# UNIVERSIDADEESTADUALDEMARINGÁ

## CENTRODECIÊNCIASAGRÁRIAS

**ProgramadePós-GraduaçãoemCiênciadeAlimentos**

**EFEITOS DO PROCESSAMENTO DE *CEREAL MATINAL* EXTRUSADOS ​​FORTIFICADOS COM CONCENTRADO PROTEICO DO SORO DO LEITE (*WHEY PROTEIN*)**

**Vanessa Menezes Ferreira Bachini**

Maringá 2024

**Vanessa Menezes Ferreira Bachini**

**EFEITOS DO PROCESSAMENTO DE *CEREAL MATINAL* EXTRUSADOS ​​FORTIFICADOS COM CONCENTRADO PROTEICO DO SORO DO LEITE (*WHEY PROTEIN*)**

Dissertaçãoapresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Maringá, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Ciência de Alimentos

Maringá 2024

**Orientador**

Professor Dr. Antonio Roberto Giriboni Monteiro

# BIOGRAFIA

Vanessa Menezes Ferreira Bachininasceuem23/01/1991 na Cidade de Campo Mourão (PR) Possuigraduação em Nutrição pelo Centro UniversidadeIngá (UNINGÁ). Especialista em Nutrição clínica e Nutrição Esportiva, palestrante. Atua como professora auxiliar no curss de Nutrição do Centro Universidade Ingá (UNINGÁ) e como nutricionista na clínia Instituto Davantel.

***Dedico***

“Dedico este trabalho ao meu esposo Daniel Luiz Bachini a minha filha Heloisa Ferreira Bachini, que são a razão dos meus esforços diários, a minha base e os amores da minha vida. E também a minha Mentora Flavia Teixeira que me apresentou o mundo acadêmico e me incentivou a dar esse passo na minha carreira profissional, me inspirando todos os dias com sua garra, força, inteligência e resiliênsia”

# AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus que me permitiu a conclusão de mais um etapa em minha vida. E graças a ele, aqui cheguei com o coração repleto de gratidão, por cada batalha vencida diariamente. Em segundo lugar agradeço imensamente a minha família, principalmente ao meu esposo Daniel Luiz Bachini por todo apoio emocional, motivacional e principalmente pela paciência a minha querida filha Heloisa Ferreira Bachini, razão do meu esforço diário e aos meus pais pelos ensinamentos que ajudaram a moldar o meu caráter. Em terceiro lugar, agradeço muito de coração essa pessoa tão especial que Deus colocou em minha vida Me. Flavia teixeira que foi minha inspiração e exemplo de profissional, que se tornou minha amiga pessoal e continua me inspirando todos os dias com sua garra, força, inteligência e resiliênsia, obrigada por toda paciência que teve comigo, por todo conhecimento transmitido, respeito e atenção, carregarei comigo todo ensinamento e uma gratidão eterna. Também gostaria de agradecer aos profissionais que atendem na clínica instituto Davantel pelo apoio, compreensão e suporte. Ao meu Orientador Dr. Antonio Roberto Giriboni Monteiro por toda paciência, calma e incentivo em todas as etapas, ao professor Dr. Oscar que viabilizou as minhas análises químicas em seu laboratório, aos alunos Geovani e fabio que também me ajudou nos processamentos de extrusão. E para finalizar todos professores do programa de pós graduação em Ciências dos alimentos, da UEM que me acolheram maravilhosamente bem, aos técnicos de laboratório e a secretária Marilda que sempre esteve disposta e solicita para me ajudar. E aos meus colegas de turma do mestrado que alguma forma me ajudaram e estiveram junto comigo durante esse período.

# APRESENTAÇÃO

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

VANESSA MENEZES FERREIRA BACHINI¹, FLAVIA TEIXEIRA 2, GHIOVANI ZANZOTTI RANIERO3 GABRIEL SARACHE4 FÁBIO LUIZ VIEIRA FREZ 5, ANTONIO ROBERTO GIRIBONI MONTEIRO6Efeitos do processamento de *cereal matinal* extrusados ​​fortificados com concentrado proteico do soro do leite (*whey protein*). **Revista ciência agronômica** (ufc. Online).

# GENERAL ABSTRACT

In recent decades, the prevalence of common diseases such as obesity, diabetes and cardiovascular diseases has increased, therefore the need for a healthy diet is becoming increasingly important in order to prevent the development of these diseases, considering this the [food industry](https://www.sciencedirect.com/topics/food-science/food-product) has tried options healthier for consumers, through the development of different types of foods with nutritious ingredients such as proteins. The extrusion process is a technique used in the food industry to produce breakfast cereals made with a high proportion of cereals high [in carbohydrates](https://www.sciencedirect.com/topics/food-science/carbohydrate) and low in proteins. Whey protein concentrate ( *Wey protein* ) as it is a protein of high biological valueIt is a valuable source of proteins and minerals and is one of the highest quality components for possible enrichment of the extrudate. The objective of the research was to evaluate the effect of adding *Whey protein* to corn flour in breakfast cereals on sensory characteristics and physicochemical aspects. Four breakfast cereal formulations were prepared with the addition of different levels of *Whey protein* : 0% (F1), 11% (F2), 15% (F3), 18% (F4) and corn grits : 100% (F1 ), 89% (F2), 85% (F3) and 82% (F4) . The samples were evaluated in relation to sensory acceptability and their physicochemical characteristics such as color, moisture content, protein,lipids,ash,carbohydrates and in relation to sensory acceptability with attributes of appearance, aroma, flavor, texture, color and global acceptance . The average nutritional composition of the extruded breakfast cereal F4 (18% *whey* protein *)*presented the lowest levels of moisture (8.44%), ash (0.83%), protein (22.03%), fat (2.95 %), carbohydrate (65.74%) and gross energy (377.63 kcal.100 g–1) . The F1 sample had a higher moisture content (p<0.05) compared to the other formulations. The ash content of the F1 formulation was lower when compared to the other formulations. The lipid content of the breakfast cereals did not show significant differences. The absolute difference between the formulations was small, but carbohydrates reduced by 10% in the F4 formulation compared to F1. Regarding protein, there was an increase in the protein content of formulations F2 (147.58%), F3 (149.37%) and F4 (171.57%) in relation to F1 .Higher levels of whey protein in cereals increased the parameters of luminosity ( *L\** ) *,* yellowness ( *b* \*) and redness ( *a* \*). In general, breakfast cereals with added whey protein can be considered dark in color, as all *L* \* values were less than 50%, with a yellow tone ( *b*\*) and a red undertone. As for the sensory analysis, there was no significant difference (p>0.05) between the formulations for the breakfast cereal evaluated for the attributes appearance, flavor, texture and color, overall acceptance and purchase intention. However, in the aroma attribute F2 and F3 showed a difference (p<0.05) when compared with F1 and F4. Lower scores for all attributes were found in F1. The addition of whey protein in concentrations of up to 18% to mino flour is an alternative for the production of extruded breakfast cereal, with moderate sensory acceptance and improved nutritional quality .

**Keywords:** Breakfast cereal,extrusion, *whey protein*

# RESUMOGERAL

Nas últimas décadas, a prevalência de doenças comuns como obesidade, diabetes e doenças cardiovasculares tem aumentado, portanto a necessidade de uma alimentação saudável está se tornando cada vez mais importante no intuito de prevenir o desenvolvimento dessas doenças, pesando nisso a indústria [alimentar](https://www.sciencedirect.com/topics/food-science/food-product) tem tentado opções mais saudáveis para os consumidores, através do desenvolvimento de diferentes tipos de alimentos com ingredientes nutritivos como as proteínas. O processo de extrusão é uma técnica utilizada na indústria alimentícia para produzir cereal matinal feitos com uma alta proporção de cereais apresentando alto teor [de carboidratos](https://www.sciencedirect.com/topics/food-science/carbohydrate) e pobres em proteínas. O concentrado protéico de soro de leite (*Wey protein*) por ser uma proteína de alto valor biológicoé uma fonte valiosa de proteínas e minerais e é um dos componentes da mais alta qualidade para possível enriquecimento do extrusado. O objetivo da pesquisa foi avaliar o efeito da adição de *Whey protein* a farinha de milho em cereais matinais sobre as características sensoriais, aspectos fisico-químicos. Foram elaboradas quatro formulações de cereal matinais com adição de diferentes níveis de adição *Whey protein*: 0% (F1), 11% (F2), 15% (F3), 18% (F4) e de grits de milho: 100% (F1), 89% (F2), 85% (F3) e 82% (F4). As amostras foram avaliadas em relação à aceitabilidade sensorial e suas características físico-químicas como, cor, teor de umidade, proteína,lipídios,cinzas,carboidratos e em relação à aceitabilidade sensorial com atributos de aparência, aroma, sabor, textura, cor e para a aceitação global. A composição nutricional média do cerealmatinal extrusado F4 (18% de *whey protein*) presentou os teores menores de umidade (8,44%), cinzas (0,83%), proteinas (22,03%), gordura (2,95%), carboidrato (65,74%) e energia bruta (377,63 kcal.100 g–1). A amostra F1 apresentou maior teor de umidade (p<0,05) em comparação as demais formulações, O conteúdo de cinzas da formulação F1 foi menor quando comparado as demais formulações,oteor [lipídico](https://www.sciencedirect.com/topics/biochemistry-genetics-and-molecular-biology/lipid) dos cereais matinais não apresentou diferenças significativas. Diferença absoluta entre as formulações foi pequena porém os carboidratos reduziram em 10% na formulação F4 comparada a F1. Com relação a proteina houve um aumento no teor de proteína das formulações F2 (6,11%), F3 (6,34%) e F4 (9,19%) em relação à F1. Maiores teores de whey protein nos cereais aumentaram os parâmetros de a luminosidade (*L\**)*,*os teores de amarelo (*b*\*) e de vermelho (*a*\*). Em geral, os cereais matinais adicionados de whey protein pode ser considerada de cor escura, já que todos os valores de *L*\* foram menores que 50%, com tom de amarelo (*b*\*) e subtom de vermelho. Quanto à análise sensorial, o cereal matinal avaliado não houve diferença significativa (p>0,05) entre as formulações para os atributos aparência, sabor, textura e cor, aceitação global e intenção de compra. Contudo, no atributo aroma F2 e F3 apresentaram diferença (p<0,05) quando comparadas com F1 e F4. Menores notas para todos os atributos foram encontradas em F1. A adição de whey protein em concentrações de até 18% a farinha de minho é uma alternativa para produção de ceral matinal extrusado, com aceitação sensorial moderada e melhora na qualidade nutricional.

**Palavras-chave:**Cereal matinal,extrusão, *whey protein*

## INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a prevalência de doenças comuns como obesidade, diabetes e doenças cardiovasculares tem aumentado, portanto a necessidade de uma alimentação saudável está se tornando cada vez mais importante no intuito de prevenir o desenvolvimento dessas doenças e melhorar a qualidade de vida (BLÜHER, 2019; GALMICHE*et al*.,  [2019](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1466856423001534#bb0105) ).Devido ao aumento do custo dos cuidados de saúde, das doenças crônicas não transmissíveis a indústria [alimentar](https://www.sciencedirect.com/topics/food-science/food-product) tem tentado opções mais saudáveis para os consumidores através do desenvolvimento de diferentes tipos de alimentos funcionais ( [DUTTAROY, 2019](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1466856423001534#bb0075) ).

O aumento da ingestão de proteínas é benéfico para aumetar a síntese muscular, auxiliar na perda de gordura e reduzir o risco de doenças cardiovasculares, portanto seu consumo deve ser incentivado ([MORALES et al., 2017](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224423000122#bib66) ). A proteína do soro do leite (*whey protein)* por ser uma proteína de alto valor biológicoatuam na saúde humana, como anticancerígena, antimicrobiana, redução da pressão arterial, supressão do apetite, hipocolesterolemia [e](https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/hypocholesterolemic) inibição da placa dentária e cárie. A contribuição do teor de proteína para a [ingestão dietética recomendada](https://www.sciencedirect.com/topics/food-science/recommended-dietary-allowance) (RDA) pelo consumo de uma porção (40 g) de diferentes combinações de lanches extrusados . A RDA de proteína é de 0,8 g/kg/d para toda a população adulta, incluindo jovens e idosos, homens e mulheres ( [Instituto de Medicina, 2005](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030881462201069X#b0120) ).

O concentrado protéico de soro de leite (WPC) é uma fonte valiosa de proteínas e minerais e é um dos componentes da mais alta qualidade para possível enriquecimento do extrusado ( [BRNČIĆ *et al.,* 2011](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030881462201069X#b0050) ). Além desses aspectos nutricionais, as proteínas do soro possuem propriedades reológicas e funcionais ideais para o processo de extrusão, pois possuem alta solubilidade e alta capacidade de formação de gel e espuma ( [GONG *et al*., 2021](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030881462201069X#b0110) ,[KRISTENSEN *et al.*, 2021](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030881462201069X#b0125) ). As altas temperaturas utilizadas no processamento de extrusão podem reduzir a retenção de aminoácidos. A [reação de Maillard](https://www.sciencedirect.com/topics/biochemistry-genetics-and-molecular-biology/glycation) é a principal razão para reduzir os aminoácidos em *Cereal matinals* extrusados ​​à base de cereais ricos em proteínas. Porém, as taxas de retenção de aminoácidos dependem da umidade da alimentação, da temperatura e de outros parâmetros de extrusão ( [TEBA *et al.*, 2017](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030881462201069X#b0180) ).  O processamento de extrusão aumentou a digestibilidade da proteína e do amido e também o perfil de aminoácidos nos extrudados em comparação com as misturas não extrusadas. Em um estudo os autores fizeram salgadinhos fortificados com feijão-caupi e proteína de soro de leite aumentaram a fibra alimentar, as propriedades antioxidantes e o perfil de aminoácidos, observaram que na digestão in vitro houve redução na resposta glicêmica dos produtos extrusados (DILRUKSHI et al, 2022).

O processo de extrusão é uma técnica utilizada na indústria alimentícia para produzir alimentos processados, como cereais matinais, Cereal matinals, biscoitos e massas alimentícias, além de rações para animais domésticos (SAEED & ARSHAD, 2022). Um dos produtos extrusados ​​mais comumente encontrados no mercado são o *Cereal matinal,* que são fontes alimentares ricas em energia, [sódio](https://www.sciencedirect.com/topics/food-science/sodium), açúcar e gordura, no entanto pobres em proteínas e fibras alimentares ( [YOUNGINER*et al.*, 2016](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1466856423001534#bb0295);[PHILIPP et al., 2017](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224423000122#bib75) ).O processo geralmente envolve alta temperatura, alta pressão e altas taxas de cisalhamento, que induzem alterações químicas e físicas nos materiais alimentares ( [MASATCIOGLU *et al.*, 2014](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224423000122#bib60)). Fato esse que pode melhorar características como digestibilidade, textura, sabor e disponibilidade de nutrientes (SALVADOR *et al.,* 2023). Contudo, a elevada temperatura pode ocasionar a perda de nutrientes e compostos antioxidantes sensíveis ao calor. No entanto, a extrusão pode favorecer a segurança alimentar ao prolongar o *shelf life* dos produtos (EGAL & OLDEWAGE-THERON, 2020; SANTOS et al., 2022).

A qualidade dos *Cereal matinal* extrusados ​​tem sido amplamente influenciada por sua taxa de expansão, densidade aparente, microestrutura, bem como propriedades texturais, como força de ruptura e crocância ( [PHILIPP et al., 2017](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1466856423001534#bb0220) ; [TAS & SHAH, 2021](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1466856423001534#bb0275)). Portanto, a textura e as características físicas são parâmetros críticos quanto à aceitabilidade do produto pelo consumidor. No entanto a adição de ingredientes ricos em proteínas e fibras aos extrusados ​​com amido tem uma influência negativa nessas características texturais e físicas. Alguns autores observaram que o aumento no teor de proteína e fibra alimentar diminui a taxa de expansão e aumenta a densidade aparente( [BASÍLIO-ATENCIO, CONDEZO-HOYOS, & REPO-CARRASCO-VALENCIA, 2020](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1466856423001534#bb0025) ; [BECK *et al.,* 2018](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1466856423001534#bb0030); [PHILIPP *et al.,* 2017](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1466856423001534#bb0220) ; TÉLLEZ-MORALES *et al*, 2020 ). Alguns autores mostraram que a velocidade da rosca é o parâmetro do processo que tem maior influência nas propriedade físicas e texturais dos produtos extrusados, portanto as condições de produção também podem influenciar nessas características( [NEDER-SUÁREZ *et al.,* 2021](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1466856423001534#bb0180) ). O aumento da velocidade da rosca tem um efeito positivo, ou seja, aumento da expansão e diminuição da dureza do lanche ( [FÉLIX-MEDINA *et al.,* 2020](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1466856423001534#bb0085) ; [NEDER-SUÁREZ *et al.*, 2021](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1466856423001534#bb0180) ; [Philipp *et al.,* 2018)](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1466856423001534#bb0220).  Portanto é um desafio para industria desenvolver um produto enriquecido com proteína e mantenha as propriedades fisico químicas e uma boa aceitabilidade pelo consumidor.

Diante disso o objetivo da pesquisa foi identificar a capacidade de extrusão de farinhas adicionadas de *whey protein* concentrado para produção de *Cereal matinal*, assim como caracterizar a composição físico-química, nutricional e sensorial, visando melhorar a qualidade alimentar.

## Metodologia

Caracteriza-se como um estudo transversal, de campo e laboratorial, realizado no período de março de 2022 a março 2024.

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Centro Universitário Ingá (UNINGÁ), sob parecer nº 4.948.519/2021. Para a realização da análise sensorial os participantes receberão um convite prévio e a explicação de todas as etapas e objetivos. Os critérios de exclusão serão: possuir alergia aos ingredientes utilizados na elaboração do *Cereal matinal*, ser gestante, não ser aluno, professor ou funcionário da UNINGÁ, idade inferior a 18 anos e superior a 59 anos e não entregar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) assinado.

## Aquisição da matéria prima

Foram utilizados 900g de proteína de sabor neutro (*DUX* ®*)* comprada em loja de produtos naturais local (Maringá, PR, Brasil), 2 kg de grits de milho, fornecidos pela Nutrimilho (Maringá, PR, Brasil). Os ingredientes para a calda foram adquiridos em lojas específicas de produtos alimentícios, sendo eles: água mineral sem gás (Safira®), cacau em pó 100% (Nestlé®), whey protein concentrado sabor chocolate (*DUX* ®*)*, açúcar líquido invertido (Diottoni®) e corante alimentício marrom (Mago®).

## Formulação

Foram elaboradas quatro formulações de Cereal matinal: F1 padrão (100% milho) e as demais adicionadas de 11% (F2), 15% (F3), 18% (F4) de *whey protein*. Esses níveis de adição serão definidos por meio de testes sensoriais preliminares realizados com o produto. Além do *whey protein*, os seguintes ingredientes foram utilizados nas formulações: grits de milho, 89% (F2), 85% (F3) e 82% (F4), água sem gás 2% e o *whey protein*misturados ao grits e adicionado a água.

O fubá de milho branco (*Zea mays*) e fécula de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) foram usados como ingredientes base para os produtos extrusados e fornecidos pela Nutrimilho (Maringá, PR, Brasil). As misturas foram preparadas misturando as farinhas de cenoura e abóbora em diferentes proporções obtendo um total de quatro formulações (Tabela 1). As farinhas foram misturadas em sistema de mistura doméstico e armazenadas em sacos de polietileno antes extrusão. Os ingredientes para a calda foram adquiridos em lojas específicas de produtos alimentícios, sendo eles: água mineral sem gás (Safira®), cacau em pó 100% (Nestlé®), edulcorante natural glicosídeos de esteviol (Steviafarma®), açúcar líquido invertido (Diottoni®) e corante alimentício marrom (Mago®).

## Tabela 1. Amostras codificadas.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **F1** | **F2** | **F3** | **F4** |
| **Ingredientes (%)** |  |  |  |  |
| Grits de milho | 100 | 89 | 85 | 82 |
| Whey protein concentrado neutro | 0 | 11 | 15 | 18 |
| Água mineral sem gás | 2 | 2 | 2 | 2 |
|  |  |  |  |  |
| **Calda (%)** |  |  |  |  |
| Água mineral sem gás | 80 | 80 | 80 | 80 |
| Açúcar líquido invertido | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Whey protein concentrado (chocolate) | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Cacau em pó 100% | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Corante alimentício marrom | 1 | 1 | 1 | 1 |

Fonte: Os autores, 2024

## Extrusão

A extrusão foi realizada conforme Monteiro et al. (2016) utilizando equipamento de parafuso único IMBRA RX50 (INBRAMAQ, Ribeirão Preto, SP, Brasil) com 50 mm de diâmetro e 200 mm de comprimento. A matriz tinha dois orifícios de 3 mm de diâmetro e os parâmetros de extrusão eram 20 A de amperagem do motor, uma taxa de alimentação de 12 gs-1 e uma velocidade de rosca de 120 rpm. Posteriormente, as amostras foram submetidas ao processo de tambleamento para asperção da calda, a 60 °C em tambor rotativo.

## Análise sensorial

Participaram da pesquisa 100 julgadores não treinados, sendo alunos, funcionários e professores da UNINGÁ, de ambos os gêneros, com idade entre 18 e 52 anos, os quais deveriam ser consumidores habituais de cereal matinal. Os testes foram conduzidos em cabines individuais e com iluminação de cor branca. Para a realização da análise sensorial os participantes receberam um convite prévio e a explicação de todas as etapas e objetivos. Os atributos de aparência, aroma, sabor, textura e cor, e a aceitação global foram avaliados por meio de uma escala hedônica mista de 9 pontos, variando de 1 (“desgostei muitíssimo”) a 9 (“gostei muitíssimo” (MEILGAARD *et al*., 2015).Foram aplicadas também questões de aceitação global com auxílio de escala hedônica estruturada de 9 pontos e intenção de compra, utilizando-se uma escala estruturada de 5 pontos (1: “certamente não compraria”, 5: “certamente compraria”). Os julgadores receberam uma porção de cada amostra (aproximadamente 10 g), em copos plásticos (50 ml) descartáveis brancos, codificados com números de três dígitos, de forma casualizada e balanceada (MACFE; BRATCHELL, 1989), acompanhados de um copo de água para limpeza do palato. As formulações foram oferecidas aos julgadores de forma monádica sequencial. O cálculo do Índice de Aceitabilidade (IA) foi realizado segundo a fórmula: IA (%) = A x 100/B (A = nota média obtida para o produto; B = nota máxima dada ao produto) (MACFE; BRATCHELL, 1989).

## Análises físico-químicas

As determinações químicas foram realizadas em triplicata no *Cereal matinal* adicionados com diferentes níveis de *whey protein.* foram realizadas as seguintes avaliações: A umidade foi medida a partir da perda de massa da amostra aquecida em estufa a 105 °C até peso constante. As proteínas (g 100 g-1) foram medidas pelo [método Kjeldahl](https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/kjeldahl-method)para determinação do nitrogênio total. O conteúdo [lipídico](https://www.sciencedirect.com/topics/biochemistry-genetics-and-molecular-biology/lipid)  (g 100 g-1) pelo método BLIGH DYER (1959); o teor de cinzas, por [carbonização](https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/carbonization) seguida de incineração completa em mufla a 550 °C; Todos os métodos são recomendados pela [AOAC (2011)](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814619310581" \l "b0025) . Os carboidratos foram calculados pelo método das diferenças, subtraindo-se de cem os valores dos teores de umidade, cinzas, proteínas e lipídios(*% Carboidrato = 100 - (% umidade + % proteína + % lipídio + % cinzas*). O valor [energético](https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/energetics) total foiestimado em (kcal 100 g-1), utilizando-se os valores recomendados por Atwater e Woods (1986) para lipídio (9 kcal g), proteína (4 kcal g) e carboidrato (4 kcal g).Os resultados serão expressos em g 100 g-1; cor, será analisada pelo sistema da *ComissionInternatinale de E'clairage* (CIE) *L*\* (luminosidade), *a*\* (vermelho-verde) e *b*\* (amarelo-azul), com leitura em colorímetro.

Os resultados serão analisados por meio de análise de variância (ANOVA). As médias dos grits e amido de milho e os Cereal matinals adicionados de diferentes níveis de *whey protein* pelo teste de Tukey com p ≤ 0,05. O *software Statistical Package for the Social Sciences*, versão 19.0 será utilizado para a realização dos cálculos estatísticos.

O Valor diário de referência (VD)foi calculado em relação a 30 g da amostra, com base nos valores médios, preconizados para adultos de 18 a 59 anos (DRI, 2005), resultando em: 2.127,5 kcal/dia, 305,55 g/dia de carboidratos, 89,38 g/dia de proteínas, 60,87 g/dia de lipídios.

* 1. **Análise estatística**

Os resultados foram analisados por meio de análise de variância (ANOVA). As médias dos cereais matinais adicionados de diferentes níveis de *Whey protein*foram pelo teste de Tukey com p ≤ 0,05. O *software Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS, Chicago, IL, USA), versão 19.0 foi utilizado para a realização dos cálculos estatísticos.

1. **Resultados e discussão**
   1. **Análise sensorial**

Os resultados do teste para avaliar a aceitação da formulação de cereal matinal nas proporções de F1 padrão (100% milho) e as demais adicionadas de 11% (F2), 15% (F3), 18% (F4) de *whey protein* estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 3.** Escores sensoriais da avaliação de cereais matinais com diferentes teores de *whey protein* concentrado.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Parâmetros** | **F1** | **F2** | **F3** | **F4** |
| Média±DP | Média±DP | Média±DP | Média±DP |
| Aparência | 5,8 ± 1,78 a | 6,48 ±1,68a | 6,15±1,75a | 6,16±1,80a |
| IA (%) | 67,03 | 69,62 | 66,66 | 70 |
| Aroma | 5,45±1,73b | 6,21±1,65ab | 5,55±1,71ab | 6,26±1,74a |
| IA (%) | 65,74 | 65,37 | 63,70 | 66,11 |
| Sabor | 5,55±1,77a | 6±1,61a | 5,75±1,68a | 5,8±2,14 a |
| IA (%) | 66,29 | 65,37 | 62,22 | 62,77 |
| Textura | 6,06±1,92b | 6,93±1,60a | 6,61±1,85ab | 6,33±1,94ab |
| IA (%) | 72,59 | 73,14 | 70,18 | 72,40 |
| Cor | 5,71±1,94ab | 6,65±2,04a | 6,15±2,05ab | 5,58±2,20b |
| IA (%) | 69,07 | 66,48 | 65 | 67,22 |
| Aceitação global | 5,81±1,74 a | 5,8±1,42 a | 6±1,45a | 5,7±1,90a |
| IA (%) | 65,92 | 65 | 65,37 | 62,77 |
| Intenção de compra | 3,01±1,26a | 3,11±0,91a | 2,96±1,06a | 2,78±1,31 a |
| IA (%) | 62 | 58,33 | 59 | 58,33 |

Letras minúsculas distintas na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05) para as formulações; DP: desvio padrão; IA: índice de aceitabilidade. Adição da proteina do soro do leite concentrado e de sabor neutro ao cereal matinal com 100% milho: 0% (F1); 10% (F2); 0% (F3) e; 5% (F4) e de farinha de polpa de abóbora: : 0% (F1); 11% (F2); 15% (F3) e; 18% (F4): Os autores, 2024.

Não houve diferença significativa (p>0,05) entre as formulações para os atributos aparência, sabor, textura e cor, aceitação global e intenção de compra. Contudo, no atributo aroma F2 e F3 apresentaram diferença (p<0,05) quando comparadas com F1 e F4. Menores notas para todos os atributos foram encontradas em F1. Dados que corroboram com Alonso *et al.* (2019) na aceitação de extrusados ​​à base de amido resistente a partir de resíduos de arroz e soro de leite (10%). Além disso, os IA’s foram em geral maiores que 60%, o que de acordo com Sturion (2002) é considerada uma aceitação média.

* 1. **Caracterização físico química do cereal matinal**

Os parâmetros de cor *L*\*, *a*\* e *b*\* dos cereais matinais adicionado de diferentes níveis de concetração de whey protein estão descritos na Tabela 2.

**Tabela 2.** Parâmetros de cor *L\**, *a\** e *b\** (média ± desvio padrão) da farinha integral de cenoura e da farinha de polpa de abóbora e dos cereais matinais adicionados de diferentes níveis de farinhas.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Amostras** | ***L*\*** | ***a*\*** | ***b*\*** |
| F1 | 30,89±0,02b | 8,89±0,32b | 5,46±0,44c |
| F2 | 34,43±2,61b | 8,90±0,04b | 7,11±0,39bc |
| F3 | 37,40±2,66b | 9,25±0,56b | 7,75±0,03b |
| F4 | 47,47±3,32a | 11,54±0,59a | 10,40±1,34a |

Letras minúsculas distintas na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05) para os cereais matinais;Farinha de milho adcionada de proteina do soro do leite concentrado e de sabor neutro: 0% (F1); 11% (F2); 15% (F3) e; 18% (F4): Os autores, 2024.

Maiores teores de whey protein nos cereais aumentaram os parâmetros de a luminosidade (*L\**)*,*os teores de amarelo (*b*\*) e de vermelho (*a*\*). Em geral, os cereais matinais adicionados de whey protein pode ser considerada de cor escura, já que todos os valores de *L*\* foram menores que 50%, com tom de amarelo (*b*\*) e subtom de vermelho (*a*\*) (KONICA MINOLTA, 2008). Segundo [Lacerda e cols. (2010)](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814619310581?via%3Dihub#b0070) , as reações de Maillard e de caramelização são as explicações mais prováveis ​​para produtos produzidos em altas temperaturas e baixos teores de umidade serem mais vermelhos, com maior teor de [melanoidinas](https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/melanoidin). Na análise sensorial, os julgadores perceberam diferença na cor dos cereais com teor mais elevado de whey protein (18%), indicando a preferência pelo produto com tons mais luminosos e amarelos. Resultados esses que corroboram com Alonso e colaboradores (2019)  em sua formulação de cereais matinais extrusados ​​produzidos com misturas dos subprodutos grãos de arroz quebrados, casca de maracujá e soro de leite onde a luminosidade (L\*) dos cereais matinais variou entre 73,16 e 79,95, e as coordenadas [de cromaticidade](https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/chromaticity) a\* e b\* variaram de 5,08 a 9,3 e de 15,53 a 18,36, respectivamente. A cor dos cereais matinais é uma característica importante para a sua comercialização e é influenciada pela matéria-prima que compõe a sua formulação (Akillioglu&Yalcin, 2010).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Parâmetros** | **F1** | **VD** | | **F2** | | **VD** | | **F3** | **VD** | **F4** | **VD** |
| Média±DP | 30g | | Média±DP | | 30g | | Média±DP | 30g | Média±DP | 30g |
| Umidade (%) | 9,27 ±0,32 a |  | | 8,28 ±0,31a | |  | | 8,64±0,28a |  | 8,44±0,02a |  |
| Cinzas (%) | 0,66±0,28a |  | | 0,83±0,28 a | |  | | 0,83±0,29a |  | 0,83±0,29a |  |
| Proteínas (%) | 12,84±0,29a | 4,30% | | 18,95±0,05b | | 6,36% | | 19,18±0,26b | 6,43% | 22,03±0,22c | 7,28% |
| Lipídeos (%) | 2,88 ± 0,06 a | 1,41% | | 2,7 ±0,06a | | 1,33% | | 2,0±0,02a | 0,98% | 2,95±0,04a | 1,45% |
| Carboidratos | 74,20 | 7,28% | | 69,21 | | 6,79% | | 69,30 | 6,80% | 65,74 | 6,45% |
| Valor energético |  |  | |  | |  |  | |  |  |  |
| (kcal.100 g–1) | 374,12 | | 5,27% | | 376,94 | 5,31% | | 371,96 | 5,24% | 377,63 | 5,32% | |

**Tabela 3**. Composição nutricional média (± desvio padrão) dos cereais matinais adicionados de diferentes níveis de *whey protein*.

Letras minúsculas distintas na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05);DP: desvio padrão; para as formulações:Farinha de milho adcionada de proteina do soro do leite concentrado e de sabor neutro: 0% (F1); 11% (F2); 15% (F3) e; 18% (F4): Os autores, 2024.

## Na Tabela 3 estão apresentados os dados de composição nutricional média do cerealmatinal enriquecido com *whey protein*, F1 (0%) F2 (11%), F3(15%), F4(18%). A amostra F1 apresentou maior teor de umidade (p<0,05) em comparação as demais formulações, sugerindo que a presença de proteínas, resultou em uma redução na umidade, resultados semelhantes foram relatados em snacks extrusados com misturas de farinhas e fortificado com subproduto de soro de leite que apresentou teores de umidade de 8,13% para formulações adicionadas com 10 % de proteina do soro do leite (BAYOMY, et al, 2024). Assim como a maior umidade também foi observada por Allaie colaboradores (2022)em seu estudo com cereais extrusados compostos por diferentes tipos de farinhas onde o grupo composto somente por milho assim como a amostra F1 dessa pesquisa, apresentou umidade 9,18 %.o processo de extrusão pode favorecer a segurança alimentar ao prolongar o *shelf life* dos produtos devido a redução da umidade durante o processamento (EGAL & OLDEWAGE-THERON, 2020; SANTOS et al., 2022) Geralmente, alimentos que apresentam elevado teor de água, tornando-os suscetíveis à ação microbiana e com o tempo de prateleira reduzido sendo assim a redução da umidade é um resultado positivo, garantindo uma vida útil extendida ao produto.

O conteúdo de cinzas da formulação F1 foi menor quando comparado asdemais formulações, esse aumento foi causado pela presença *whey protein*, que são matéria-prima composta por alto teor de cinzas, (ALONSO, CALIARI. & SOARES JUNIOR, 2015).O teor [lipídico](https://www.sciencedirect.com/topics/biochemistry-genetics-and-molecular-biology/lipid) dos cereais matinais não apresentou diferenças significativas, expressando o menor teor de macronutrientes [energéticos](https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/energetics). Outro resultado encontrado foi que ao adicioanr o Whey protein na farinha de milho reduziu o teor de carboidrato, apesar da diferença absoluta entre as formulações ser pequena os carboidratos reduziram em 10% na formulação F4.Houve um aumento no teor de proteína das formulações F2(6,11%), F3 (6,34%) e F4 (9,19%) em relação à F1 Isso ocorreu devido a adição de whey protein como ingrediente do cereal matinal. A formulação F2 18,95 % obteve resultados de 18,95 % proteinas valor superior ao encontrado em estudos semelhantes realizados com adição de proteina concentrada do soro do leite a 10%, em um Cereal matinal extrusado de mandioca sabor canela que obteve uma concentração de 8,38% de proteínas no produto final(SILVA, P. A. et al. 2011).Já Bayomy e colaboradores(2024) em seu trabalho desenvolveu um snacks extrusados com misturas de milho e sobras de amido resistente à base de arroz, farinha de grão de bico fortificado com subproduto de soro de leite (10%)apresentou níveis de proteína com 10,46. As diferenças pode sem explicadas pelas diferenças nas matérias primas e misturas de cada cereal ou como no caso desse trabaho a adição de whey protein Whey concentrado sabor chocolate na calda elevou ainda mais o teor de proteinas, além reduzindo a necessidade de adicionar maiores teores de açúcar a calda. Diante disso, o consumo de cereal matinal adicionado de whey protein possibilitam à população uma maior ingestão de proteina, assim como uma refeiçao equilibrada contendo proporções adequadas de carboidratos e proteinas de alto valor biológico. Além disso o processo de extrusão freqüentemente resulta na mudança das proteínas para melhor, tornando-as mais solúveis e digeríveis ( [GULATI, BRAHMA, &ROSE., 2020](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643824001506#bib21) ). Este é um dos indicadores nutricionais para melhorar o produto e conferir ao consumidor melhores propriedades nutricionais ( DILRUKSHI *et al*, 2022 ), Para melhorar os valores nutricionais dos alimentos extrusados, recomenda-se que fontes naturais de proteína sejam combinadas com outros alimentos como os grãos por exemplo  ( [SAADAT *et al.*, 2020](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643824001506#bib44) ).Sendo assim é um benefício adicional para o consumo desse ceral para pessoas pessoas com tem dificuldade de digerir proteinas, como pacientes bariatrios e idosos, por exemplo, além de fornecer uma aliementação mais equilibrada.

## Conclusão

A produção de cereais matinas com nível de adição de até 18% de *Whey protein* concentradotem uma aceitação moderada pelos consumidores, obtendo-se aceitação sensorial similar à produtos desenvolvidos com os mesmos critérios de produção. Além disso, melhora o perfil químico e nutricional com um aumento nos teores de proteína e cinzas em contra partidareduziu o conteúdo de carboidrato e umidade. Além de promover uma melhora da composição alimentar sem alterar os valores de energia que permaneceram semelhantes entre 374,12 e 377,63 kcal.100 g–1, as características físicas ficaram próximas dos produtos consumidos pela população.

O consumo de cereais matinais adicionados de whey protein deve ser incentivado, uma vez que promove o acesso dos consumidores a alimentos mais saudáveis e a fortificação das formulações [de alimentos extrusados](https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/extruded-food) ​​com proteínas de fontes selecionadas e alto valor biológico pode melhorar a saúde e elevar a qualidade de lanches e cereais matinais.

## 

## REFERÊNCIAS

[ALLAI, F. M.](https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57208393934); [AZAD, Z.R.A.A.](https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57000508200); DAR, B.N.; GUL, K .; JABEEN, A. Breakfast cereals from whole grain and Indian horse chestnut flours obtained through extrusion: Physical, mechanical and functional characteristics. Applied Food Research, v2. p100137, 2022.

ALONSO, D. P.; CALIARI, M.; & SOARES JUNIOR, S. M. Gluten-free breakfast cereal prepared with agroindustrial by-products: physical, chemical, microbiological aspects and sensory acceptance. **Journal of Food Processing & Technology**, v .7, p.1-4, 2015.

ALONSO, S.P.; CALIARI, M.; JÚNIOR, M.S.S.; SILVA, K.S.S.; VIANA, L.F.; GARCIA, L.G.C.; SIQUEIRA, L. M.[Use of agricultural by-products in extruded gluten-free breakfast cereals](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85066987115&origin=recordpage). ***Food Chemistry***, [V. 297](https://www.sciencedirect.com/journal/food-chemistry/vol/297/suppl/C), P.24956, 2019.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (AOAC). **Official Methods of Analysis of AOAC International**.18ª ed. Gaithersburg (MD): AOAC. 2011.

ATWATER, W. O.; WOODS, C. D. The Chemical Composition of American Food Materials. **Experiment Station Bulletin** v. 28. 1986.

BASILIO-ATENCIO, J.; CONDEZO-HOYOS, L.; REPO-CARRASCO-VALENCIA, R. Effect of extrusion cooking on the physical-chemical properties of whole kiwicha (Amaranthus caudatus L) flour variety centenario: Process optimization. **LWT**, v. 128, p. 109426, 2020.

[BAYOMY, H.M.](https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57270858100); [ALAMRI, E.S.](https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57212310739); [ALBALAWI, A.N.](https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=58911653500); [ROZAN, M.A.](https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57445426300); [SHAMSIA, S.M.](https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26024832400)[Production of extruded functional snacks based on resistant starch using waste rice and whey milk](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85186264712&origin=resultslist). [**LWT**](https://www.scopus.com/sourceid/20744?origin=resultslist), V.197, p.115871,2024.

BECK, S.M. et al. Low moisture extrusion of pea protein and pea fibre fortified rice starch blends. **Journal of Food Engineering**, v. 231, p. 61-71, 2018

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v.37, n.8, p.911-917, 1959.

BLÜHER, M. Obesity: global epidemiology and pathogenesis. **Nature Reviews Endocrinology**, v. 15, n. 5, p. 288-298, 2019.

BRNČIĆ, M et al. Influence of whey protein addition and feed moisture content on chosen physicochemical properties of directly expanded corn extrudates. **Food and bioprocess technology**, v. 4, n. 7, p. 1296-1306, 2011.

BUCIĆ-KOJIĆ, A.; et al. Study of solid–liquid extraction kinetics of total polyphenols from grape seeds. **Journal of food engineering**, v. 81, n. 1, p. 236-242, 2007.

DELIĆ, J et al. Sustainable Cereal matinal products: Impact of protein-and fiber-rich ingredients addition on nutritive, textural, physical, pasting and color properties of extrudates. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, p. 103419, 2023.

DILRUKSHI, H. N., TORRICO, D. D., BRENNAN, M. A., & BRENNAN, C. S.Effects of extrusion processing on the bioactive constituents, in vitro digestibility, amino acid composition, and antioxidant potential of novel gluten-free extruded snacks fortified with cowpea and whey protein concentrate. **Food chemistry**, v. 389, p. 133107, 2022.

DUTTAROY, A. K. Regulation of functional foods in European Union: Assessment of health claim by the European food safety authority. In: **Nutraceutical and functional food regulations in the United States and around the world**. Academic Press, p. 267-276, 2019.

EGAL, A.; OLDEWAGE-THERON, W. Extruded food products and their potential impact on food and nutrition security. **South African Journal of Clinical Nutrition**, v. 33, n. 4, p. 142-143, 2020.

FÉLIX-MEDINA, J. V. et al. Second-generation Cereal matinals with high nutritional and antioxidant value produced by an optimized extrusion process from corn/common bean flours mixtures. **Lwt**, v. 124, p. 109172, 2020.

GALMICHE, M et al. Prevalence of eating disorders over the 2000–2018 period: a systematic literature review. **The American journal of clinical nutrition**, v. 109, n. 5, p. 1402-1413, 2019.

GONG, W et al. Structural characterization of modified whey protein isolates using cold plasma treatment and its applications in emulsion oleogels. **Food Chemistry**, v. 356, p. 129703, 2021.

GULATI. P.; BRAHMA. S.; & ROSE, D. J. Impacts of extrusion processing on nutritional components in cereals and legumes: Carbohydrates, proteins, lipids, vitamins, and minerals. **In: Extrusion cooking.** Woodhead Publishing, **2 ed,** p. 415-443, 2020.

HEBDEN, L. et al. You are what you choose to eat: factors influencing young adults' food selection behaviour. **Journal of Human Nutrition and Dietetics**, v. 28, n. 4, p. 401-408, 2015.

KANT, A. K.; GRAUBARD, B. I. 40-year trends in meal and snack eating behaviors of American adults. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, v. 115, n. 1, p. 50-63, 2015.

KRISTENSEN, H. T et al. Protein–protein interactions of a whey–pea protein co‐precipitate. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 56, n. 11, p. 5777-5790, 2021.

LUO, S.; KOKSEL, F. Application of physical blowing agents in extrusion cooking of protein enriched Cereal matinals: Effects on product expansion, microstructure, and texture. **Trends in Food Science & Technology**, 2023.

MACFE, H.; BRATCHELL, N. Designs to balance the effect of order of presentation and frst-order carryover effects in hall tests. **Journal of Sensory Studies**, v.4, n. p.129-148, 1989.

MARKETS, R. Nanotechnology—Global Market Trajectory & Analytics. **Global Industry Analysts, Inc.: San Jose, CA, USA**, 2020.

MASATCIOGLU, M. T. et al. Hull-less barley flour supplemented corn extrudates produced by conventional extrusion and CO2 injection process. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 26, p. 302-309, 2014.

# MEILGAARD, M. C.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. Sensory Evaluation Techniques. v.45. Mouth Raton: CRC Press, 2015.

MONTEIRO, A.R.G.; MARQUES, D.R.; MARCHI L.B.; CHINELLATO, M.M., BERWIG, K.P.; WOLF, B. Eliminating the use of fat in the production of extruded Cereal matinals by applying starch coating**. Chemical Engineering Transactions**, V. 49, p. 625-630, 2016

MORALES, F. E.; TINSLEY, G. M.; GORDON, P. M. Acute and long-term impact of high-protein diets on endocrine and metabolic function, body composition, and exercise-induced adaptations. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 36, n. 4, p. 295-305, 2017.

NEDER-SUÁREZ, D et al. Evaluation of the physicochemical properties of third-generation Cereal matinals made from blue corn, black beans, and sweet chard produced by extrusion. **Lwt**, v. 146, p. 111414, 2021.

PHILIPP, C et al. Impact of protein content on physical and microstructural properties of extruded rice starch-pea protein Cereal matinals. **Journal of Food Engineering**, v. 212, p. 165-173, 2017.

PHILIPP, C et al. Pea protein-fortified extruded Cereal matinals: Linking melt viscosity and glass transition temperature with expansion behaviour. **Journal of Food Engineering**, v. 217, p. 93-100, 2018.

PULIDO, R.; BRAVO, L.; SAURA-CALIXTO, F. Antioxidant activity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 48, n. 8, p. 3396-3402, 2000.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; et al. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington: ILSI press, 2001.

SAADAT, S. et al. Multilegume bar prepared from extruded legumes flour to address protein energy malnutrition. **Italian journal of food science**, v. 32, n. 1, 2020.

SAEED, F.; ARSHAD, M. S. Extrusion processing for enhanced functional properties and potential health benefits of food products. **Food Chemistry**, v.372, p.131-171, 2022.

SALVADOR‐REYES, R .; SAMPAIO, U. M., MENEZES A. M.T.; BRITO, A. D. C. D.; BEHRENS, J., CAMPELO, P. H.; PEDROSA, S. M. T. Andean purple maize to produce extruded breakfast cereals: impact on techno‐functional properties and sensory acceptance. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 103, n. 2, p. 548-559, 2023.

SANTOS, D.; PINTADO, M.; SILVA, J.A.L. Potential nutritional and functional improvement of extruded breakfast cereals based on incorporation of fruit and vegetable by-products-A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 125, p. 136-153, 2022.

SCHLINKERT, C et al. The snack that has it all: People's associations with ideal snacks. **Appetite**, v. 152, p. 104722, 2020.

SILVA T. C.; et al. Effects of whey protein concentrate, feed moisture and temperature on the physicochemical characteristics of a rice-based extruded flour. **Food chemistry**, v. 228, p. 287-296, 2017.

SILVA, P. A.; ASSIS, G. T.; CARVALHO, A. V.; SIMÕES, M. G. Desenvolvimento e caracterização de cereal matinal extrudado de mandioca enriquecido com concentrado protéico de soro de leite. **Brazilian Journal of Food Technology,** v.*14*(4), p.260–266. 2011.

TAS, A. A.; SHAH, A. U. The replacement of cereals by legumes in extruded snack foods: Science, technology and challenges. **Trends in Food Science & Technology**, v. 116, p. 701-711, 2021.

TÉLLEZ-MORALES, J A. et al. Techno-functional properties of the starch-protein interaction during extrusion-cooking of a model system (corn starch and whey protein isolate). **Lwt**, v. 132, p. 109789, 2020.

TOMASZEWSKA‐CIOSK, E et al. Effect of ethanol addition on physical properties of extruded starch. **Starch‐Stärke**, v. 65, n. 3‐4, p. 244-252, 2013.

TOMASZEWSKA‐CIOSK, E et al. Effect of ethanol on properties of extrudates enriched with high‐fibre by‐products. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 54, n. 10, p. 2811-2820, 2019.

YOUNGINER, N. A. et al. “What do you think of when I say the word ‘snack’?” Towards a cohesive definition among low-income caregivers of preschool-age children. **Appetite**, v. 98, p. 35-40, 2016.