}	89,87 ± 2,29 ^{A, a}	19,30 ± 2,31 ^{B, a}	17,35 ± 2,12 ^{B, a}
T 180						
Amostras	Dureza (N)	Resiliência (%)	Coesão	Elasticidade (%)	Gomosidade	Mastigabilidade
NUT	29,45 ± 3,37 ^{A, a, b}	24,32 ± 1,72 ^{A, a}	0,69 ± 0,03 ^{A, a}	84,63 ± 8,71 ^{A, b, c, d}	20,39 ± 2,17 ^{A, a, b}	17,26 ± 2,58 ^{A, b, c}
FOS	30,76 ± 4,02 ^{A, a}	23,42 ± 3,92 ^{A, a}	0,58 ± 0,08 ^{B, a}	89,34 ± 2,71 ^{A, a}	17,86 ± 2,68 ^{B, a}	15,94 ± 2,33 ^{A, a}

Diferentes letras minúsculas para a mesma amostra em diferentes tempos de estocagem indicam diferença significativa entre os valores ($p < 0,05$ - Tukey). Diferentes letras maiúsculas para diferentes amostras no mesmo tempo de estocagem indicam diferença significativa entre os valores ($p < 0,05$ - t-Student).

Na Tabela 11 estão apresentadas as temperaturas de transição vítrea (T_g do ponto médio - *midpoint*) dos suplementos gomosos, as quais foram determinadas no início (TZERO), no meio (T90) e ao final (T180) do estudo de estabilidade. Cabe destacar que a transição vítrea pode acontecer em uma faixa de temperatura, no entanto, normalmente é considerada como a temperatura do ponto médio da transição (Hartel; Elbe; Hofberger, 2018).

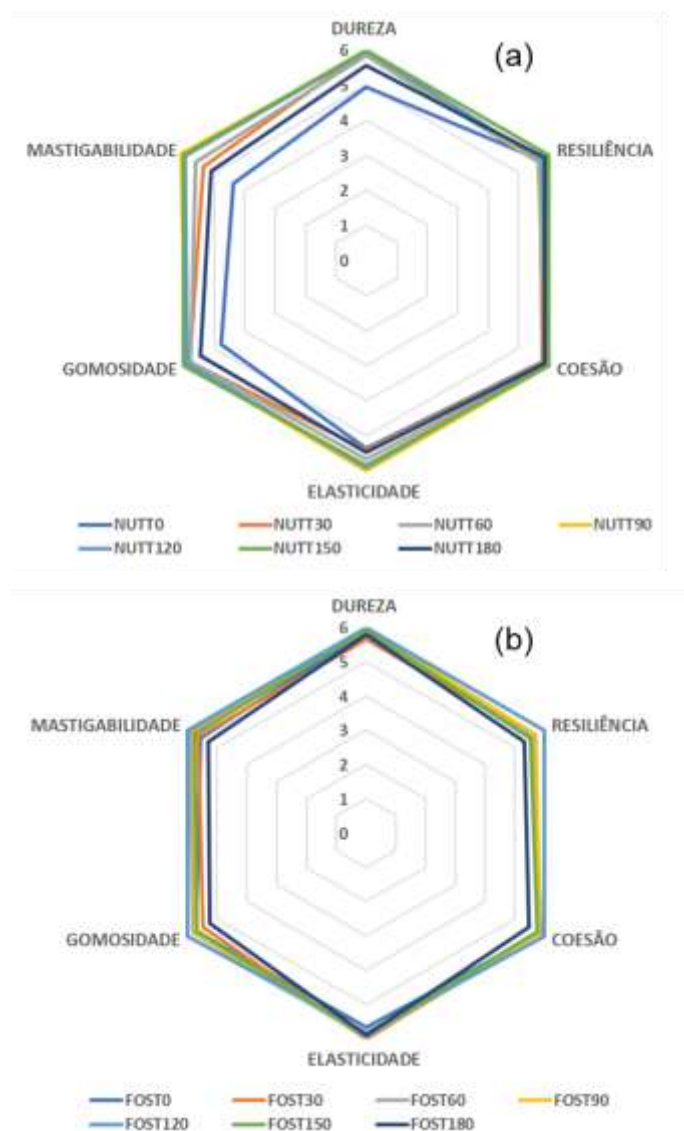


Figura 25. Alterações nos parâmetros do perfil de textura (TPA) dos suplementos gomosos produzidos com Nutriose® FB 06 (a) e com GOFOS™P95/GL-U (b), durante os 180 dias de estocagem.

Tabela 11. Temperatura de transição vítrea (Tg do ponto médio - *midpoint*) dos suplementos gomosos produzidos com Nutriose® FB 06 e GOFOS™P95/GL-U, nos tempos zero, 90 e 180 dias de estocagem.

Amostras	Tg (°C) TZERO	Tg (°C) T90	Tg (°C) T180
Suplemento com Nutriose® FB 06	-28,63 ± 1,00 ^a	-28,96 ± 1,61 ^a	-31,91 ± 2,28 ^a
Suplemento com GOFOS™P95/GL-U	-39,48 ± 0,87 ^b	-45,07 ± 0,28 ^a	-47,34 ± 1,74 ^a

Diferentes letras, numa mesma linha, para uma mesma amostra, em diferentes tempos de estocagem, indicam diferença significativa entre os valores ($p < 0,05$).

A Tg dos produtos estudados se manteve em valores negativos durante todo o período de estocagem, variando entre -28,63 °C a -31,91 °C para o suplemento com Nutriose® FB 06 e entre -39,48 °C a -47,34 °C para o suplemento contendo GOFOS™P95/GL-U (Tabela 11), ou seja, temperaturas bem distantes da temperatura ambiente. Segundo Hartel; Elbe e Hofberger (2018), a perda de umidade de um produto irá elevar sua Tg e, quanto mais ela se aproximar da temperatura ambiente, maior será a sua dureza.

No tempo zero e aos 90 dias de estocagem o suplemento gomoso contendo GOFOS™P95/GL-U possuía um teor de umidade significativamente maior que aquele observado para o produto com Nutriose® FB 06 ($p < 0,05$) (Tabela 9, letras maiúsculas) o que pode ser uma das justificativas para os seus menores valores de Tg (Tabela 11). Aos 180 dias de estocagem, apesar de não haver diferença estatística entre os teores de umidade dos dois produtos, a Tg dos suplementos com GOFOS™P95/GL-U continuou sendo menor, possivelmente devido ao seu baixo grau de polimerização. Ou seja, tanto o teor de umidade dos suplementos, quanto as características de seus ingredientes impactaram na sua temperatura de transição vítrea. Ogródowska *et al.* (2025) ressaltam que a Tg de um polissacarídeo depende do seu grau de polimerização e, de acordo com Hartel; Elbe e Hofberger (2018), quanto menor o peso molecular, menor a Tg, apesar de existirem exceções a esta regra.

Obas *et. al* (2021) determinaram a Tg de 13 amostras comerciais de balas de goma produzidas com diferentes agentes de textura e observaram resultados da Tg do ponto médio variando entre $-44,18^{\circ}\text{C}$ a $-20,58^{\circ}\text{C}$, ressaltando que todos os produtos se encontravam no estado borrachoso amorfo a temperatura ambiente. A maior Tg foi obtida para aquele produto com menor umidade e que continha ingredientes que possuíam maior peso molecular. De acordo com os autores os géis com alto teor de sólidos enquadram-se na classe dos confeitos amorfos, sendo que sua temperatura de transição vítrea tem impacto nas suas características sensoriais.

No presente estudo, os valores de Tg, bem distantes da temperatura ambiente, possivelmente justificam a pequena variação na dureza do perfil de textura TPA e na dureza da crosta (teste de punção), principalmente para o produto contendo GOFOS™P95/GL-U.

Na Tabela 12 estão apresentados os teores de cafeína dos suplementos gomosos durante os 180 dias de estocagem.

Tabela 12. Teor de cafeína dos suplementos gomosos produzidos com Nutriose® FB 06 e GOFOS™P95/GL-U, nos tempos zero, 90 e 180 dias de estocagem.

Amostras	TZERO	T90	T180
Suplemento com Nutriose® FB 06	$0,61 \pm 0,02 \text{ g} / 100\text{g}$ Porção 15 g / 91,5 mg	$0,54 \pm 0,02 \text{ g} / 100\text{g}$ Porção 15 g / 81,0 mg	$0,56 \pm 0,02 \text{ g} / 100 \text{ g}$ Porção 15 g / 84,0 mg
Suplemento com GOFOS™P95/GL-U	$0,58 \pm 0,02 \text{ g} / 100\text{g}$ Porção 15 g / 87,0 mg	$0,49 \pm 0,02 \text{ g} / 100 \text{ g}$ Porção 15 g / 73,5 mg	$0,54 \pm 0,01 \text{ g} / 100 \text{ g}$ Porção 15 g / 81,0 mg

O cálculo da quantidade de cafeína adicionada na formulação dos suplementos foi feito baseado em ensaios preliminares para a determinação do rendimento da massa cozida e, além disso, foi considerada uma sobredosagem de 10% para compensar eventuais perdas de processo. Os resultados analíticos do teor de cafeína do tempo zero, sugerem que o rendimento tenha sido um pouco abaixo do previsto, pois o teor de cafeína esperado, que era de aproximadamente 82,5 mg por porção de 15 g de suplemento foi de 91,5 mg por porção de 15 g para

o suplemento com Nutriose® FB 06 e de 87 mg por porção de 15 g para o suplemento com GOFOS™P95/GL-U. Cabe destacar que o maior teor de cafeína para o suplemento com nutriose também se justificaria devido ao fato da calda ter sido cozida por um tempo maior que a calda com GOFOS™P95/GL-U, de forma a garantir a gelificação da pectina, conforme explicado anteriormente, o que deve ter impactado num menor rendimento de calda cozida.

Entre o tempo zero e os 90 dias de estocagem, o teor de cafeína reduziu para ambos os produtos, no entanto, aos 180 dias observa-se um aumento nos teores de cafeína, possivelmente devido à variação amostral. Cabe destacar que a cafeína foi adicionada desde o início do cozimento justamente para minimizar esse tipo de ocorrência, no entanto, o resultado sugere que esse é um ponto crítico de processo e merece um maior cuidado.

A partir dos 90 dias de estocagem, os produtos ficaram melados, principalmente os suplementos contendo GOFOS™P95/GL-U, sendo que parte da cafeína adicionada estava presente na “mela” observada no fundo das embalagens (Figura 26). Os resultados analíticos mostraram que a “mela” do fundo do pote do produto com Nutriose® FB 06 apresentava 69 mg de cafeína/100 g e a “mela” do pote do produto com GOFOS™P95/GL-U 60 mg de cafeína/100 g.

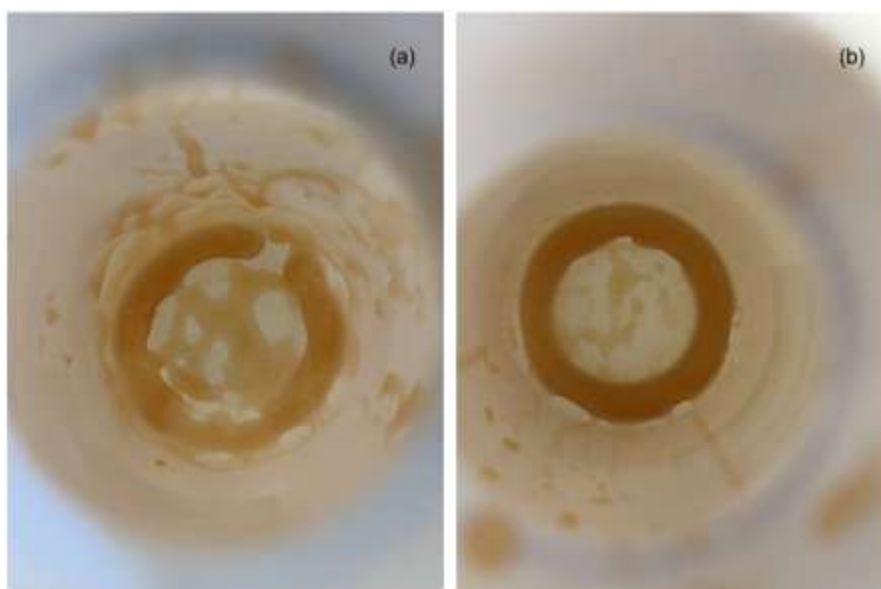


Figura 26. “Mela” residual na embalagem de suplementos alimentares com Nutriose® FB 06 (a) e com GOFOS™P95/GL-U (b).

Figueroa e Genovese (2017) estudaram o impacto da adição de diferentes fontes de fibras em géis de pectina e observaram ausência de sinérese para o produto mais coeso e mais gomoso.

No presente estudo, o produto que apresentou a menor sinérese (observação visual) foi justamente o suplemento com os maiores valores de coesão e gomosidade, ou seja, aquele que continha a Nutriose® FB 06 (Tabela 9).

Hartel; Elbe e Hofberger (2018) destacam que quanto menor o peso molecular, maior o volume livre e menor o empacotamento. Possivelmente isso justifique a menor coesão ($p < 0,05$) para os produtos com GOFOS™P95/GL-U (menor grau de polimerização). Seria importante avaliar, em trabalhos futuros, se o uso de um FOS com maior grau de polimerização resultaria em um produto mais coeso e com menor sinérese. O FOS utilizado era obtido da sacarose e, de acordo com a literatura citada anteriormente, pode apresentar um grau de polimerização de 3 a 5. Existem produtos no mercado, obtidos a partir da inulina, com grau de polimerização entre 2 a 9.

A manutenção do teor de cafeína observada neste estudo alinha-se à pesquisa de Hecimović *et al.* (2011), que evidencia a estabilidade deste composto bioativo mesmo sob torrefação do grão de café (200 a 240 °C), quantificado também por HPLC, sendo mencionado como método de referência por sua alta seletividade e confiabilidade. Da mesma forma, o presente estudo confirmou a estabilidade deste composto bioativo durante o processo de fabricação dos suplementos alimentares, até os seus 180 dias de estocagem, atendendo o teor mínimo exigido pela IN Nº 28 (Brasil, 2018a) (75 mg de cafeína por porção de consumo). No entanto, a sobredosagem de 10% de cafeína poderia ter sido menor.

Na Figura 27 estão apresentados os produtos durante o período de 180 dias do estudo de estabilidade, os quais, apesar da mela superficial, mantiveram suas estruturas íntegras.

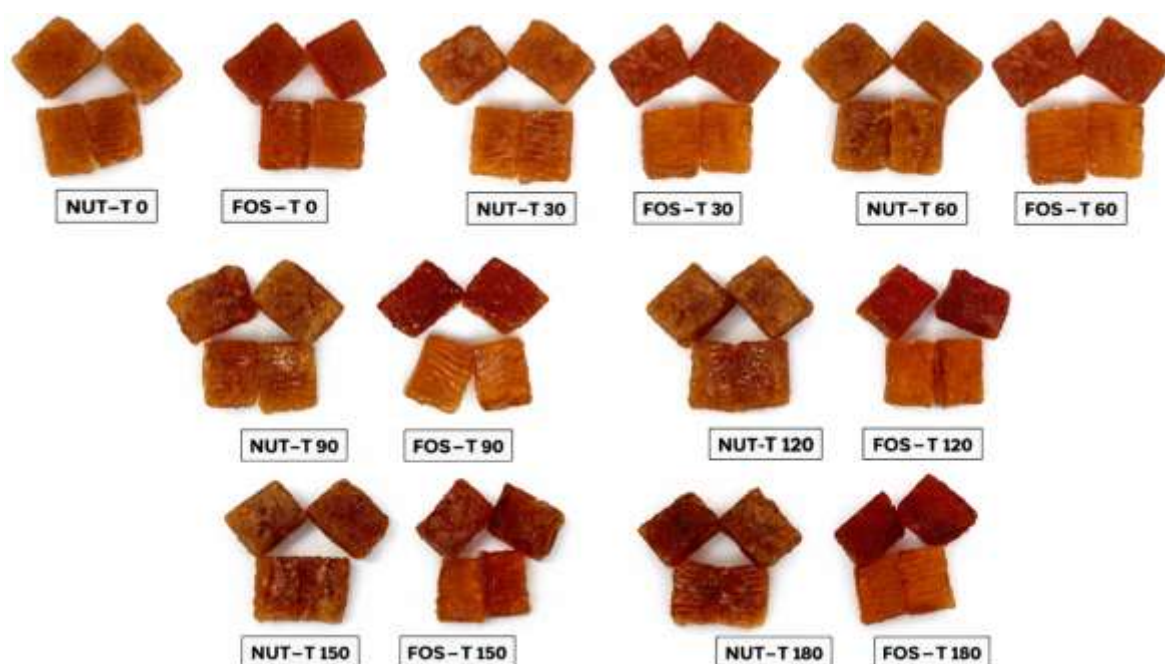


Figura 27. Aspecto dos suplementos alimentares gomosos e veganos, de cafeína e fonte de fibras alimentares, durante 180 dias de estocagem.

5.4 Elaboração da informação nutricional e identificação de alegações autorizadas para uso no suplemento alimentar desenvolvido

De acordo com a RDC N° 243 (Brasil, 2018b) e IN N° 28 (Brasil, 2018a), os dois produtos atenderam aos requisitos mínimos estabelecidos para enquadramento como suplementos alimentares de cafeína e fonte de fibras alimentares.

A tabela de informação nutricional (Figura 28) dos suplementos alimentares foi elaborada considerando os teores de umidade e de cafeína determinados analiticamente aos 180 dias de estocagem. Para os demais nutrientes foi feito o cálculo indireto, a partir das fichas técnicas dos ingredientes, disponibilizadas pelos fornecedores, conforme previsto pela RDC N° 429 (Brasil, 2020b).

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL - NUTRIOSE		
Porções por embalagem: 10		
Porção: 15 g (3 unidades)		
	15g	%VD
Valor energético (kcal)	29	1
Carboidratos (g)	4,4	1
Açúcares totais (g)	0	
Açúcares adicionados (g)	0	0
Proteínas (g)	0	0
Gorduras totais (g)	0	0
Gorduras saturadas (g)	0	0
Gorduras trans (g)	0	0
Fibras alimentares (g)	6,3	25
Sódio (mg)	10	0
Cafeína (mg)	84	
* Percentual de valores diários fornecidos pela porção.		

(a)

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL - FOS		
Porções por embalagem: 10		
Porção: 15 g (3 unidades)		
	15g	%VD
Valor energético (kcal)	27	1
Carboidratos (g)	3,7	1
Açúcares totais (g)	0,4	
Açúcares adicionados (g)	0,4	1
Proteínas (g)	0	0
Gorduras totais (g)	0	0
Gorduras saturadas (g)	0	0
Gorduras trans (g)	0	0
Fibras alimentares (g)	7,2	29
Sódio (mg)	11	1
Cafeína (mg)	81	
* Percentual de valores diários fornecidos pela porção.		

(b)

Lista de ingredientes: Fibra alimentar (GOFOS™P95/GL-U ou Nutriose® FB 06), xarope de maltitol, maltitol, eritritol, extrato de guaraná, pectina, concentrado de maçã, cenoura e hibisco, acidulante ácido cítrico, aromatizante e glicosídeo de esteviol.

Figura 28. Tabela de informação nutricional e lista de ingredientes do suplemento alimentar gomoso e vegano, de cafeína e fonte de fibras alimentares Nutriose® FB 06 (a) e GOFOS™P95/GL-U (b).

De acordo com a IN Nº 28 (Brasil, 2018a), todos os suplementos alimentares devem de forma obrigatória comunicar as frases de alerta de “Este produto não é um medicamento”, “Não exceder a recomendação diária de consumo indicada na

embalagem”, Mantenha fora do alcance de crianças” e devido a presença da cafeína, a rotulagem dos produtos desenvolvidos precisa comunicar também, a seguinte advertência: “Este produto não deve ser consumido por gestantes, lactantes e crianças” e indicar que o produto é direcionado ao público ≥ 19 anos.

Na porção de 15 g dos suplementos alimentares, o teor de poliol é de aproximadamente 3 g, ou seja, inferior aos limites estabelecidos para a obrigatoriedade da advertência “Este produto pode ter efeito laxativo”, conforme descrito na RDC N° 715 (Brasil, 2022). Esse resultado evidencia que a formulação segue uma abordagem de adição controlada de poliois, minimizando o risco de efeitos gastrointestinais adversos, mediante o consumo da porção recomendada.

De acordo com a IN N° 28 (Brasil, 2018a) e RDC N° 715 (Brasil, 2022) as alegações que os suplementos alimentares desenvolvidos podem utilizar são:

- “a cafeína auxilia no aumento do estado de alerta e na melhora da concentração”;
- “fonte de fibras alimentares” por apresentarem teor de fibra acima de 5,7 g por porção de consumo (15 g);
- “as fibras alimentares auxiliam no funcionamento do intestino”;
- para o suplemento alimentar contendo Nutriose® FB 06: “sem adição de açúcares” ou “*diet*”, por não conter açúcares adicionados, não conter ingredientes que contenham açúcares adicionados; não conter ingredientes que contenham naturalmente açúcares e que sejam adicionados aos alimentos como substitutos dos açúcares para fornecer sabor doce e não ter sido utilizado nenhum meio durante o processamento, tal como o uso de enzimas, que possa aumentar o conteúdo de açúcares no produto final;

Esclarecimento: o extrato de cafeína possui em sua composição 2,2 g de açúcar adicionado, proveniente da presença de maltodextrina. Em 15 g do suplemento alimentar tem-se 0,0089 g de açúcares adicionados e, de acordo com as regras de arredondamento da IN N° 75 (2020a), esse valor é expresso como zero na tabela nutricional.

- para o suplemento alimentar contendo GOFOS™P95/GL-U: “baixo teor de açúcar”, uma vez que cumpre os critérios de composição de não apresentar quantidades de açúcares adicionados iguais ou superiores a 15 g por 100 g de produto e de conter menos que 5 g de açúcares por 50 g ou mL, para porções de referência menores ou iguais a 30 g ou mL e por embalagem individual.

Esclarecimento: a fibra GOFOS™P95/GL-U possui 4,3 g por 100 g de açúcares adicionados, portanto, 0,4 g de açúcares adicionados em 15 g do suplemento alimentar.

Os suplementos desenvolvidos no presente estudo não contêm ingredientes de origem animal e não foram realizados testes em animais, no entanto, não existe a garantia de que os fornecedores de ingredientes e matérias primas também não realizaram esses tipos de testes. De qualquer forma, é provável que os suplementos desenvolvidos cumpram os requisitos para uso do selo de certificação de produto vegano.

De acordo com a RDC Nº 243 artigo 10 (Brasil, 2018b), para o lançamento de um suplemento alimentar tem-se que:

- *“os suplementos alimentares devem ser desenvolvidos e produzidos de forma a assegurar a manutenção das suas características até o final do prazo de validade, considerando as instruções de conservação e o modo de preparo indicados pelo fabricante; em seu inciso 1º “As condições estabelecidas devem ser garantidas por meio de estudos de estabilidade e controles de qualidade”;*

- Inciso 2º *“a sobredosagem é permitida, desde que o produto tal como exposto à venda não ultrapasse as quantidades máximas estabelecidas no Anexo IV da IN Nº 28 (Brasil, 2018a).*

De acordo com a manutenção das características do produto ao longo do tempo, conforme exigido pelo Art. 10 da RDC nº 243/2018, os resultados do estudo de estabilidade indicaram a manutenção dos teores de cafeína durante o período de 180 dias, garantindo a conformidade com as alegações nutricionais, mas em

virtude da ocorrência da mela superficial, o prazo de validade dos produtos desenvolvidos seria de 90 dias.

6. CONCLUSÕES

No desenvolvimento da formulação do suplemento alimentar o teor de umidade do produto foi significativamente influenciado pelas concentrações de xarope de maltitol e da fibra Nutriose® FB 06, sendo que o uso de 20% do poliol e 40% da fibra (ensaio do ponto central do delineamento experimental), resultou em produtos com teores de umidade mais próximos aos de uma bala de pectina comercial, produzida com açúcares. Além disso, o ensaio do ponto central apresentou os menores valores de atividade de água e, de forma geral, a textura do suplemento sem sacarose e sem xarope de glicose foi menos dura, menos adesiva e com pegajosidade similar a do produto contendo açúcares.

O estudo de secagem mostrou que tanto o aumento da temperatura, quanto do tempo de processo, reduziu a umidade e a atividade de água dos suplementos alimentares, mas, por outro lado, aumentaram a dureza da crosta, a pegajosidade e a adesividade (teste de punção) dos produtos. Quanto ao perfil de textura (TPA), os parâmetros menos afetados em função das variáveis estudadas foram a resiliência, a coesão e, principalmente, a elasticidade. As condições de secagem que resultaram em produtos com as características de dureza, gomosidade e mastigabilidade mais próximas às da bala de pectina comercial foram 40 °C por 48 horas e 40 °C por 28 horas sendo, portanto, indicado o uso de 28 horas para um menor gasto energético.

Durante os 180 dias de estocagem o suplemento contendo GOFOS™P95/GL-U apresentou teor de umidade estável e menor atividade de água, possivelmente devido ao seu menor grau de polimerização. O uso desta fibra ainda resultou em suplementos com parâmetros de textura mais estáveis, assim como com as menores temperaturas de transição vítrea (Tg). Os produtos apresentaram mela a partir dos 90 dias de estocagem, principalmente os suplementos contendo GOFOS™P95/GL-U. Possivelmente o uso de um frutooligossacarídeo com maior grau de polimerização pudesse resultar em um produto mais coeso e minimizar a ocorrência da sinérese.

O estudo confirmou a estabilidade da cafeína até 180 dias de estocagem, atendendo o teor mínimo exigido pela IN Nº 28 (Brasil, 2018a) (75 mg de cafeína por porção de consumo). Porém o prazo de validade comercial fica restrito a 90 dias, devido a ocorrência da mela superficial. Entretanto, os suplementos desenvolvidos podem ser considerados bons veículos para garantir a entrega deste composto bioativo.

7. REFERÊNCIAS

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Guia para comprovação da segurança de alimentos e ingredientes. Guia Nº 23, versão 1, de 23 de julho de 2019. Brasília: ANVISA, 2019. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/guias>>. Acesso em: 12 de janeiro de 2026.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Justificativa de limites de suplementos. Consulta Pública Nº 457 de 2017. Disponível em: <https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3898888/Justificativa_Limites_Suplementos+-+CP+457-2017/ac372a4a-43ba-4721-bf3c-bd3c1ce60f81>. Acesso em: 12 de janeiro de 2026.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Perguntas e Respostas de Suplementos Alimentares: regulamento técnico. Brasília: ANVISA, 2018. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 12 de janeiro de 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS PARA FINS ESPECIAIS - ABIAD. Pesquisa de Mercado - Suplementos alimentares. 2020. Disponível em: <<https://abiad.org.br/pesquisa-de-mercado-suplementos-alimentares/>>. Acesso em: 16 de set. de 2024.

ASTM INTERNATIONAL. **ASTM D4279-95**: standard test methods for water vapor transmission of shipping containers - constant and cycle methods. West Conshohocken, 2021. 3 p.

BARBOSA-CÁNOVAS, V.; FONTANA JUNIOR, J.; SCHMIDT, J.; LABUZA, P. (ed.). Water activity in foods: fundamentals and applications. Ames: Blackwell Publishing; Institute of Food Technologists (IFT Press), 2007.

BHB FOOD. Mercado vegano deve ultrapassar US\$36,3 bilhões até 2030. Disponível em: <<https://bhbfood.com/noticias/mercado-vegano-deve-ultrapassar-us-363-bilhoes-ate-2030/>>. Acesso em: 12 de janeiro de 2026.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa IN Nº 28, de 26 de julho de 2018. Estabelece as listas de constituintes, de limites de uso, de alegações e de rotulagem complementar dos suplementos alimentares. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 27 de jul. 2018a. Seção 1, p. 141.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC Nº 243, de 26 de julho de 2018. Requisitos sanitários dos suplementos alimentares. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 27 jul. 2018b. Seção 1, p. 100.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa IN Nº 75, de 8 de outubro de 2020. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 9 de out. 2020a. Seção 1, p. 113-124.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC Nº 429, de 8 de outubro de 2020. Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 9 de out. 2020b. Seção 1, p. 106-110.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC Nº 715, de 1 de julho de 2022. Dispõe sobre os requisitos sanitários do sal hipossódico, dos alimentos para controle de peso, dos alimentos para dietas com restrição de nutrientes e dos alimentos para dietas de ingestão controlada de açúcares. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 1 de jul. 2022. Seção 1, p. 186 -188.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria Nº 1.409, de 15 de dezembro de 2023. Aprova a Agenda Regulatória da Anvisa para o biênio 2024-2025. Diário Oficial da União. Edição: 239, Seção 1, p. 148.

CALISTA, S.; ROMULO, A. Physicochemical and Sensory Evaluation of Lotus Root Jelly Candy Formulated with Allulose and Pectin. 9th International Conference on Eco Engineering Development 2025 (ICEED 2025). IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1564 (2025) 012025. IOP Publishing. Doi:10.1088/1755-1315/1564/1/012025.

CARDOSO, B. B.; AMORIM, C.; SILVÉRIO, S. C.; RODRIGUES, L. R. Chapter Two - Novel and emerging prebiotics: Advances and opportunities. **Advances in Food and Nutrition Research**, v.95, 41-95 p., 2021.

CRUZ-REQUENA, M.; ESCOBEDO-GARCÍA, S.; SALAS-TOVAR, J. A.; MORACURA, Y.; CHÁVEZ-GONZÁLES, M. L.; CASTILLO-REYES, F.; FLORES-GALLEGOS, A. C.; RODRÍGUEZ-HERRERA, R. Definitions and regulatory perspectives of dietary fibers. in: Galanakis, C. M. (Ed.). Dietary Fiber: Properties, Recovery, and Applications. 1st. ed. [s.l.]: Academic Press, p. 1–25, 2019.

CUNDELLI, T. 2024. Microbiological Attributes of Chewable Gels (Gummies). Article. **American Pharmaceutical Review**, v.27, N. 5, 8–12 p. 2024.

CSIMA, G.; VÁRVÖLGYI, E.; VOZÁRY, H. E., Effect of non-ideal storage conditions on candy gum quality. Article. **International Conference of Agricultural Engineering**. 2014.

DAMODARAN, S., PARKIN, K. I., & FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. (4 ed.). Porto Alegre. 2010. ISBN-13 978-8536322483.

DELGADO, P.; BAÑÓN, S. Determining the minimum drying time of gummy confections based on their mechanical properties. **CyTA - Journal of Food**, v.13, n.3, p. 329-335, 2015. Doi: 10.1080/19476337.2014.974676.

DELGADO-DURÁN, R.; ANTONIO-PÉREZ, A.; ESPEÓN-CARREÓN, J.; MÉNDEZ-GUERRERO, O. E.; SAUCEDO, S. V.; RIVERO-ARANDA, R. E.; TORRES-HUERTA, A. L. Formulating Chayote-Enriched Gummy Candies:

Balancing Nutrition and Taste for a Delightful Alternative, **Food Chemistry Advances**, v.6, 100902, 2025. Doi: 10.1016/j.focha.2025.100902.

DJAOUDENE, O.; ROMANO, A.; BRADAI, Y. D.; ZEBIRI, F.; OUCHENE, A.; YOUSFI, Y.; AMRANE-ABIDER, M.; SAHRAOUI-REMINI, Y.; MADANI, K. A Global Overview of Dietary Supplements: Regulation, Market Trends, Usage during the COVID-19 Pandemic, and Health Effects. **Nutrients**, 15, 3320, 2023. Doi: 10.3390/nu15153320.

ERGUN, R.; LIETHA, R.; HARTEL, R.W. Moisture and shelf life in sugar confections. **Critical reviews in food science and nutrition**, v.50, n.2, p. 162-192, 2010. Doi: 10.1080/10408390802248833.

FIGUEROA, L. E.; GENOVESE, D. B. Pectin Gels Enriched with Dietary Fibre for the Development of Healthy Confectionery Jams. **Food Technology & Biotechnology**, v. 56, n. 3, p. 441 – 453, 2017. Doi: 10.17113/ftb.56.03.18.5641.

GANATRA, P.; JYOTHISH, L.; MAHANKAL, V.; SAWANT, T.; DANDEKAR, P.; JAIN, R. Drug-loaded vegan gummies for personalized dosing of simethicone: A feasibility study of semi-solid extrusion-based 3D printing of pectin-based low-calorie drug gummies. **International Journal of Pharmaceutics**. 651, 123777, 2024. Doi: 10.1016/j.ijpharm.2024.123777.

GUINÉ, R. P. F., CORREIA, P. M. R., REIS, C., FLORENÇA, S. G. Evaluation of texture in jelly gums incorporating berries and aromatic plants. **Open Agriculture**, v. 5, n. 1, p. 450-461, 2020.

GÓMEZ-LLORENTE, H.; ORTOLÁ, M. D.; FERNÁNDEZ-SEGOVIA, I.; BARAT, J. M.; PÉREZ-ESTEVE, É. Reformulating gummy candies with carob flour: A nutritional strategy to enhance bioactive compounds and functional properties. **Food Hydrocolloids for Health**, 9, 100262, 2026. Doi: 10.1016/j.fhfh.2025.100262.

GORJANOVIĆ, S.; ZLATANOVIĆ, S.; LALIČIĆ-PETRONIJEVIĆ, J.; DODEVSKA, M.; MICIĆ, D.; STEVANOVIĆ, M.; PASTOR, F. Enhancing composition and

functionality of jelly candies through apple and beetroot pomace flour addition. **npj Science of Food**, 8:85, 2024. Doi: 10.1038/s41538-024-00323-5.

HARTEL, R. W.; ELBE, J. H. V.; HOFBERGER, R. Confectionery Science and Technology. Springer International Publishing, Cham (2018). p. 329-359. E-book. Doi: 10.1007/978-3-319-61742-8.

HECIMOVIĆ, I.; BELŠČAK-CVITANOVIĆ, A.; HORZIC, D.; KOMES, D. Comparative study of polyphenols and caffeine in different coffee varieties affected by the degree of roasting. Food Chemistry, v. 129, n. 3, p. 991-1000, 2011. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.05.059.

HIMAT, A. S.; GAUTAM, S.; CHAVEZ GARCIA, J. P.; VIDRIO-SAHAGÚN, A. X.; LIU, Z.; BRESSLER, D.; VASANTHAN, T. Starch-based novel ingredients for low glycemic food formulation. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, v. 26, 100275, 2021. Doi: 10.1016/j.bcdf.2021.100275.

HONDA, M., TAKEZAKI, D., TANAKA, M. FUKAYA, M., GOTO, M. Effect of Roasting Degree on Major Coffee Compounds: A Comparative Study between Coffee Beans with and without Supercritical CO₂ Decaffeination Treatment. **Journal of Oleo Science**, v. 71, n. 10, p. 1541-1550, 2022. Doi: 10.5650/jos.ess22194.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS – ITAL. Brasil Food Trends 2020. São Paulo: ITAL/FIESP, 2010. 173 p. Disponível em: <<https://ital.agricultura.sp.gov.br/documento/brasilfoodtrends>>. Acesso em: 17 set. 2024.

INTERNATIONAL SCIENTIFIC ASSOCIATION FOR PROBIOTICS AND PREBIOTICS – ISAPP. Understanding Prebiotics and Fiber. Disponível em: <<https://isappscience.org/wp-content/uploads/2019/04/Prebiotic-Fiber-Infographic-Final.pdf>>. Acesso em: 13 de maio de 2025.

JAIME, S. B. M.; ALVES, R. M. V.; BÓCOLI, P. F. J. Moisture and oxygen barrier properties of glass, PET and HDPE bottles for pharmaceutical products. **Journal of**

Applied Polymer Science, v.138, n.45, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2022.103330>.

KARUPPUCHAMY, V.; HELDMAN, D. R.; SNYDER, A. B. A review of food safety in low-moisture foods with current and potential dry-cleaning methods. **J. Food Sci.**, v. 89, p. 793–810, 2024. Doi: 10.1111/1750-3841.16920.

KASHIWAKURA, Y.; SOGABE, T.; HIYAMA, Y.; ARAKAWA, N.; FUJII, T.; TOCHIO, T.; KAWAI, K. Prediction and control of glass transition temperature for hydrogenated starch hydrolysates and its impact on the texture modification of gummy. **Food Hydrocolloids**, v. 126, 107467, 2022. Doi: 10.1016/j.foodhyd.2021.107467.

KHERADE, M.; SOLANKE, S.; TAWAR, M.; WANKHEDE, S. Fructooligosaccharides: A comprehensive review. **Journal of Ayurvedic and Herbal Medicine**, v. 7, n. 3, p. 193-200, 2021. Doi: 10.31254/jahm.2021.7305.

LABUZA, T.P., MCNALLY, L., GALLAGHER, D., HAWKES, J., HURTADO, F. Stability of Intermediate Moisture Foods. 1. Lipid Oxidation. **Journal of Food Science**, 37, p. 154-159, 1972.

LEFRANC-MILLOT, M. Nutriose® 06: a useful soluble dietary fibre for added nutritional value. **Nutrition Bulletin**, v. 33, p. 234–239, 2008. Doi: 10.1111/j.1467-3010.2008.00711.x.

LEES, R.; JACKSON, E. B. Sugar Confectionery and Chocolate Manufacture (1992), Springer New York, NY. p. 226-265, ISBN 978-1-4684-1495-0. Doi: 10.1007/978-1-4684-1495-0.

LIANG, W.; LIAO, J.; QI, J.; JIANG, W.; YANG, X. Physicochemical characteristics and functional properties of high methoxyl pectin with different degree of esterification. **Food Chemistry**, v. 375, 131806, 2022. Doi: 10.1016/j.foodchem.2021.131806.

LI, F.; MUHMOOD, A.; AKHTER, M.; GAO, X.; SUN, J.; DU, Z.; WEI, Y.; ZHANG, T.; WEI, Y. Characterization, health benefits, and food applications of enzymatic

digestion- resistant dextrin: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 253, 126970, 2023. Doi: 10.1016/j.ijbiomac.2023.126970.

LUCAS-GONZÁLEZ, R.; ALBERT-BERMEJO, A.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; VIUDA-MARTOS, M. Fortified Gummy Candies Containing Orange Peel Extract: Polyphenol Profile, Bioaccessibility and Antioxidant Potential During In Vitro Gastrointestinal Digestion. **Applied Sciences**, v. 15, p. 11795, 2025. Doi: 10.3390/app152111795.

MARINGKA, C. T.; PUTRA, A. B. N.; LO, D. Development of gummy candy with polydextrose, isomalto-oligosaccharides, fructo-oligosaccharides, and xylitol as sugar replacers. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 35, 100881, 2024. Doi: 10.1016/j.ijgfs.2024.100881.

MARINGKA, C. T.; LO, D.; INDRAWANTO, R. Sucrose and glucose reduction using fructooligosaccharides and xylitol in pectin jelly candy. **BIO Web of Conferences** **98**, 06002, EDP Sciences, 2024. Doi: 10.1051/bioconf/20249806002.

MARTEAU, P.; GUERIN-DEREMAU, L.; WILS, D.; CAZAUBIEL, M.; HOUSEZ, B. Short-term digestive tolerance of high-dose of NUTRIOSE®FB10 in adult. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 62, n. 2, p. 97-101, 2011. Doi: 10.3109/09637486.2010.511166.

MIRA, G. S.; GRAF, H.; MARY, L.; Cândido, B. Visão retrospectiva em fibras alimentares com ênfase em beta-glucanas no tratamento do diabetes. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 45, n. 1, p. 11–20, 2009. Doi: 10.1590/S1984-82502009000100003.

OBAS, F.; LEE, S.; THOMAS, L. C.; SCHMIDT, S. J. Characterization and categorization of commercial confectionary gels through napping-ultra flash profile (UFP) and hierarchical clustering analysis. **J. Food Sci.**, v. 86, n. 6, p. 1–16, 2021. Doi: 10.1111/1750-3841.15764.

O'DONNELL, K., KEARSLEY, M. W (Ed.). *Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology*. 2. ed. John Wiley & Sons, 2012. 490 p.

OGRODOWSKA, D.; KONOPKA, I. Z.; DABROWSKI, G.; PIŁAT, B.; WARECHOWSKI, J.; DAJNOWIEC, F.; TANSKA, M. Impact of Wall Material Composition (Maltodextrin vs. Inulin vs. Nutriose) and Mulsion Preparation System (Nano- vs. Microemulsion) on Properties of Spray-Dried Linseed Oil. **Molecules**, v. 30, 171. 2025. Doi: 10.3390/molecules30010171.

PADULA, M. Segurança & assuntos regulatórios. *Brasil Pack Trends 2020: tendências de embalagens no Brasil em 2020*. 1. ed. Campinas: ITAL, 2012. Recurso eletrônico. 207.

PARADY, T. E.; VARDE, N. Soluble Fiber for Healthier Confectionery. **The Manufacturing Confectioner**, v. 89, n. 6, p. 51–61, 2009.

PINHO, L. S.; SILVAI, M. P.; THOMAZINI, M.; COOPERSTONE, J. L.; CAMPANELLA, O. H.; RODRIGUES, C. E. DA C.; FAVARO-TRINDADE, C. S. Guaraná (*Paullinia cupana*) by-product as a source of bioactive compounds and as a natural antioxidant for food applications. **Journal of Food Process and Preservation**, p. 1-13, 00e15854, 2021. Doi: 10.1111/jfpp.15854.

PUCH, N.; BOBADILLA, M.; BOUTIN, B. Advancements in Gummies. 73rd PMCA Production Conference, 2019. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgicfindmkaj/https://pmca.com/wordpress/wp-content/uploads/2020/06/2019_008.pdf>. Acesso em: 14 de janeiro de 2026.

POCAN, P.; KAYA, D.; MERT, B.; OZTOP, M. H. Determination of the best drying conditions for gelatin based candies. **Gida the Journal of Food**, v. 46, n. 2, 279-295 p., 2021. Doi: 10.15237/gida.GD20093.

RAUT, S. B.; NEMADE, L. S.; GAVADE, A. E. Gummy-Based Drug Delivery Systems: A Novel Approach for Oral Formulations. **International Journal of Innovative Science and Research Technology**, v. 11, n. 1, p. 539-545, 2026. Doi: 10.38124/ijisrt/26jan270.

REDDY, V., S.; SHIVA, S.; MANIKANTAN, S.; RAMAKRISHNA, S. Pharmacology of caffeine and its effects on the human body. **European Journal of Medicinal Chemistry Reports**, v. 10, 100138, 2024. Doi: 10.1016/j.ejmcr.2024.100138.

RIEDEL, R.; BÖHME, B; ROHM, H. Development of formulations for reduced-sugar and sugar-free agar-based fruit jellies. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 50, p. 1338-1344, 2015. Doi: 10.1111/ijfs.12787.

ROOS, Y.; H. Phase and state transitions in dehydration of biomaterials and foods. In: **Dehydration of Products of Biological Origin**, ed. A.S. Mujumdar, p. 3–22, 2004. Enfield: Science Publishers.

ROTURIER, J. M.; LOOTEN, Ph; OSTERMANN, E. Dietary fiber measurement in food containing NUTRIOSE®FB 06 by Enzymatic-gravimetric-HPLC method. ROQUETTE Frères, 2008. Disponível em: <https://www.biogreenscience.com/file/clinical/fibrenize/2_Poster_DietaryHPLC_method_2004.pdf>. Acesso em 13 de junho de 2025.

SCHIMPL, F.C.; SILVA, J.F.; GONÇALVES, J.F.C.; MAZZAFERA, P. Guarana: Revisiting a highly caffeinated plant from the Amazon **Journal of Ethnopharmacology**, v. 150, p. 14-31, 2013. Doi: 10.1016/j.jep.2013.08.023.

SINGLA, V.; CHAKKARAVARTHI, S. Applications of prebiotics in food industry: A review. **Food Science and Technology International**, v. 23, n. 8, p. 649–667, 2017. Doi: 10.1177/1082013217721769.

SOCIEDADE VEGETARIANA BRASILEIRA - SVB. Mercado Vegano. Disponível em: <<https://svb.org.br/vegetarianismo-e-veganismo/mercado-vegano/>>. Acesso em: 12 de janeiro de 2026.

SUDHARSAN, M. B.; ZIEGLER, G. R.; DUDA, J. L. Modelling diffusion of moisture during Stoving of starch-molded confections. **Food and Bioproducts Processing**, v. 82, n. 1, p. 60–72, 2004. Doi: 10.1205/096030804322985335.

TARAH, M.; TAHMOUZI, S.; KIANIANI, M. R.; EZZATI, S.; HEDAYATI, S.; NIAKOUSARI, M. Current Innovations in the Development of Functional Gummy Candies. **Foods**, v. 13, p. 76, 2024. Doi: 10.3390/foods13010076.

TFOUNI, S. A. V.; CAMARGO, M. C. R.; VITORINO, S. H. P.; MENEGÁRIO, T. F.; TOLEDO, M. C. F. Contribuição do guaraná em pó (*Paullinia cupana*) como fonte

de cafeína na dieta. **Revista de Nutrição**, v. 20, n. 1, p. 63-68, 2007. Doi: 10.1590/S1415-52732007000100007.

THAKUR, B. R.; SINGH, R. K.; HANDA, A. K.; RAO, M. A. Chemistry and uses of pectin — A review, **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 37, n. 1, p. 47-73, 1997. Doi: 10.1080/10408399709527767.

THOTA, N.; SINGH, C. N.; ALZHRANI, K. J.; KALE, R.; DWIVEDI, M.; MISRA, N. N. Lowering added sugar and increasing fibre in croissants using short-chain fructooligosaccharides (sc-FOS). **Food Hydrocolloids**, v. 150, 109761, 2024. Doi: 10.1016/j.foodhyd.2024.109761.

VELÁSQUEZ, N. S.; PEÑAFIEL, V. C.; MARCOS, R. V. Can caffeine improve your performance? Psychophysiological effects – A systematic review. **Nutrición Hospitalaria**, v. 41, n. 3, p. 677-685, 2024. Doi: 10.20960/nh.04820.

WANG, S.; FANG, Y.; XU, Y.; ZHU, B.; PIAO, J.; ZHU, L.; YAO, L.; LIU, K.; WANG, S.; ZHANG, Q.; QIN, L.; WU, J. The effects of different extraction methods on physicochemical, functional and physiological properties of soluble and insoluble dietary fiber from *Rubus chingii* Hu. fruits. **Journal of Functional Foods**, v. 93, 105081, 2022. Doi: 10.1016/j.jff.2022.105081.

WŁODARCZYK, M.; ŚLIŻEWSKA, K. Efficiency of resistant starch and dextrins as prebiotics: A review of the existing evidence and clinical trials. **Nutrients**, v. 13, 3808, p. 1-26, 2021. Doi: 10.3390/nu13113808.

WOODBURY, T.; MAUER, L. J. Oligosaccharide Structures, Functions and Opportunities for Use in Reduced Sugar. **The Manufacturing Confectioner**, v. 100, n. 6, p. 27–37, 2020.

WU, X.; ZHANG, J.; YAN, X.; WU, X.; ZHANG, Q.; LUAN, M. An In-Depth Overview of the Structural Properties, Health Benefits, and Applications of Resistant Dextrin. **Journal of Food Processing and Preservation**, 8055063, p. 1-14, 2024. Doi: 0.1155/2024/8055063.