



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE CEREAL
MATINAL DE TAPIOCA E FOLHAS DE ESTÉVIA
(*Stevia rebaudiana*)**

LUANA CRISTINA SILVA DE SOUSA

Maringá

2022

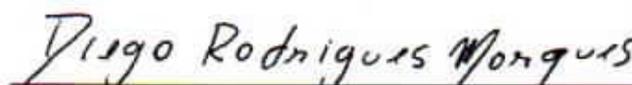
LUANA CRISTINA SILVA DE SOUSA

**"DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE CEREAL MATINAL DE
TAPIOCA E FOLHAS DE ESTÉVIA (*Stevia rebaudiana*)".**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos, para obtenção do grau de Mestre em Ciência de Alimentos.



Profa. Dra. Grasielle Scaramal Madrona



Prof. Dr. Diego Rodrigues Marques



Prof. Dr. Antonio Roberto Giriboni Monteiro
Orientador

Maringá – 2022

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

S725d

Sousa, Luana Cristina Silva de

Desenvolvimento e caracterização de cereal matinal extrusado de tapioca e folhas de estêvia (*Stevia rebaudiana*) / Luana Cristina Silva de Sousa. -- Maringá, PR, 2022.
23 f.color., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Roberto Giriboni Monteiro.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, 2022.

1. Cereal matinal. 2. Mandioca - Processo de extrusão. 3. Stevia rebaudiana. 4. Tapioca. 5. Extrusão termoplástica. I. Monteiro, Antonio Roberto Giriboni, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos. III. Título.

CDD 23.ed. 664.72

Orientador

Antonio Roberto Giriboni Monteiro

BIOGRAFIA

Luana Cristina Silva de Sousa nasceu em Vitorino Freire, MA. Possui graduação em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal do Maranhão. Tem experiência nas áreas de ciência e tecnologia de alimentos atuando principalmente nos seguintes temas: desenvolvimento de novos produtos, plantas alimentícias não convencionais, cereais e amidos.

Dedico

Aos meus avós (*in memoriam*) que graciosamente dedicaram suas vidas para que seus filhos e netos tivessem acesso a educação e a meus pais por continuarem seus legados.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus pela graça alcançada.

Aos meus pais Jackson e Leonilde pela dedicação e apoio para concluir essa jornada, essa conquista também é deles.

Ao meu companheiro, amigo, esposo e revisor, Yuri, por segurar na minha mão com todas as suas forças em todos os momentos.

Aos meus sogros queridos, Vital e Marta, que me aconselharam e abraçaram como pais nos momentos de dificuldade.

Ao meu irmão, Thiago, minha cunhada, Walkyria, e meu sorridente sobrinho, Benício, por me alegrarem e confiarem em mim.

À minha amiga, parceira, irmã, Gabi, pelo incentivo a me inscrever no seletivo de mestrado, por abrir as portas de sua casa para me receber e estar ao meu lado a todos os momentos, certamente nada disso seria possível sem ela.

Às minhas amigas e companheiras de apartamento Flavia e Maria Izabela por dividirem comigo os dias de luta da vida acadêmica sempre com muito carinho e alegria.

Ao meu orientador, professor Antonio pela orientação, confiança e compreensão nesse período tão difícil.

À Denise, à Maiara, à Crislayne, ao Ghiovani, ao Leonardo e à Júlia pela ajuda, ensinamentos e acolhimento.

À minha família e amigos pelas orações e torcida.

À Capes pelo fomento.

APRESENTAÇÃO

Esta dissertação de mestrado está apresentada na forma de um artigo científico:

- 1 SOUSA, L. C. S.; MACHADO, L. M.; RANIERO, G. Z.; ZANCHETA, J. C.; SILVA, D. M. B.; ZORZENON, M. R. T.; COSTA, S. C.; MONTEIRO, A. R. G. **Desenvolvimento e caracterização de cereal matinal extrusado de tapioca e folhas de estévia (*Stevia rebaudiana*)**. Research, Society and Development.

GENERAL ABSTRACT

INTRODUCTION

As a versatile, fast, high-productivity, and low-cost process, thermoplastic extrusion is widely used in the cereal industry for producing ready-to-eat foods such as snacks, instant noodles, soups, and breakfast cereals. This unit operation consists of forming and shaping a dough-like material by forcing it through a die. The quality of the final product is affected by the processing and raw material conditions. Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is a tuberous root widely consumed in tropical-climate countries, and it is the fourth-largest energy source in the diet of these regions, behind only rice, wheat, and corn. As it is easy to cultivate and a cheap source of carbohydrates, cassava is one of the most important crops in the world, especially in developing countries. But its shelf life is short, about three days post-harvest, which leads to a wide consumption in the form of flour, starch, and fermented products. Extruded products are usually rich in starch and have a high caloric value but are poor in micronutrients, fiber, and protein, challenging the extruded food industry to develop products with higher nutritional quality, lower caloric content, and keeping a pleasant taste. Several researchers are trying to meet this demand by reducing the sugar content and using food industry by-products that are cheap and rich in nutrients such as minerals, fiber, and antioxidants. From *Stevia rebaudiana* leaves, stems, and flowers, we obtain a safe, natural sweetener about 300 times sweeter than sugar, making it an excellent substitute for sucrose. It is also a source of bioactive compounds, fiber, and minerals that help to prevent and treat diseases such as obesity, diabetes, and cardiovascular disease.

AIMS

This work aims to develop an extruded breakfast cereal based on cassava and ethanol pre-treated stevia leaves and characterize it chemically and sensorily.

MATERIAL AND METHODS

We used granulated tapioca acquired in the local commerce of Maringá, PR, and stevia leaves provided by the Natural Products Center of the State University of Maringá (NEPRON) to prepare the breakfast cereals. The leaves were pre-treated with absolute ethanol to reduce undesirable flavors. We processed the breakfast cereals in the Cereal Technology Laboratory of the State University of Maringá by manually mixing granulated tapioca with pre-treated stevia leaves with standardized moisture by adding 10% water over the weight of granulated tapioca. We produced three breakfast cereal formulas, being F0 composed only of granulated tapioca, F1 of granulated tapioca and 1% stevia leaves, and F2 of granulated tapioca and 2% stevia

leaves. The formulas were processed in an IMBRA RX50 extruder (INBRAMAQ, Ribeirão Preto, Brazil), featuring a single screw of 50 mm in diameter and 200 mm in length, using a matrix plate with two holes with 3 mm in diameter each. After extrusion, the breakfast cereals received sugar-based coating corresponding to 5% of the initial weight and were kept in polypropylene bags until the centesimal composition and sensory analyses. Moisture, ash, protein, and lipids content analyses were performed in triplicates. We estimated the carbohydrate content by subtracting the sum of the moisture, ash, protein, and lipid results from 100. Seventeen untrained testers evaluated sensory acceptance using a nine-point hedonic scale for taste, texture, and overall impression. The data underwent analysis according to the average of the numerical values obtained and the following classification: the acceptance region (between 6 and 9), indifference region (5), and rejection region (from 1 to 4). The data obtained from the sensory analysis test underwent statistical evaluation using the analysis of variance (ANOVA) method and Tukey's test at 5% significance using the Microsoft Office Excel 2019 software.

RESULTS AND DISCUSSION

The incorporation of stevia leaves into tapioca breakfast cereals represented a significant increase in the centesimal composition of the extrudates. Only ash and lipid contents did not differ statistically between the formula with 1% stevia and the control. The moisture contents varied between 8.94% and 9.40%. The ash values were statistically equal between the formulas F0 and F1, respectively 0.11% and 0.19%, and F2 represented the highest ash content among all the formulations, 0.19%. Similarly, there was no variation at the 5% level of significance between F0 and F1 for the lipid content, with the control formulation containing 0.3% of lipids, the formulation with 1% of stevia leaves containing 0.6% of lipids, and the formulation with 2% of stevia leaves containing 0.16% of lipids, differing only from F0. Adding stevia leaves raised the protein content among the formulas F1, F2, and the control F0 by 0.46%, 0.52%, and 0.30%, respectively. Carbohydrates were the main components of tapioca and stevia leaves breakfast cereals, varying between 89.73% and 90.63%, with significant reduction provided by incorporating stevia leaves in the formulas. The sensory analysis showed that adding 1% or 2% of stevia leaves did not result in significantly different scores given to the tapioca breakfast cereals, obtaining values between 5.71 and 5.82 for flavor, 5.29 and 6.29 for texture, and 5.53 and 6.29 for the global evaluation. Flavor attribute obtained the highest percentage in the acceptance region, above 64% for all formulas, followed by texture, with more than 58% in the acceptance region, and global evaluation with a minimum of 52% in this region. As for the formulas, F0 was the most well-accepted concerning texture and global evaluation, obtaining the same index as F2 concerning flavor. All formulas received less than 23.5% in the indifference region, and only the formula F1 received a percentage higher than 23.5% in the rejection region, with an index of 35.3%.

CONCLUSIONS

Incorporating 1% and 2% of ethanol pretreated stevia leaves significantly altered the centesimal composition of tapioca breakfast cereals. All the formulas were sensorially well accepted for the attributes of flavor, texture, and global evaluation, with no significant difference between the samples' averages, being predominantly classified in the region of acceptance. The breakfast cereal prepared with the addition of 2% stevia leaves obtained the lowest percentages in the rejection region and the highest protein contents, showing promise for the production of breakfast cereals.

Key words: breakfast cereal, tapioca, *Stevia rebaudiana*, extrusion, cassava.

RESUMO GERAL

INTRODUÇÃO

Por ser um processo versátil, rápido, de alta produtividade e baixo custo, a extrusão termoplástica é amplamente utilizada na indústria de cereais para a produção de alimentos prontos para o consumo como *snacks*, macarrão instantâneo, sopas e cereais matinais. Essa operação unitária consiste em formar e modelar um material do tipo massa, forçando-o através de uma matriz. A qualidade do produto final é afetada pelas condições do processamento e da matéria prima. A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma raiz tuberosa muito consumida em países de clima tropical, sendo a quarta maior fonte de energia da dieta dessas regiões, atrás apenas do arroz, do trigo e do milho. Pelo seu fácil cultivo e por ser uma fonte barata de carboidratos, a mandioca é uma das culturas mais importantes do mundo, especialmente em países em desenvolvimento. Porém sua vida útil é curta, de cerca de três dias pós-colheita, o que a leva a ser muito consumida na forma de farinha, amido e produtos fermentados. Produtos extrusados costumam ser ricos em amido e apresentar alto valor calórico, porém pobres em micronutrientes, fibras e proteínas, desafiando cada vez mais a indústria de alimentos extrusados a desenvolver produtos com maior qualidade nutricional, menor teor calórico e que tenham sabor agradável. Diversos pesquisadores buscam atender essa demanda reduzindo o teor de açúcar e utilizando subprodutos da indústria alimentícia que sejam baratos e ricos em nutrientes como minerais, fibras e antioxidantes. A partir das folhas, dos caules e das flores da *Stevia rebaudiana* obtém-se um adoçante natural, seguro e cerca de 300 vezes mais doce que o açúcar, constituindo um excelente substituto da sacarose. Além de ser fonte de compostos bioativos, fibras e minerais que auxiliam na prevenção e no tratamento de doenças como obesidade, diabetes e doenças cardiovasculares.

OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é desenvolver um cereal matinal extrusado à base de mandioca e de folhas de estévia pré-tratadas com etanol e caracterizá-lo química e sensorialmente.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a elaboração dos cereais matinais foram utilizados: tapioca granulada adquirida no comércio local de Maringá, PR, e folhas de estévia cedidas pelo Núcleo de Produtos Naturais da Universidade Estadual de Maringá (NEPRON). Sendo as folhas anteriormente pré-tratadas com etanol absoluto para a redução de sabores indesejáveis. O processamento dos cereais matinais foi realizado no Laboratório de Tecnologia de Cereais da Universidade Estadual de Maringá a partir da mistura manual da tapioca granulada com folhas pré-tratadas de estévia com umidade padronizada pela adição de 10% de água em relação ao peso da tapioca granulada.

Foram produzidas três formulações de cereais matinais, sendo F0 composta apenas por tapioca granulada, F1 por tapioca granulada e 1% de folhas de estévia e F2 por tapioca granulada e 2% de folhas de estévia. As formulações foram processadas em extrusora de modelo IMBRA RX50 (INBRAMAQ, Ribeirão Preto, Brasil) de rosca única de 50 mm de diâmetro e 200 mm de comprimento, sendo utilizada a placa de matriz de dois orifícios com 3 mm de diâmetro cada. Após a extrusão, os cereais matinais receberam cobertura à base de açúcar correspondente a 5% do peso inicial e foram mantidos em sacos de polipropileno até a realização das análises de composição centesimal e sensorial. Foram realizadas as análises de umidade, cinzas e proteínas e lipídeos em triplicatas. O teor de carboidratos foi estimado subtraindo-se de 100 o somatório dos resultados de umidade, cinzas, proteínas e lipídios. A aceitação sensorial foi avaliada por 17 provadores não treinados por meio de escala hedônica de nove pontos para os atributos sabor, textura e impressão global. Os dados foram analisados de acordo com a média dos valores numéricos obtidos e classificados em: região de aceitação (entre 6 e 9), região de indiferença (5) e região de rejeição (de 1 a 4). Os dados obtidos a partir do teste de análise sensorial foram avaliados estatisticamente através do método de análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey a 5% de significância, utilizando o programa Microsoft Office Excel 2019.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A incorporação de folhas de estévia nos cereais matinais de tapioca representou um aumento significativo na composição centesimal dos extrusados. Apenas os teores de cinzas e lipídeos não diferiram estatisticamente entre a formulação com 1% de estévia e o controle. Os teores de umidades variaram entre 8,94% e 9,40%. Os valores de cinzas foram estatisticamente iguais entre as formulações F0 e F1, 0,11% e 0,19% respectivamente, e F2 representou o maior teor de cinzas entre as formulações, 0,19%. De forma semelhante não houve variação a nível de 5% de significância entre F0 e F1 para os teores de lipídeos, sendo a formulação controle composta por 0,3%, a formulação com 1% de folhas de estévia por 0,6% e a elaborada com 2% de folhas de estévia por 0,16% de lipídeos diferindo apenas de F0. A adição de folhas de estévia elevou o teor de proteínas entre as formulações F1, F2 e o controle F0, 0,46%, 0,52% e 0,30% respectivamente. Carboidratos foram os componentes principais dos cereais matinais de tapioca e folhas de estévia variando entre 89,73% e 90,63% sendo significativa a redução proporcionada pela incorporação de folhas de estévia nas formulações. A análise sensorial demonstrou que a incorporação de 1% ou 2% de folhas de estévia não resultou em diferença significativa entre as notas atribuídas aos cereais matinais de tapioca, obtendo valores entre 5,71 e 5,82 para o sabor, 5,29 e 6,29 para a textura e 5,53 e 6,29 para a avaliação global. O atributo sabor obteve o maior percentual na região de aceitação, acima de 64% para todas as formulações, seguido da textura, com mais de 58% na região de aceitação e avaliação global com o mínimo de 52% nessa região. Quanto

às formulações, F0 foi a mais bem aceita em relação à textura e avaliação global, obtendo o mesmo índice que F2 em relação ao sabor. Todas as formulações foram classificadas com menos de 23,5% na região de indiferença e apenas a formulação F1 obteve percentual maior que 23,5% na região de rejeição, com índice de 35,3%.

CONCLUSÕES

A incorporação de 1% e 2% de folhas de estévia pré-tratadas com etanol alterou significativamente a composição centesimal dos cereais matinais de tapioca. Todas as formulações foram bem aceitas sensorialmente para os atributos de sabor, textura e avaliação global, não havendo diferença significativa entre as médias das amostras, sendo classificadas majoritariamente na região de aceitação. O cereal matinal elaborado com adição de 2% de folhas de estévia obteve os menores percentuais na região de rejeição e os maiores teores de proteínas, se mostrando promissor para a produção de cereais matinais.

Palavras chaves: cereal matinal, tapioca, *Stevia rebaudiana*, extrusão, mandioca.

ARTICLE

Desenvolvimento e caracterização de cereal matinal extrusado de tapioca e folhas de estévia (*Stevia rebaudiana*)

Development and characterization of an extruded breakfast cereal made of tapioca and stevia leaves (*Stevia rebaudiana*)

Desarrollo y caracterización de un cereal de desayuno extruido a base de tapioca y hojas de stevia (*Stevia rebaudiana*)

Luana Cristina Silva de Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5380-1560>
Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: luanacssousa@outlook.com

Leonardo Martins Machado

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2705-5848>
Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: leomm.martins@outlook.com

Ghiovani Zanzotti Raniero

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9360-6292>
Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: ghiovaniraniero@gmail.com

Julia Castilho Zancheta

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1208-1584>
Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: juczancheta@gmail.com

Denise de Moraes Batista da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5698-3654>
Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: mbsilva.denise@gmail.com

Maria Rosa Trentin Zorzenon

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1080-8911>
Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: mariarosazorzenon@hotmail.com

Silvio Cláudio da Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9002-3000>
Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: sccosta@uem.br

Antonio Roberto Giriboni Monteiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1894-0765>
Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: argmonteiro@uem.br

Resumo

Desenvolver produtos extrusados com maior qualidade nutricional e que tenham sabor agradável é um desafio para a indústria de alimentos. Assim, o objetivo deste trabalho é desenvolver um cereal matinal extrusado à base de mandioca e de folhas de estévia pré-tratadas com etanol e caracterizá-lo química e sensorialmente. Foram produzidas três formulações de cereais matinais utilizando tapioca granulada e de 0-2% de folhas de estévia. As determinações de umidade, cinzas e proteínas foram realizadas de acordo com o método descrito pela AOAC (2005) e a de lipídeos pelo método de Goldfish. O teor de carboidratos foi estimado subtraindo-se de 100 o somatório dos resultados anteriores. A aceitação sensorial foi avaliada por meio de escala hedônica de nove pontos. A incorporação de folhas de estévia nos cereais matinais de tapioca representou um aumento significativo na composição centesimal dos extrusados, elevando o teor de proteínas entre as formulações. Apenas os teores de cinzas e lipídeos não diferiram estatisticamente

entre a formulação com 1% de estévia e o controle. Todas as formulações foram bem aceitas sensorialmente e não houve diferenças significativas entre as notas atribuídas aos cereais matinais, todos obtendo valores entre 5,71 e 5,82 para o sabor, 5,29 e 6,29 para a textura e 5,53 e 6,29 para a avaliação global. O cereal matinal elaborado com adição de 2% de folhas de estévia obteve os menores percentuais na região de rejeição e o maior teor de proteínas, se mostrando promissor para a produção de cereais matinais.

Palavras-chave: Cereal matinal; Tapioca; *Stevia rebaudiana*; Extrusão; Mandioca.

Abstract

The development of extruded products with higher nutritional quality and pleasant taste is challenging for the food industry. Therefore, this paper aims to develop an extruded breakfast cereal made of cassava and stevia leaves pretreated with ethanol and provide its chemical and sensorial characterization. We made three breakfast cereal formulas using granulated tapioca flakes and between 0-2% stevia leaves. We determined the moisture, ash, and protein content following the method described by AOAC (2005) and lipid content according to the Goldfish method. To estimate the carbohydrate level, we deducted the sum of all the other values from 100. We evaluated the sensory acceptance through a 9-points hedonic score. Adding stevia leaves to the tapioca breakfast cereal represented a significant increase in chemical composition, increasing the protein level between the formulas. Only ashes and lipids statistically did not differ between the 1%-stevia formula and control. All the formulas were well accepted on the sensory test, and there were no significant differences between the score given to each since all of them achieved from 5.71 to 5.82 for flavor, 5.29 to 6.29 for texture, and 5.53 to 6.29 for global evaluation. The breakfast cereal added of 2% of stevia leaves obtained the lowest percent score at the rejection region and the highest protein content, which is promising in the breakfast cereal production.

Keywords: Breakfast cereal; Tapioca; *Stevia rebaudiana*; Extrusion; Cassava.

Resumen

Desarrollar productos extruidos con mayor calidad nutricional y con un sabor agradable es un reto para la industria alimentaria. Así, el objetivo de este trabajo es desarrollar un cereal de desayuno extruido a base de yuca y hojas de stevia pretratadas con etanol y caracterizarlo química y sensorialmente. Se elaboraron tres formulaciones de cereales para el desayuno utilizando tapioca granulada y hojas de stevia al 0-2%. Las determinaciones de contenido de humedad, cenizas y proteínas se realizaron mediante la metodología de AOAC (2005) y la de lípidos mediante el método Goldfish. El contenido de carbohidratos se estimó sustrayendo de 100 la suma de los resultados anteriores. La aceptación sensorial se valoró mediante una escala hedónica de nueve puntos. La incorporación de stevia en los cereales representó un aumento significativo en la composición centesimal de los extruidos, elevando el contenido de proteínas entre las formulaciones. Solamente los contenidos de cenizas y lípidos no difirieron estadísticamente entre la formulación con 1% de stevia y el control. Todas las formulaciones fueron bien aceptadas sensorialmente y no hubo diferencias significativas entre los grados atribuidos a los cereales, obteniendo todos valores entre 5,71 y 5,82 para el sabor, 5,29 y 6,29 para la textura y 5,53 y 6,29 para la evaluación global. El cereal preparado con la adición de un 2% de hojas de stevia obtuvo los porcentajes más bajos en la región de rechazo y el contenido más alto de proteínas, lo que demuestra que es prometedor para la producción de cereales de desayuno.

Palabras clave: Cereal de desayuno; Tapioca; *Stevia rebaudiana*; Extrusión; Yuca.

1. Introdução

Por ser um processo versátil, rápido, de alta produtividade e baixo custo, a extrusão termoplástica é amplamente utilizada na indústria de cereais para a produção de alimentos prontos para o consumo como snacks, macarrão instantâneo, sopas e cereais matinais (Grasso, 2020). Essa operação unitária consiste em formar e modelar um material do tipo massa, forçando-o através de uma matriz.

Para isso, a matéria prima é transformada em uma farinha, que é então umedecida e submetida ao tratamento de alta temperatura e pressão por um curto período de tempo, mantendo seus nutrientes e promovendo mudanças como a desnaturação de proteínas, a inativação de enzimas e a redução da carga microbiana (Arivalagan et al., 2018).

A extrusora pode ser composta por uma ou duas roscas rotatórias instaladas em um cilindro, um alimentador por gravidade localizado na parte inicial do cilindro e uma matriz ao final (Pasqualone et al., 2020).

O material úmido é introduzido no alimentador para ser distribuído na zona de alimentação. Em seguida, a rosca mistura e o conduz pelo cilindro aquecido, amassando e comprimindo até chegar à zona de cozimento, onde ele alcança sua temperatura de fusão e se plastifica. Depois disso, o material plastificado passa pela matriz e, com a queda da pressão ao sair da extrusora, ocorre a expansão das bolhas de ar. Após o contato com a temperatura ambiente, os extrusados se resfriam, a expansão é interrompida e o produto se torna crocante (Pasqualone et al., 2020).

Durante o processo de extrusão, o amido é responsável pela ligação, pela gelatinização e pela expansão do produto, podendo ser manipulado através da variação da umidade e do calor. As condições do processamento e da matéria prima afetam a qualidade final do produto. O aumento da umidade eleva a densidade aparente e o índice de absorção de água e reduz o índice de solubilidade em água e de expansão dos extrusados, enquanto maiores temperaturas aumentam a solubilidade em água e o índice de expansão e reduzem a densidade aparente e a dureza dos produtos (Dalbhagat & Mishra, 2019).

A extrusão de alimentos amiláceos provoca transformações estruturais como gelatinização do amido, destruição da estrutura cristalina e fragmentação das moléculas de amido, desnaturação de proteínas e formação de complexos entre amilose e lipídeos (Cheng et al., 2020).

Diversas fontes de amido são utilizadas para a produção de produtos extrusados, como o milho (Yagci et al., 2022), o arroz (Hirunyophat et al., 2022), o trigo (Gu et al., 2021) e a mandioca (Ma et al., 2021; Nascimento et al., 2021; Vedove et al., 2021). A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma raiz tuberosa muito consumida em países de clima tropical, sendo a quarta maior fonte de energia da dieta dessas regiões, atrás apenas do arroz, do trigo e do milho (Otondi et al., 2020). No Brasil, a produção de mandioca em 2017 foi de cerca de 20 milhões de toneladas, sendo o Paraná o segundo estado com maior produção (14,8%) (Fernandes et al., 2017). Ela é rica em nutrientes como vitamina C, tiamina, riboflavina, nicina e cálcio (Li et al., 2017).

Pelo seu fácil cultivo e por ser uma fonte barata de carboidratos, a mandioca é uma das culturas mais importantes do mundo, especialmente em países em desenvolvimento. Porém sua vida útil é curta, de cerca de três dias pós-colheita, o que a leva a ser muito consumida na forma de farinha, amido e produtos fermentados (Bechoff et al., 2018).

A farinha de mandioca tem maior composição de amido, capacidade de espessamento e de absorção de água que a farinha de trigo e possui características como sabor neutro e cor clara, o que favorece a criação de novos produtos alimentícios (Dudu et al., 2020). O amido da mandioca é similar a outros amidos no que diz respeito às propriedades de gelatinização e retrogradação, porém tem menor temperatura de gelatinização e maior viscosidade e capacidade de retenção de água (LI et al., 2017). Seu uso tem se mostrado promissor na produção de embalagens sustentáveis (Vedove et al., 2021; Ferreira et al., 2021), alimentos para peixes (Ma et al., 2021), iogurtes (Agyemang et al., 2020) e snacks (Awolu et al., 2015).

A tapioca é um dos derivados da mandioca tradicionais da culinária brasileira, mas não há um consenso absoluto quanto ao termo, podendo se referir à iguaria de origem indígena em forma de panqueca feita do amido de mandioca no Nordeste, ao amido pré-cozido de mandioca pronto para o consumo no Norte do Brasil, ou ao próprio amido da mandioca na literatura (Parente et al., 2021).

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a tapioca granulada é o produto amiláceo derivado da raiz de mandioca sob forma de grânulos poliédricos irregulares de diversos tamanhos (BRASIL, 2005).

Produtos extrusados costumam ser ricos em amido e apresentar alto valor calórico, porém pobres em micronutrientes, fibras e proteínas, desafiando cada vez mais a indústria de alimentos extrusados a desenvolver produtos com maior qualidade nutricional, menor teor calórico e que tenham sabor agradável. Diversos pesquisadores buscam atender essa demanda reduzindo o teor de açúcar e utilizando subprodutos da indústria alimentícia que sejam baratos e ricos em nutrientes como minerais, fibras e antioxidantes (Grasso, 2020).

A partir das folhas, dos caules e das flores da *Stevia rebaudiana* obtém-se um adoçante natural, seguro e cerca de 300 vezes mais doce que o açúcar, constituindo um excelente substituto da sacarose. Além de ser fonte de compostos bioativos, fibras e minerais que auxiliam na prevenção e no tratamento de doenças como obesidade, diabetes e doenças cardiovasculares. Apesar dessas vantagens, a maior parte dos produtos dietéticos comercializados contam com a adição de adoçantes sintéticos, principalmente a sucralose, que não são benéficos à saúde, além de possuírem sabores residuais. A sucralose pode gerar compostos tóxicos quando em altas temperaturas e seu uso contínuo favorece o ganho de peso e a obesidade (Silva et al., 2019).

Entre os compostos adoçantes encontrados nas folhas de estêvia estão esteviosídeo, rebaudiosídeos A, D e E e dulcosídeos A e B. A estêvia também contém ácido ascórbico, β -caroteno, cobalto, magnésio, ferro, potássio, fósforo, riboflavina, tiamina, cromo, estanho, zinco e outros minerais (Goyal & Goyal, 2010).

Apesar do seu poder adoçante superior ao do açúcar, a estêvia não forma a textura e a cor necessária para substituição direta do açúcar de mesa. Ainda assim, os glicosídeos de esteviol apresentam vantagens que despertam o interesse de pesquisadores e da indústria: o zero valor energético que ajuda na manutenção do peso e na prevenção da obesidade; a capacidade antioxidante, antibacteriana, antifúngica e anticáries; e os efeitos na redução da pressão arterial e da glicemia. Além disso, os glicosídeos de esteviol são resistentes a altas temperaturas, variações de pH e luz solar (Goyal & Goyal, 2010).

Assim, o objetivo desse trabalho é desenvolver um cereal matinal extrusado à base de mandioca e de folhas de estêvia pré-tratadas com etanol e caracterizá-lo química e sensorialmente.

2. Metodologia

2.1. Materiais

Para a elaboração dos cereais matinais foram utilizados: tapioca granulada adquirida no comércio local de Maringá, PR, e folhas de estêvia cedidas pelo Núcleo de Produtos Naturais da Universidade Estadual de Maringá (NEPRON). Sendo as folhas anteriormente pré-tratadas com etanol absoluto segundo metodologia proposta por Formigoni et al. (2018) para a redução de sabores indesejáveis.

2.2. Elaboração dos cereais matinais

O processamento dos cereais matinais foi realizado no Laboratório de Tecnologia de Cereais da Universidade Estadual de Maringá a partir da mistura manual da tapioca granulada com folhas pré-tratadas de estêvia nas proporções de 1% e 2%. A umidade foi padronizada pela adição de 10% de água em relação ao peso da tapioca granulada. Também foi elaborada uma formulação controle sem a adição de folhas de estêvia. Assim, foram produzidas três formulações de cereais matinais, sendo F0 composta apenas por tapioca granulada, F1 por tapioca granulada e 1% de folhas de estêvia e F2 por tapioca granulada e 2% de folhas de estêvia.

As formulações foram processadas em extrusora de modelo IMBRA RX50 (INBRAMAQ, Ribeirão Preto, Brasil) de rosca única de 50 mm de diâmetro e 200 mm de comprimento, sendo utilizada a placa de matriz de dois orifícios com 3 mm de diâmetro cada.

Após a extrusão, os cereais matinais receberam cobertura à base de açúcar correspondente a 5% do peso inicial e foram mantidos em sacos de polipropileno até a realização das análises de composição centesimal e sensorial.

2.3. Análises de composição centesimal

As análises de umidade, cinzas e proteínas foram realizadas em triplicatas de acordo com o método descrito pela AOAC (2005). Para a determinação da umidade, as amostras foram secas em estufa a 105 °C até peso constante, a análise de cinzas foi realizada por incineração em mufla a 550 °C e o teor de proteína foi determinado pelo método de Kjeldahl clássico, utilizando o fator de transformação de 6,25.

A determinação de lipídeos seguiu o método de Goldfish (Cecchi, 2003).

O teor de carboidratos foi estimado subtraindo-se de 100 o somatório dos resultados de umidade, cinzas, proteínas e lipídios.

2.4. Análise sensorial

Devido às restrições sanitárias decorrentes da pandemia de Covid-19, os testes sensoriais foram realizados com o número reduzido de 17 provadores não treinados, seguindo os protocolos de biossegurança da Universidade Estadual de Maringá.

As amostras foram servidas simultaneamente, identificadas pela codificação de três dígitos aleatórios. A aceitação sensorial foi avaliada por meio de escala hedônica de nove pontos, sendo 9 o equivalente ao conceito “gostei extremamente” e 1 a “desgostei extremamente”, para os atributos sabor, textura e impressão global, conforme descrito por Monteiro e Cestari (2013).

Os dados foram analisados de acordo com a média dos valores numéricos obtidos e classificados em: região de aceitação (entre 6 e 9), região de indiferença (5) e região de rejeição (de 1 a 4).

2.4. Análise estatística

Os dados obtidos a partir do teste de análise sensorial foram avaliados estatisticamente através do método de análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey a 5% de significância, utilizando o programa Microsoft Office Excel 2019.

3. Resultados e Discussão

3.1. Composição centesimal dos cereais matinais de tapioca granulada e folhas de estévia

Diversos fatores podem influenciar as características físicas e químicas dos extrusados, como a umidade da matéria prima, o tamanho das partículas, a temperatura, a pressão e a velocidade da rosca (Awolu et al., 2015; Fiorda et al., 2015; Gu et al., 2021).

Os cereais matinais desenvolvidos neste trabalho têm como principal matéria prima a tapioca granulada, que é um produto amiláceo da mandioca. Essa raiz tem o amido como principal componente, representando de 65 a 95% da base seca. Quanto maior a quantidade de amido, maior é a quantidade de base seca. Em termos de sólidos, a mandioca é composta por cerca de 85% de carboidratos, o que influencia diretamente nas suas características físico-químicas, funcionais e sensoriais. Além disso, possui cerca de 3,5% de proteínas, 0,5% de lipídeos e de 0,4 a 1,7% de cinzas (Bechoff et al., 2018).

A composição nutricional da mandioca e de seus derivados pode variar de acordo com a espécie da cultivar, localização geográfica, idade da planta, condições ambientais e métodos de processamento (Li et al., 2017).

Da mesma forma, a composição das folhas de estévia pode variar entre 35,2 a 61,9% de carboidratos, 11,2 a 20,4% de proteínas, 15,2 a 15,5% de fibras e 1,9 a 4,34% de lipídeos. Constituindo, assim, uma boa fonte de proteínas e fibras, além de compostos antioxidantes, flavonoides e compostos fenólicos (Wang et al., 2020).

A incorporação de folhas de estévia nos cereais matinais de tapioca representou um aumento significativo na composição centesimal dos extrusados, conforme tabela 1. Apenas os teores de cinzas e lipídeos não diferiram estatisticamente entre a formulação com 1% de estévia e o controle.

Tabela 1 - Composição centesimal dos cereais matinais de tapioca granulada e folhas de estévia.

	Umidade (%)	Cinzas (%)	Proteínas (%)	Lipídeos (%)	Carboidratos (%)
F0	8,94b±0,12	0,11b±0,02	0,30b±0,05	0,03b±0,05	90,63a±0,09
F1	9,39a±0,12	0,12b±0,02	0,46a±0,05	0,06ab±0,05	89,96b±0,09
F2	9,40a±0,12	0,19a±0,02	0,52a±0,05	0,16a±0,05	89,73c±0,09

Valores com letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância.

Fonte: autoria própria.

Os cereais matinais de tapioca granulada e folha de estévia apresentaram valores entre 8,94% e 9,40% de umidade. Esses percentuais são maiores que os encontrados na literatura por Limberger et al. (2009) para extrusados de milho (7,23%) e quirela de arroz (5,11%), e por Nascimento et al. (2021) para extrusados de tapioca com diferentes tratamentos de correção de umidade (2,21% a 5,25%).

Os teores de cinzas foram estatisticamente iguais entre as formulações F0 e F1, 0,11% e 0,19% respectivamente, e F2 representou o maior teor de cinzas entre as formulações, 0,19%. Preethi et al. (2021) obtiveram valores maiores para cinzas, de 0,76% a 0,87%, em extrusados de milho e arroz, porém só observou um aumento significativo a partir da adição de 20% de bagaço de caju.

De forma semelhante não houve variação a nível de 5% de significância entre F0 e F1 para os teores de lipídeos, sendo a formulação controle composta por 0,3%, a formulação com 1% de folhas de estévia por 0,6% e a elaborada com 2% de folhas de estévia por 0,16% de lipídeos diferindo apenas de F0. Tais resultados foram muito inferiores ao encontrado por Nascimento et al. (2021) em extrusados de tapioca que variou de 4,69% a 6,73% devido ao uso de revestimento com óleo de canola enquanto que nos cereais matinais a cobertura foi composta apenas por açúcar e água e se assemelham com o percentual de lipídeos da mandioca.

A adição de folhas de estévia elevou o teor de proteínas entre as formulações F1, F2 e o controle F0, 0,46%, 0,52% e 0,30% respectivamente. O aumento de proteína com a adição de folhas também foi observado por Francelin et al. (2021) ao incorporar folhas de ora-pro-nóbis em extrusados de milho, uma vez que essas folhas possuem elevado valor proteico.

Assim como descrito por Nascimento et al. (2021) que encontrou valores entre 85,12% e 88,28% de carboidratos nos extrusados de tapioca, esse é o componente principal dos cereais matinais de tapioca e folhas de estévia variando entre 89,73% e 90,63% sendo significativa a redução proporcionada pela incorporação de folhas de estévia nas formulações.

3.2. Avaliação sensorial dos cereais matinais de tapioca granulada e folhas de estévia

Conhecida pelo seu alto poder adoçante, a *Stevia rebaudiana* é uma planta nativa da América do Sul, presente no Brasil, amplamente utilizada e estudada como substituta da sacarose em produtos alimentícios nos últimos anos. Os compostos adoçantes presentes em maiores quantidades nas folhas de estévia são steviosídeo e rebaudiosídeo A, sendo o primeiro responsável pelo sabor residual amargo característico da estévia (Wang et al., 2020).

Visando a redução desses sabores indesejados e a maior extração de compostos adoçantes, diversas metodologias foram desenvolvidas utilizando técnicas simples ou tecnologias modernas e caras. Alguns desses métodos utilizam grandes quantidades de solventes ou equipamentos complexos.

Formigoni et al. (2018) realizou pré tratamento das folhas de estévia por meio de coluna com etanol o que ocasionou perda de componentes como os glicosídeos, cinzas e ácidos graxos, entretanto o percentual de atividade antioxidante, compostos fenólicos e flavonoides aumentou com o pré-tratamento. O teste sensorial indicou que a doçura obtida foi 165 vezes maior que a da sacarose e que houve redução do amargor não havendo diferença significativa entre a aceitação do adoçante e da sacarose.

Com base nesses resultados, Silva et al. (2019) utilizaram as folhas de estévia pré-tratadas com etanol para a elaboração de barra de cereais e obtiveram boa aceitação sensorial e maior intenção de compra das amostras utilizando folhas pré-tratadas em relação as que não receberam esse tratamento.

Por ser uma metodologia relativamente simples e segura com bons resultados sensoriais as folhas de estévia pré-tratadas com etanol foram utilizadas para a elaboração dos cereais matinais. Os resultados da análise sensorial podem ser observados na tabela 2.

Tabela 2- Média de notas da análise sensorial dos cereais matinais de tapioca granulada e folhas de estévia.

	Sabor	Textura	Avaliação global
F0	5,76a±1,85	5,29a±1,70	6,29a±1,56
F1	5,71a±1,85	6,24a±1,70	5,88a±1,56
F2	5,82a±1,85	6,29a±1,70	5,53a±1,56

Valores com letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância.

Fonte: autoria própria.

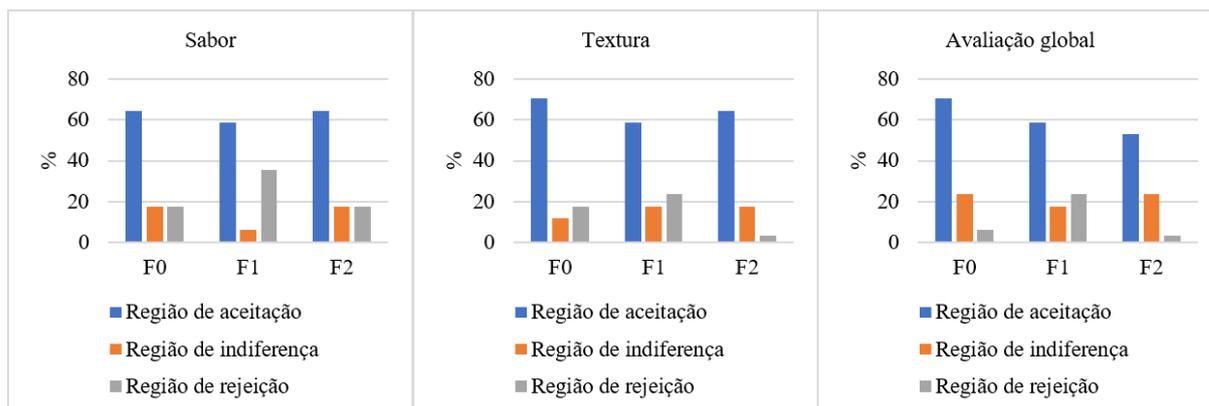
A incorporação de 1% ou 2% de folhas de estévia não resultou em diferença significativa entre as notas atribuídas aos cereais matinais de tapioca, obtendo valores entre 5,71 e 5,82 para o sabor, 5,29 e 6,29 para a textura e 5,53 e 6,29 para a avaliação global.

Resultados semelhantes foram encontrados por Preethi et al., (2021) para sabor, de 5,67 a 6,80, e avaliação global, de 5,95 a 6,65, ao variar a concentração de bagaço de caju de 0 a 25% em substituição à farinha de arroz em extrusados com 25% de farinha de milho. Assim como por Melo et al. (2021) em extrusados de farinha de arroz, Spirulina plantesis e farinha mista de subprodutos de laranja e palmito pupunha, com notas para textura entre 5,3 a 6,6, para sabor entre 5,5 e 6,3 e entre 5,2 e 6,2 para impressão global.

As três formulações foram bem aceitas, com média de notas maior que 5 para todos os atributos testados, indicando um valor próximo ao do classificado como região de indiferença. Esse resultado significa que o provador nem gostou nem desgostou do produto e que, apesar de não haver rejeição, não há interesse em consumir o alimento, a menos que haja outros atrativos como benefícios à saúde, preço competitivo ou outras estratégias de marketing (Bechoff et al., 2018).

Entretanto, a região de aceitação obteve maiores índices para todos os atributos, como pode ser melhor visualizado no Gráfico 1.

Gráfico 1- Classificação sensorial dos cereais matinais de tapioca e folhas de estévia.



Fonte: autoria própria.

O atributo sabor obteve o maior percentual na região de aceitação, acima de 64% para todas as formulações, seguido da textura, com mais de 58% na região de aceitação e avaliação global com o mínimo de 52% nessa região. Quanto às formulações, F0 foi a mais bem aceita em relação à textura e avaliação global, obtendo o mesmo índice que F2 em relação ao sabor.

Todas as formulações foram classificadas com menos de 23,5% na região de indiferença e apenas a formulação F1 obteve percentual maior que 23,5% na região de rejeição, com índice de 35,3%.

Cereais matinais com baixo teor de açúcar também foram bem aceitos por crianças de 5 a 12 anos no estudo conduzido por Harris et al. (2011) que comparou os efeitos no consumo de cereais matinais com alto (11 a 12g de açúcar por porção) e baixo (1 a 4g de açúcar por porção) teor de açúcar. De acordo com os autores, as crianças consomem cereais com teor reduzido de açúcar quando são oferecidos a elas e isso fornece uma opção de café da manhã nutricionalmente superior, uma vez que crianças que consomem cereais ricos em açúcar refinado tendem a consumir quase o dobro de porções e de açúcar. Além disso, as crianças que consumiram os cereais com menos açúcar foram as mais propensas a adicionar frutas ao café da manhã.

4. Conclusão

A incorporação de 1% e 2% de folhas de estévia pré-tratadas com etanol alterou significativamente a composição centesimal dos cereais matinais de tapioca. Porém, devido à natureza do amido de mandioca e à baixa concentração de estévia, a qualidade nutricional avaliada foi menor que a relatada na literatura para outras matérias primas. Entretanto, a mandioca é rica em vitaminas e cálcio e as folhas de estévia são fontes de compostos bioativos que não foram avaliados nesse trabalho, fazendo-se necessária maior investigação desses micronutrientes e otimização das formulações em trabalhos futuros.

Todas as formulações foram bem aceitas sensorialmente para os atributos de sabor, textura e avaliação global, não havendo diferença significativa entre as médias das amostras, sendo classificadas majoritariamente na região de aceitação.

O cereal matinal elaborado com adição de 2% de folhas de estévia obteve os menores percentuais na região de rejeição e os maiores teores de proteínas, se mostrando promissor para a produção de cereais matinais.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- Brasil (CAPES) pelo suporte financeiro.

Referências

- Agyemang, P. N., Akonor, P. T., Tortoe, C., Johnsona, P. N. T., & Manu-Aduening, J. (2020). Effect of the use of starches of three new Ghanaian cassava varieties as a thickener on the physicochemical, rheological and sensory properties of yoghurt. *Scientific African*, 9, e00521. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00521>
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists (2005). *Official Methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. (18th ed).
- Arivalagan, M., Manikantan, M. R., Yasmeen, A. M., Sreejith, S., Balasubramanian, D., Hebbar, K. B., & Kanade, S. R. (2018). Physicochemical and nutritional characterization of coconut (*Cocos nucifera* L.) haustorium based extrudates. *LWT - Food Science and Technology*, 89(July 2017), 171–178. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.10.049>
- Awolu, O. O., Oluwaferanmi, P. M., Fafowora, O. I., & Oseyemi, G. F. (2015). Optimization of the extrusion process for the production of ready-to-eat snack from rice, cassava and kersting's groundnut composite flours. *LWT - Food Science and Technology*, 64(1), 18–24. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.05.025>
- Bechoff, A., Tomlins, K., Fliedel, G., Becerra Lopez-lavalle, L. A., Westby, A., Hershey, C., & Dufour, D. (2018). Cassava traits and end-user preference: Relating traits to consumer liking, sensory perception, and genetics. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(4), 547–567. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1202888>
- BRASIL. Instrução Normativa nº 23 de 15 de dezembro de 2005. *Aprova o regulamento técnico de identidade e qualidade dos produtos amiláceos derivados da raiz de mandioca*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 15 de dez 2005.
- Cecchi, H. M. (2003). *Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos*. Editora da Unicamp.
- Cheng, W., Gao, L., Wu, D., Gao, C., Meng, L., Feng, X., & Tang, X. (2020). Effect of improved extrusion cooking technology on structure, physicochemical and nutritional characteristics of physically modified buckwheat flour: Its potential use as food ingredients. *Lwt*, 133(May). <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109872>
- Dalbhat, C. G., & Mishra, H. N. (2019). Effects of extrusion process conditions on system parameters; physicochemical properties and cooking characteristics of extruded fortified rice kernels. *Journal of Cereal Science*, 89(May), 102782. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.05.016>
- Dudu, O. E., Ma, Y., Adelekan, A., Oyedeji, A. B., Oyeyinka, S. A., & Ogungbemi, J. W. (2020). Bread-making potential of heat-moisture treated cassava flour-additive complexes. *Lwt*, 130(April), 109477. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109477>
- Fernandes et al. (2017). *Análises de Cenários da Cadeia da Mandioca*. Embrapa.
- Ferreira, L. F., de Oliveira, A. C. S., Begali, D. de O., Neto, A. R. de S., Martins, M. A., de Oliveira, J. E., Borges, S. V., Yoshida, M. I., Tonoli, G. H. D., & Dias, M. V. (2021). Characterization of cassava starch/soy protein isolate blends obtained by extrusion and thermocompression. *Industrial Crops and Products*, 160(November 2020), 113092. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.113092>
- Fiora, F. A., Soares, M. S., da Silva, F. A., de Moura, C. M. A., & Grossmann, M. V. E. (2015). Physical quality of snacks and technological properties of pre-gelatinized flours formulated with cassava starch and dehydrated cassava bagasse as a function of extrusion variables. *LWT - Food Science and Technology*, 62(2), 1112–1119. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.02.030>
- Formigoni, M., Milani, P. G., da Silva Avíncola, A., dos Santos, V. J., Benossi, L., Dacome, A. S., Pilau, E. J., & da Costa, S. C. (2018). Pretreatment with ethanol as an alternative to improve steviol glycosides extraction and purification from a new variety of stevia. *Food Chemistry*, 241(July 2017), 452–459. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.022>
- Francelin, M. F., Machado, L. M., Silva, D. de M. B. da, Alves, E. da S., Peralta, R. M., Costa, S. C., & Monteiro, A. R. G. (2021). Desenvolvimento e caracterização de snack de milho extrusado com adição de farinha de ora-pro-nóbis. *Research, Society and Development*, 10(3), e2910312850. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i3.12850>
- Goyal, S. K., & Goyal, R. K. (2010). Stevia (*Stevia rebaudiana*) a bio-sweetener: a review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 7486. <https://doi.org/10.3109/09637480903193049>

- Grasso, S. (2020). Extruded snacks from industrial by-products: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 99(January 2019), 284–294. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.012>
- Gu, B. J., Kerr, C. J., Morris, C. F., & Ganjyal, G. M. (2021). Soft durum wheat as a potential ingredient for direct expanded extruded products. *Journal of Cereal Science*, 98(February), 103184. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103184>
- Harris, J. L., Schwartz, M. B., Ustjanuskas A., Ohri-Vachaspati, P., Brownell, K.D. (2011). Effects of serving high-sugar cereals on children's breakfast-eating behavior. *Pediatrics*. 71 (2011), 127. <https://doi.org/10.1542/peds.2010-0864>.
- Hirunyophat, P., Chalermchaiwat, P., On-nom, N., & Prinyawiwatkul, W. (2022). Selected physicochemical properties and sensory acceptability as affected by addition of lecithin and calcium carbonate in extruded breakfast cereals made with silkworm pupae powder and rice flour. *International Journal of Food Science and Technology*, 57(1), 631–642. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15356>
- Li, S., Cui, Y., Zhou, Y., Luo, Z., Liu, J., & Zhao, M. (2017). The industrial applications of cassava: current status, opportunities and prospects. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(8), 2282–2290. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8287>
- Limberger, V. M., Comarela, C. G., Patias, L. D., Brum, F. B., Emanuelli, T., & da Silva, L. P. (2009). Extruded snack broken rice production to the food industry usage. *Ciencia Rural*, 39(9), 2590–2594. <https://doi.org/10.1590/s0103-84782009000900032>
- Ma, S., Wang, H., Li, J., Xue, M., Cheng, H., Qin, Y., & Blecker, C. (2021). Effect of the ratio of wheat flour and cassava and process parameters on the pellet qualities in low starch feed recipe extrusion. *Animal Feed Science and Technology*, 271(November 2019), 114714. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114714>
- Melo, G. B., Farago, C. V., Escher, G. B., Granato, D., Bolanho, B. C., Danesi, E. D. G. (2021). Snack extrusado a base de arroz com *Spirulina plantesis* e farinha mista de subprodutos de laranja e palmito pupunha. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 5, e41310515142, 2021 <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i5.15142>
- Monteiro. A. R. G., & A., C. L. (2013). *Análise sensorial de alimentos: testes afetivos, discriminativos e descritivos* (1. ed.). EDUEM.
- Nascimento, W. J. do, Silva, D. de M. B. da, Alves, E. S., & Monteiro, A. R. G. (2021). Desenvolvimento e caracterização de snack extrusado a base de farinha de tapioca, e avaliação sensorial sobre intenção de compra. *Research, Society and Development*, 10(2), 1–14.
- Otondi, E. A., Nduko, J. M., & Omwamba, M. (2020). Physico-chemical properties of extruded cassava-chia seed instant flour. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2(July), 100058. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100058>
- Parente, G. D. L., Macêdo, F. A., Diniz, N. C. M., Conceição, M. M., Ubbink, J., Braga, A. L. M. Observations on the formation and textural properties of “tapiocas”, a traditional cassava-based food from the Northeast of Brazil. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 26(2021) 100417. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100417>.
- Pasqualone, A., Costantini, M., Coldea, T. E., & Summo, C. (2020). Use of Legumes in Extrusion Cooking: A Review. *Foods*, 9(7), 958. <https://doi.org/10.3390/foods9070958>
- Preethi, P., Mangalassery, S., Shradha, K., Pandiselvam, R., Manikantan, M. R., Reddy, S. V. R., Devi, S. R., & Nayak, M. G. (2021). Cashew apple pomace powder enriched the proximate, mineral, functional and structural properties of cereal based extrudates. *Lwt*, 139(May 2020), 110539. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110539>
- Silva, S. B. da, Formigoni, M. A., Zorzenon, M. R., Milani, P. G., Dacome, A. S., Seixas, F. A. V., & Costa, S. C. da. (2019). Development of diet cereal bar sweetened with stevia leaves pre-treated with ethanol. *Food Science and Technology*, 2061, 1–8. <https://doi.org/10.1590/fst.19319>
- Vedove, T. M. A. R. D., Maniglia, B. C., & Tadini, C. C. (2021). Production of sustainable smart packaging based on cassava starch and anthocyanin by an extrusion process. *Journal of Food Engineering*, 289(October 2019), 110274. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110274>
- Wang, J., Zhao, H., Wang, Y., Lau, H., Zhou, W., Chen, C., Tan, S. A review of stevia as a potential healthcare product: Up-to-date functional characteristics, administrative standards and engineering techniques. *Trends in Food Science & Technology*. 103(2020) 264–281. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.023>.
- Yagci, S., Caliskan, R., Gunes, Z. S., Capanoglu, E., & Tomas, M. (2022). Impact of tomato pomace powder added to extruded snacks on the in vitro gastrointestinal behaviour and stability of bioactive compounds. *Food Chemistry*, 368(August 2021), 130847. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130847>