



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS



FABIANA TEIXEIRA SOUZA

**ENRIQUECIMENTO NUTRICIONAL DE MACARRÃO COM ERVILHA E ORA-  
PRO-NÓBIS E SEU IMPACTO NA QUALIDADE TECNOLÓGICA**

Patos de Minas - MG

2025

FABIANA TEIXEIRA SOUZA

**ENRIQUECIMENTO NUTRICIONAL DE MACARRÃO COM ERVILHA E ORA-  
PRO-NÓBIS E SEU IMPACTO NA QUALIDADE TECNOLÓGICA**

Projeto Final de Curso apresentado à Faculdade  
de Engenharia Química da Universidade  
Federal de Uberlândia como requisito parcial  
para obtenção do título de bacharel em  
Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Profª. Drª. Marieli de Lima

Coorientadora: Profª. Drª. Marta Fernanda  
Zotarelli

Patos de Minas - MG

2025



## UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Faculdade de Engenharia Química

Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 1K - Bairro Santa Mônica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902

Telefone: (34) 3239-4285 - seddireq@feq.ufu.br - www.feq.ufu.br



### HOMOLOGAÇÃO Nº 120

FABIANA TEIXEIRA SOUZA

#### Enriquecimento nutricional de macarrão com ervilha e ora-pro-nóbis e seu impacto na qualidade tecnológica

Projeto Final de Curso aprovado nesta data para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) - campus Patos de Minas (MG) pela banca examinadora constituída por:

**Prof.ª Dr.ª Marieli de Lima**

Orientadora - FEQUI/UFU

**Prof.ª Dr.ª Marta Fernanda Zotarelli**

Coorientadora - FEQUI/UFU

**Prof.ª Dr.ª Michelle Andriati Sentanin**

FEQUI/UFU

**Prof. Dr. Ricardo Correa de Santana**

FEQUI/UFU

Patos de Minas, 27 de março de 2025.



Documento assinado eletronicamente por **Marieli de Lima, Presidente**, em 27/03/2025, às 15:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Michelle Andriati Sentanin, Membro de Comissão**, em 27/03/2025, às 15:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ricardo Correa de Santana, Professor(a) do Magistério Superior**, em 27/03/2025, às 15:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site

[https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0)

, informando o código verificador **6177400** e o código CRC **7438CAF0**.

## **DEDICATÓRIA**

*Dedico este trabalho à memória de Maria Nilda, minha amada vovó, que dedicou grande parte de sua vida a cuidar de mim. Você é a minha maior inspiração, força e saudade.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me permitido chegar até aqui, sem ele nada disso seria possível. Minha querida vovó, Maria Nilda, que me criou, educou, foi a minha maior inspiração, e a maior fã de todas as minhas pequenas conquistas, além de me incentivar a alcançar os meus objetivos por meio dos estudos, e que infelizmente, partiu desse mundo sem que pudesse presenciar a conclusão dessa etapa na minha vida, sou imensamente grata a todos os ensinamentos. À minha mãe Karla, às minhas irmãs, Samira e Yasmin, meus irmãos, Kauã e Felipe, às minhas tias, Adriane e Vanessa, e ao meu tio Marcelo, obrigada por fazerem parte da minha trajetória de vida e por terem me ensinado sobre a vida e o amor ao próximo, vocês foram fundamentais na construção de quem sou hoje.

Sou imensamente grata às minhas duas melhores amigas, Amanda e Anna Maryllia, por me acompanharem desde o ensino médio, por me proporcionarem as melhores risadas e por me incentivarem a alcançar os meus objetivos. À Kemilly, que compartilhou todos os momentos comigo, obrigada pelo incentivo e carinho, sua presença torna tudo mais leve. Às minhas amigas Maria Clara, Bruna e Debora, que estiveram presentes durante toda a graduação, obrigada pela força e motivação.

Aos meus colegas de turma Alisson, Amanda, Graziela, Mariaíne, Matheus e Willian, obrigada por tornarem a graduação mais leve, pela ajuda nos estudos e pelas horas de conversa sobre as experiências vivenciadas na faculdade.

Agradeço aos professores que, direta ou indiretamente, contribuíram para a minha formação, seja compartilhando os seus conhecimentos ou me incentivando a não desistir. Em especial, à minha orientadora, Marieli de Lima e coorientadora Marta Zottarelli, muito obrigada por aceitarem esse desafio comigo, pelas instruções, pelos ensinamentos, pela paciência, compreensão e carinho. Vocês são mulheres e profissionais inspiradoras, e tenho a certeza de que não poderia ter sido melhor orientada.

Agradeço também a professora Líbia, por me inserir no meio científico e por compartilhar seus conhecimentos e paixão pela pesquisa. Minha imensa gratidão aos professores Michelle Andriati, Ricardo Corrêa, Letícia Guidi e Carla Zanella por deixarem marcas positivas na minha graduação. Tenho um enorme carinho por cada um de vocês. Aos técnicos do laboratório, especialmente à Betânia Romão e ao Luiz André, agradeço por me instruírem e ajudarem da melhor forma na condução das análises.

Serei eternamente grata a todos que, de alguma forma, me ajudaram a chegar até aqui. Obrigada por acreditarem em mim, pelo apoio, incentivo e força para concluir essa etapa.

## RESUMO

O macarrão é um alimento popular, de baixo custo, fácil de preparar e de alta aceitabilidade. Contudo, seu teor predominante em carboidratos tem incentivado a inclusão de outros vegetais, como a ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*) - OPN e cereais como a ervilha e a aveia em sua formulação para enriquecimento nutricional em proteínas, fibras e minerais. Este estudo objetivou enriquecer o perfil nutricional de macarrão seco com ervilha e aveia (controle- F-C) e avaliar a influência da adição de ora-pro-nóbis em diferentes concentrações (F-1: 4,8 % e F-2: 9,1 %), com ênfase na secagem a 45 °C, propriedades físico-químicas e composição centesimal. Após a secagem, a formulação controle (F-C) alcançou a umidade de 0,5859 g água · g<sup>-1</sup> de sólidos secos em 4 h, 0,5570 g água · g<sup>-1</sup> de sólidos secos e 0,5181 g água · g<sup>-1</sup> de sólidos secos para F1- e F-2 em 7 h 30 min. A umidade final das amostras (F-C: 12,05%, F-1: 9,58% e F-2: 9,43%) ficaram dentro da faixa estabelecida na legislação (13%). A adição de 9,1% de OPN aumentou significativamente a hidroscopicidade (7,07%) em relação às amostras F-C (4,37%) e F-1 (4,56%). A atividade de água não diferiu significativamente entre as amostras (média 0,566). No perfil de textura, F-1 apresentou maior dureza tanto no estado cru quanto no cozido, e a adesividade das massas aumentou após o cozimento. A cor instrumental demonstrou que a adição de OPN em F-1 e F-2 somente alterou significativamente a cor em relação ao controle. O índice de acidez variou de 1,44% a 4,13%, cujo percentual reduziu à medida que a concentração de OPN aumentou. Os teores de cinzas (1,95 a 3,28%) aumentaram conforme o grau de incorporação de OPN. A fibra bruta foi significativamente maior em F-2 (2,31%). Maior teor proteico foi observado na amostra F-2 (18,19%), seguida da F-1 (17,66%) e F-C (16,03%), enquadrando o macarrão como “fonte de proteína” e rotuladas como “alto conteúdo de proteína”, conforme a Legislação. O percentual de lipídios e de carboidratos não foram afetados pela adição de OPN. O tempo de cozimento das massas foi significativamente maior para F-1, enquanto o índice de absorção de água e perda por cozimento não revelou diferenças estatísticas entre as formulações (inferior à 6%), indicando boa qualidade. Diante do exposto, foi possível observar que a utilização de ervilha e aveia na massa e a adição de OPN contribuíram para o enriquecimento nutricional das massas, apresentando resultados promissores quanto às propriedades físico-químicas, e perfis de proteína, fibras e minerais.

**Palavras-chave:** Ora-pro-nóbis. Massa alimentícia. Enriquecimento proteico. Propriedades Tecnológicas. Secagem.

## ABSTRACT

Pasta is a popular, low-cost, easy-to-prepare, and highly acceptable food. However, its predominant carbohydrate content has encouraged the inclusion of other vegetables, such as ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata*) - OPN, and cereals, such as peas and oats, in its formulation for nutritional enrichment in proteins, fibers, and minerals. This study aimed to enrich the nutritional profile of dry pasta with peas and oats (control - F-C) and evaluate the influence of the addition of ora-pro-nobis at different concentrations (F-1: 4.8% and F-2: 9.1%), with emphasis on drying at 45 °C, physicochemical properties, and centesimal composition. After drying, the control formulation (F-C) reached a moisture content of  $0.5859 \text{ g water} \cdot \text{g}^{-1}$  dry solids in 4 h,  $0.5570 \text{ g water} \cdot \text{g}^{-1}$  dry solids and  $0.5181 \text{ g water} \cdot \text{g}^{-1}$  dry solids for F1- and F-2 in 7 h 30 min. The final moisture content of the samples (F-C: 12.05%, F-1: 9.58%, and F-2: 9.43%) was within the range established by legislation (13%). The addition of 9.1% OPN significantly increased hygroscopicity (7.07%) compared to samples F-C (4.37%) and F-1 (4.56%). Water activity did not differ significantly between samples (mean 0.566). In the texture profile, F-1 presented greater hardness both in the raw and cooked states, and the adhesiveness of the pasta increased after cooking. The instrumental color showed that adding OPN in F-1 and F-2 only significantly changed the control's color. The acidity index ranged from 1.44% to 4.13%, whose percentage decreased as the OPN concentration increased. The ash contents (1.95 to 3.28%) increased according to the degree of OPN incorporation. Crude fiber was significantly higher in F-2 (2.31%). The highest protein content was observed in sample F-2 (18.19%), followed by F-1 (17.66%) and F-C (16.03%), classifying the pasta as a "protein source" and labeled as "high protein content," according to the legislation. The percentage of lipids and carbohydrates was not affected by the addition of OPN. The cooking time of the pasta was significantly longer for F-1. In contrast, the water absorption index and cooking loss did not reveal statistical differences between the formulations (less than 6%), indicating good quality. Given the above, it was possible to observe that the use of peas and oats in the pasta and the addition of OPN contributed to the nutritional enrichment of the pasta, presenting promising results regarding the physicochemical properties and protein, fiber, and mineral profiles.

**Keywords:** Ora-pro-nobis. Pasta. Protein enrichment. Technological properties. Drying.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO .....</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>14</b>
3.1	Aquisição das matérias-primas .....	14
3.2	Preparo da matéria-prima.....	15
3.3	Testes preliminares .....	16
3.4	Formulações do macarrão .....	17
3.5	Processamento da massa .....	18
3.6	Cinética de Secagem.....	20
3.7	Secagem .....	21
3.8	Umidade inicial.....	22
3.9	Umidade final .....	22
3.10	Higroscopidade.....	23
3.11	Atividade de água (Aw) .....	24
3.12	Composição centesimal.....	24
3.12.1	Cinzas.....	24
3.12.2	Fibra bruta .....	25
3.12.3	Proteína .....	25
3.12.4	Lipídeos .....	26
3.12.5	Carboidratos.....	27
3.13	Textura instrumental .....	27
3.14	Cor instrumental.....	28

3.15	Acidez.....	29
3.16	pH.....	30
3.17	Tempo de cozimento .....	31
3.18	Índice de absorção de água.....	31
3.19	Perda por cozimento.....	32
3.20	Análise estatística.....	33
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>33</b>
4.1	Cinética de secagem e umidade final.....	33
4.2	Higroscopicidade .....	37
4.3	Atividade de água (Aw).....	38
4.4	Composição centesimal .....	39
4.4.1	Cinzas.....	39
4.4.2	Fibras .....	40
4.4.3	Proteínas.....	40
4.4.4	Lipídeos .....	41
4.4.5	Carboidratos.....	42
4.5	Textura Instrumental.....	43
4.6	Cor Instrumental .....	46
4.7	Acidez .....	48
4.8	pH.....	49
4.9	Tempo de cozimento.....	50
4.10	Índice de absorção de água.....	51

4.11	Perda por cozimento.....	52
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>53</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>54</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A massa alimentícia ou macarrão é um alimento amplamente consumido em todo o mundo, e em maiores quantidades por populações de baixa renda (Nicoletti et al., 2008). Sua popularidade está relacionada às características como baixo custo, versatilidade, facilidade de preparo, alta aceitabilidade, acessibilidade e longa vida útil (Menegassi e Leonel, 2006; Sozer, 2009). De acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias, Pães e Bolos Industrializados (ABIMAPI, 2024), no ano de 2023 as massas alimentícias apresentaram um valor de mercado de 13,8 bilhões de reais e um volume de produção de 1,2 milhões de toneladas.

Segundo a Resolução nº 93 de 31 de outubro de 2000, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), o macarrão é definido como um produto não fermentado moldado em diversos formatos, com ou sem recheio, obtido através da mistura e amassamento mecânico de farinha de trigo comum, sêmola de trigo durum ou farinhas oriundas de outros vegetais, podendo ou não ser adicionada de outros ingredientes. Além disso, pode ser classificado de acordo com o seu teor de umidade, não ultrapassando o valor de 13% após o processo de secagem (BRASIL, 2000).

Apesar de possuir alto valor energético e ser amplamente consumido, o macarrão é considerado um alimento “pobre” em valor nutricional (Menegassi e Leonel, 2006; Nicoletti et al., 2007; Nicoletti et al., 2008; Quinaud et al., 2020). De acordo com a Tabela Nutricional de Composição de alimentos (TACO) (2011), 100 g de macarrão feito à base de trigo, cru, apresenta composição centesimal de aproximadamente 10,0 g de proteínas, 1,3 g de lipídeos, 77,9 de carboidratos, 2,9 g de fibra alimentar e 0,5 g de cinzas.

Embora a formulação básica de macarrão seja composta por farinha de trigo e água (Leite, 2019), variações que incluem ingredientes como ovos, fibras, proteínas e vegetais tem ganhado espaço na apreciação dos consumidores. Nesse contexto, diversos estudos buscam enriquecer nutricionalmente as massas alimentícias utilizando matérias-primas de origem vegetal ou animal, como proteínas de pescado (Costa e Silva, 2009), pulmão bovino em pó (Jayawardena et al., 2019), ora-pro-nóbis (Silva et al., 2022) e farinha de batata-doce (Remonato et al., 2017).

O trigo (*Triticum aestivum* L.) desempenha um papel fundamental no cenário alimentar global como o segundo cereal mais consumido (FAO, 2023). De acordo com Massad (2021),

quando consumido integralmente, a maior parte dos teores de minerais, ácidos graxos, vitaminas e fibras é mantida. Nesse sentido, com a crescente demanda por alimentos integrais no mercado, principalmente por consumidores que dão uma atenção especial à saúde, a farinha de trigo integral tem sido combinada com outros ingredientes funcionais, como proteínas vegetais e farinhas de leguminosas, para melhorar o perfil nutricional do macarrão (Amri, 2024; Sissons, 2022). Contudo, existem desafios associados à sua aplicação em comparação a farinha branca, como maior perda de sólidos durante o cozimento, coloração escura e textura menos firme (Sissons, 2022).

Outro cereal promissor é a aveia (*Avena sativa L.*), que pode ser utilizada tanto para forragem quanto para a produção de grãos destinados ao consumo humano (Paulo, 2022). Segundo Pereira et al. (2023), a aveia tem ganhado destaque nas dietas modernas por possuir diversos benefícios para a saúde, ajudando a reduzir o colesterol e o risco de doenças como diabetes mellitus. Seus derivados, como a farinha e o farelo de aveia possuem alto teor de polissacarídeos, proteínas, minerais e lipídeos saudáveis, sendo utilizados em diversos produtos alimentícios (Malanchen et al., 2019). Do ponto de vista tecnológico, a adição de farinha de aveia em massas pode influenciar a textura, a cor e a absorção de água (Pereira et al., 2023). Essas características podem ser vantajosas para pessoas com necessidades nutricionais específicas e que buscam experiências sensoriais diferentes.

A ervilha (*Pisum sativum L.*), por sua vez, é uma hortaliça rica em nutrientes, com diversas possibilidades de uso na alimentação, podendo ser comercializada fresca, congelada, ou conservada em lata (Giordano, 1997). A ervilha é rica em proteínas (18 a 35%), amido (35 a 50%), fibras (4 a 7%), e minerais como potássio, fósforo e cálcio (Bazanella, 2019; Carvalho et al., 2012; Mendonça, 2018). Os benefícios associados ao consumo dessa leguminosa incluem aumento da absorção de cálcio, controle dos níveis de colesterol do sangue e melhoria do funcionamento do sistema nervoso (Naia, 2015). Dada a riqueza nutricional da ervilha e sua disponibilidade, ela se destaca como uma alternativa viável para atender às novas exigências do mercado de alimentos, como produtos veganos, vegetarianos e enriquecidos com proteínas (Paulo, 2022). Segundo Wu et al. (2023), a inclusão de ervilha em massas além de aumentar o teor proteico, atende à demanda por alimentos mais sustentáveis, uma vez que essa leguminosa possui menor pegada ambiental.

A ora-pró-nóbis (*Pareskia aculeata Miller*) é uma hortaliça não convencional originada na América do Sul (Oliveira; Feiten e Barros, 2023), que possui amplo potencial na utilização

como alimento, devido ao seu alto valor nutricional. De acordo com Takeiti et al. (2009), a ora-pro-nóbis (OPN) apresenta elevado valor de proteínas (25%), fibras alimentares (39,1%) e minerais (14%), portanto vem sendo bastante estudada como fonte alternativa para incorporação em alimentos como pães, bolos, hambúrgueres (Ribeiro et al., 2023; Rocha, 2023), cookies (Oliveira et al., 2023), barra de proteína e sorvetes (Santos et al., 2022). De acordo com Cândido et al. (2022), o pó de OPN possui um conteúdo de proteínas superior a 20%, podendo ser uma ótima alternativa para aumentar o valor proteico em alimentos. A ora-pro-nóbis tem sido explorada na produção de farinhas enriquecidas, massas, pães, bolos e outros alimentos processados. Sua combinação com outras matérias-primas resulta em produtos fortificados. No entanto, a utilização dessa planta na alimentação humana ainda é restrita e enfrenta desafios tecnológicos. Nesse sentido, a adição de OPN tem impacto direto na qualidade do produto final e consequentemente na aceitação do consumidor, como textura mais compacta (Bach e Santos, 2021), coloração mais escura (Vargas et al., 2023), e sabor característico da folha (Jesus e Reges, 2019). Esses fatores podem influenciar negativamente a aceitabilidade dos produtos, o que pode ser um desafio acerca da sua utilização (Cândido et al., 2022). Entretanto, em proporções adequadas, a inclusão dessa planta em massas alimentícias além de resultar em boa fonte de nutrientes, tem mostrado boa aceitabilidade pelos consumidores (Manoel, 2019; Rocha et al., 2009).

Diante do cenário atual, marcado por tendências alimentares como saudabilidade, sustentabilidade, consumo de alimentos *plant based* e a busca por fontes alternativas de proteínas (Gonçalves, 2024; Nóbrega, 2024), torna-se relevante o desenvolvimento de estudos voltados para a incorporação de ingredientes não convencionais. Essa abordagem busca suprir a carência de opções inovadoras e alternativas no mercado.

A inclusão de ora-pro-nóbis, na composição de alimentos apresenta não apenas oportunidades, mas também desafios tecnológicos que podem impactar a qualidade e aceitação do produto final. Nos últimos anos, o potencial desse ingrediente tem sido cada vez mais explorado no âmbito de pesquisas científicas em periódicos da área de ciência e tecnologia de alimentos. Levantamentos realizados na base *Web of Science* mostram que, entre 2015 e 2024, houve um aumento significativo no número de publicações e citações sobre ora-pro-nóbis, especialmente no ano de 2024. Esse crescimento acentuado demonstra a relevância da utilização dessa PANC como um ingrediente promissor em alimentos, despertando interesse nas pesquisas voltadas para a inovação alimentar.

No contexto dos macarrões, alimentos populares e amplamente consumidos em todo o mundo, há uma oportunidade para o melhoramento do seu aporte nutricional. Pesquisas nessa área contribuem para a valorização e expansão do uso de ora-pro-nóbis como ingrediente alimentício. Este estudo, portanto, teve como objetivo caracterizar macarrão seco enriquecido nutricionalmente com aveia, ervilha e ora-pro-nóbis, e explorar o impacto da adição de ora-pro-nóbis nas propriedades da massa.

## 2 OBJETIVO

Desenvolver e caracterizar macarrão seco enriquecido nutricionalmente com farinha de aveia, ervilha e ora-pro-nóbis, avaliando os impactos da adição de ora-pro-nóbis em diferentes concentrações nas propriedades físico-químicas, tecnológicas e nutricionais do produto. Para isso, os seguintes objetivos específicos foram avaliados:

- Desenvolver formulações de macarrão enriquecidos com aveia, ervilha e ora-pro-nóbis.
- Avaliar a cinética de secagem das formulações em estufa convectiva a 45 °C.
- Analisar as propriedades físico-químicas (umidade, atividade de água, cinzas, pH, acidez e higroscopicidade) das formulações.
- Analisar as propriedades tecnológicas do macarrão (textura, cor instrumental, tempo de cozimento, índice de absorção de água e perda por cozimento).
- Determinar a composição centesimal por meio da caracterização dos teores de proteína, lipídeos, fibra bruta, cinzas e carboidratos.

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Aquisição das matérias-primas

A farinha de trigo integral e a farinha de aveia foram adquiridas em um comércio local de produtos a granel. As ervilhas congeladas frescas e os ovos de galinha foram obtidos no mercado local. As folhas de ora-pro-nóbis *in natura* foram adquiridas no comércio Muda! Livre de Agrotóxicos, localizado no município de Patos de Minas - MG. Cada um dos ingredientes utilizados para a produção do macarrão foi obtido de único fornecedor, a fim de garantir a padronização das matérias-primas. Os experimentos conduzidos neste trabalho foram realizados nos laboratórios de Análise Sensorial, Química de Alimentos e Análise Instrumental

do curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Uberlândia, *campus* Patos de Minas.

### 3.2 Preparo da matéria-prima

As folhas de ora-pro-nóbis foram lavadas para retirar as sujidades mais grosseiras, higienizadas por imersão em uma solução clorada (1,0 % p/p) durante 15 minutos e branqueadas a fim de preservar melhor os nutrientes. O branqueamento foi realizado conforme adaptação de Reinert et al. (2023). Assim, as folhas foram colocadas em água fervente por 1 minuto e, posteriormente, submetidas a um banho de gelo por 3 minutos. Em seguida, foram dispostas na bancada, e o excesso de água foi removido com papel toalha. As folhas foram colocadas em sacos de polietileno selados e levadas ao Ultra Freezer (IULT 335 D, Indrel Scientific, Tiradentes, SP) a -59 °C ( $\pm 1$ ) por, no mínimo, 12 horas. Após essa etapa, as folhas ainda congeladas foram quebradas manualmente e liofilizadas em Liofilizador (L101, Liotop®, Liobras, São Carlos, SP) com pressão inferior a 500  $\mu\text{mHg}$  durante 24 horas. O produto obtido da liofilização (Figura 1) foi triturado em processador doméstico (mixer) com potência de 400 W (R1136/41, Philips Walita), com aplicação de pulsos em modo normal. O pó obtido foi peneirado, acondicionado em sacos de polietileno selados e envolvido em papel alumínio para evitar interferências da incidência de luz.

Figura 1 – Folhas de ora-pro-nóbis após o processo de liofilização.



Fonte: Autora, 2025.

As ervilhas congeladas frescas foram descongeladas lentamente em refrigerador convencional por, no mínimo, 20 horas antes do preparo das massas. Em seguida, a proporção

de água descrita nos ingredientes foi adicionada e, a mistura foi triturada utilizando um processador doméstico (mixer) com potência de 400 W (R1136/41, Philips Walita) (Figura 2).

Os ovos de galinha foram quebrados e homogeneizados manualmente antes da incorporação à massa.

Figura 2 – Ervilha triturada.



Fonte: Autora, 2025.

### 3.3 Testes preliminares

Diversos testes preliminares foram realizados a fim de avaliar a viabilidade técnica e sensorial das formulações. Inicialmente, ingredientes como farinhas de arroz e grão de bico foram testados para obter um macarrão isento de glúten. No entanto, os equipamentos disponíveis para uso no laboratório inviabilizavam a abertura e moldagem desse tipo de massa, devido à sua menor elasticidade e maior suscetibilidade à quebra (Figura 3). Portanto, diante dessas limitações, optou-se por não seguir com essa formulação. Dessa forma, novos testes foram realizados com os ingredientes listados neste trabalho, não apenas em relação à proporção, mas também em diferentes formatos de moldagem (talharim, espaguete e pene) (Figura 4). Esses critérios levaram em consideração a obtenção de um macarrão com textura adequada (firme, coeso, elástico), capacidade de moldagem e cozimento uniforme. As proporções e moldes que não atendiam aos critérios estabelecidos foram descartadas. Após uma série de testes, foi determinada a combinação ideal do formato e proporções dos ingredientes, resultando na formulação final, cuja descrição será apresentada adiante.

Figura 3 – Testes preliminares da massa com farinha de arroz.



Fonte: Autora, 2025.

Figura 4 – Testes preliminares de formatos de moldagem.



Fonte: Autora, 2025.

### 3.4 Formulações do macarrão

As proporções de ingredientes foram determinadas a partir de diversos testes preliminares, sendo os constituintes base da massa: farinha de trigo integral, farinha de aveia, ervilha e ovo. A escolha da farinha de trigo integral foi motivada pelo seu maior valor nutricional em comparação à farinha branca, além de possuir propriedades elásticas essenciais para a estrutura da massa. Sendo assim, foi utilizada em maior proporção, apesar dos desafios associados à sua utilização. Os componentes da massa foram ajustados de acordo com as necessidades objetivadas neste trabalho, tratando-se do enriquecimento nutricional do macarrão com fontes vegetais. Três formulações diferentes foram desenvolvidas para analisar a influência da adição de ora-pro-nóbis na qualidade nutricional e tecnológica do macarrão. Essas

proporções estão apresentadas na Tabela 1. A água descrita como ingrediente foi adicionada somente na preparação da ervilha triturada.

Tabela 1 – Formulações das massas alimentícias testadas.

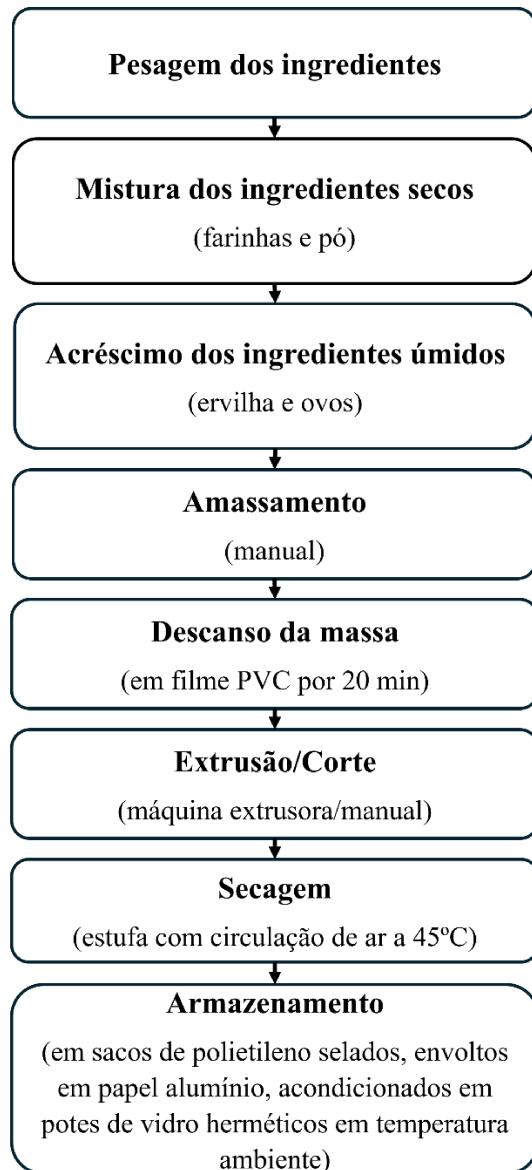
<b>Ingredientes</b>	<b>F-C</b>	<b>F-1</b>	<b>F-2</b>
<b>Farinha de trigo integral</b>	200 g (40,0%)	200 g (38,1%)	200 g (36,4%)
<b>Farinha de aveia</b>	100 g (20,0%)	100 g (19,0%)	100 g (18,2%)
<b>Ervilha</b>	100 g (20,0%)	100 g (19,0%)	100 g (18,2%)
<b>Ovo</b>	60 g (12,0%)	60 g (11,4%)	60 g (10,9%)
<b>Ora-pro-nóbis</b>	-	25 g (4,8%)	50 g (9,1%)
<b>Água</b>	40 g (8,0%)	40 g (7,6%)	40 g (7,3%)

F-C: macarrão sem ora-pro-nóbis; F-1: macarrão com 4,8% de ora-pro-nóbis; F-2: macarrão com 9,1% de ora pro-nóbis.

### 3.5 Processamento da massa

Na Figura 5 está ilustrado o fluxograma das etapas de produção do macarrão seco.

Figura 5 – Fluxograma do processamento do macarrão seco tipo pene.

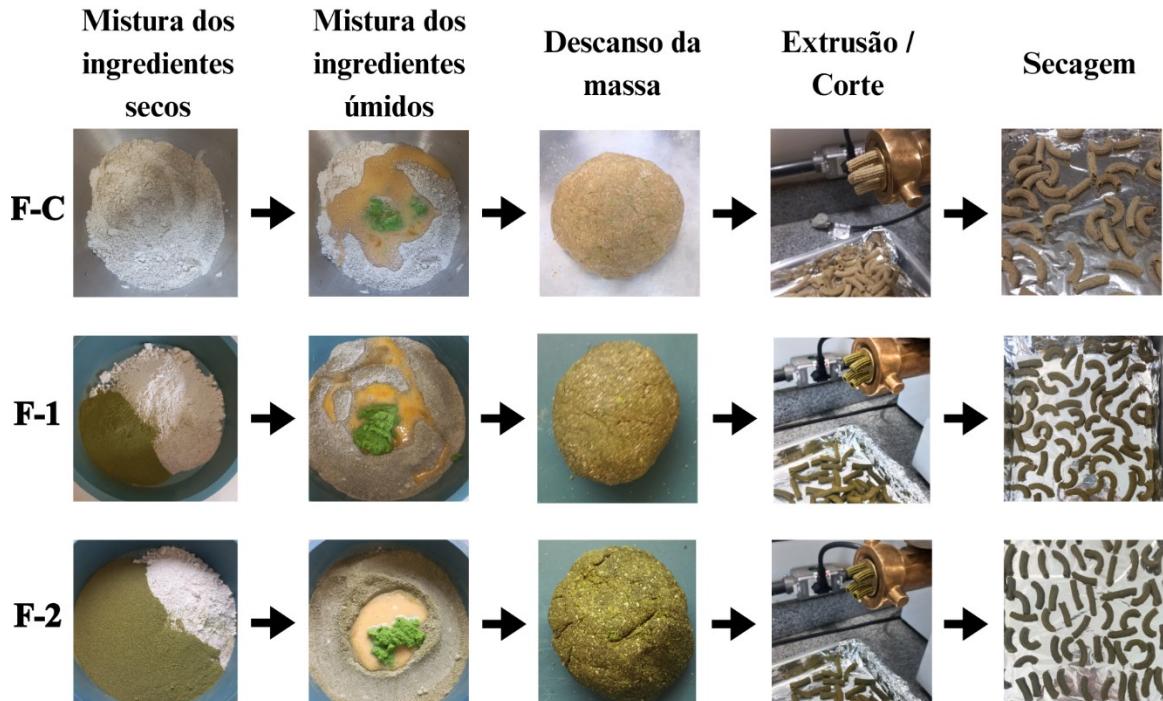


Fonte: Autora, 2025.

Para a elaboração do macarrão controle, inicialmente os ingredientes secos foram adicionados e misturados, em seguida, a ervilha e os ovos foram acrescentados. Nas formulações F-1 e F-2, as farinhas de trigo integral, aveia e a ora-pro-nóbis triturada, foram adicionadas e misturadas. Posteriormente, os ingredientes úmidos foram acrescentados. Os ingredientes foram misturados com uma colher ao início do processo e, quando os componentes já estavam relativamente incorporados, foi feita a homogeneização manual até a obtenção de uma massa firme. As massas foram envolvidas em filme de PVC e deixadas em descanso por cerca de 20 minutos. Por fim, as massas foram moldadas com o auxílio de uma máquina

extrusora (MF 05, G. Paniz), no formato pene, de modo que, ao atingir aproximadamente 4 cm, o macarrão foi cortado manualmente. Na Figura 6 estão ilustrados os passos de obtenção do macarrão, desde a junção das matérias-primas até a obtenção do produto final.

Figura 6 – Processos de obtenção das massas alimentícias secas.



Fonte: Autora, 2025.

### 3.6 Cinética de Secagem

Para determinar o tempo de secagem de cada formulação, os experimentos foram realizados em triplicata, com duplicata de ensaios em dias diferentes, com o objetivo de garantir a reprodutibilidade dos dados. Aproximadamente 2 g de amostra de cada formulação foram pesadas em uma balança analítica (Shimadzu, modelo AUW320) e, em seguida, dispostas em um tabuleiro envolvido com papel alumínio, conforme a Figura 7. O valor inicial da massa foi registrado como ponto de partida para a acompanhar a perda de umidade ao longo do processo de secagem. As amostras também foram destinadas à análise de umidade inicial ( $n=27$ ).

A estufa com circulação forçada de ar (Q314M252, Quimis, Diadema, SP) foi ajustada para uma temperatura de 45°C (Espinosa-Solis et al., 2019), a qual foi mantida durante todo o processo. A temperatura escolhida foi baseada na necessidade de preservar melhor os nutrientes e contribuir para a obtenção de perfis de textura e sabor mais desejáveis. Posteriormente, o

recipiente de alumínio foi colocado na estufa, e, em intervalos pré-estabelecidos (a cada 5 min durante os primeiros 30 min, a cada 15 min durante o restante da primeira hora e a cada 30 min nas horas seguintes), os macarrões eram retirados e rapidamente pesados, de modo a minimizar a perda de calor e garantir o retorno imediato das amostras à estufa.

Esse ciclo de pesagem foi repetido durante 450 minutos. Todos os dados de massa em função do tempo foram registrados ao longo do processo. Após o término do experimento, calculou-se a umidade para cada ponto de pesagem, obtendo-se a quantidade de água removida em função do tempo de secagem. Os dados foram plotados em um gráfico de umidade versus tempo, gerando a curva de secagem da amostra, utilizando o software Microsoft Excel. O ponto de parada foi ajustado para 4 h de secagem para F-C e 7 h 30 min para F-1 e F-2.

Figura 7 – Disposição das amostras controle em recipiente de alumínio durante a realização da cinética.



Fonte: Autora, 2025.

### 3.7 Secagem

Após a moldagem, as formulações F-C, F-1 e F-2 foram colocadas em bandejas de alumínio recobertas com papel alumínio e secas em estufa com circulação forçada de ar (Q314M252, Quimis, Diadema, SP), a 45°C por 4h, 7,5 h e 7,4 h, respectivamente. Em seguida, esperou-se até que o produto atingisse a temperatura ambiente. Os macarrões foram armazenados à temperatura ambiente, em sacos de polietileno selados, envolvidos com papel alumínio e acondicionados em potes de vidro hermeticamente fechados, até sua utilização para as análises.

### 3.8 Umidade inicial

Em cadinhos de porcelana previamente tarados, foram pesados 2 g da amostra recém-saída da extrusora e, em seguida, foram levados à estufa com circulação forçada de ar (Q314M252, Quimis, Diadema, SP) durante 24h, para atingir o peso constante (Instituto Adolfo Lutz, 2008). Na sequência, os cadinhos foram colocados no dessecador até atingir a temperatura ambiente e, posteriormente, pesados em balança analítica (Shimadzu, modelo AUW320). As análises de cada formulação foram realizadas nove vezes ( $n=27$ ). Os resultados dos teores de umidade, tanto em base seca quanto em base úmida, foram obtidos através das Equações 1 e 2, respectivamente.

$$U(b.s.) = \frac{M_{amostra} - M_{seca}}{M_{seca}} \quad (1)$$

Em que,  $U(b.s.)$  é a umidade da amostra em base seca ( $\text{g água} * \text{g sólido seco}^{-1}$ ),  $M_{amostra}$  é a massa da amostra obtida em cada intervalo analisado durante a secagem na estufa (g),  $M_{seca}$  é a massa de sólidos secos (g).

$$U(b.u.) = \frac{m - m_{ss}}{m} \times 100 \quad (2)$$

Em que,  $U(b.u.)$  é a umidade da amostra em base úmida (%),  $m$  é a massa úmida da amostra (massa de água + massa de sólidos secos) (g), e  $m_{ss}$  é a massa de sólidos secos (g).

### 3.9 Umidade final

Após a secagem do macarrão no tempo determinado, pela cinética do processo, a umidade final das amostras secas foi determinada conforme descrito no item 3.8, para garantir os parâmetros de umidade de no máximo 13%, conforme estabelecido na legislação. Na Figura 8 estão ilustrados os cadinhos com as amostras para determinação da umidade. O ensaio foi realizado em nonuplicata ( $n = 27$ ).

Figura 8 – Cadiinhos com amostras de macarrões secos após análise de umidade final.



Fonte: Autora, 2025.

### 3.10 Higroscopicidade

A metodologia utilizada para a análise de higroscopicidade foi descrita por Cai e Corke (2000), na qual cerca de 1 g da amostra seca foi disposta em cadiinhos previamente tarados e, em seguida, os cadiinhos foram acondicionados em um dessecador contendo uma solução saturada de cloreto de sódio (umidade relativa de 75,29%) (Figura 9). Após 7 dias, as amostras foram pesadas e a capacidade de adsorção de água foi determinada pela Equação 3. Para cada formulação utilizou-se um número de amostras igual a nove ( $n=27$ ).

$$H = \frac{U_{ads} * 100}{M_{seca}} \quad (3)$$

Em que,  $H$  é a higroscopicidade (g de umidade adsorvida / 100 g de sólidos secos),  $U_{ads}$  é a umidade adsorvida da amostra (g) e  $M_{seca}$  é a massa de sólidos secos (g).

Figura 9 – Amostras em dessecador contendo solução saturada de cloreto de sódio.

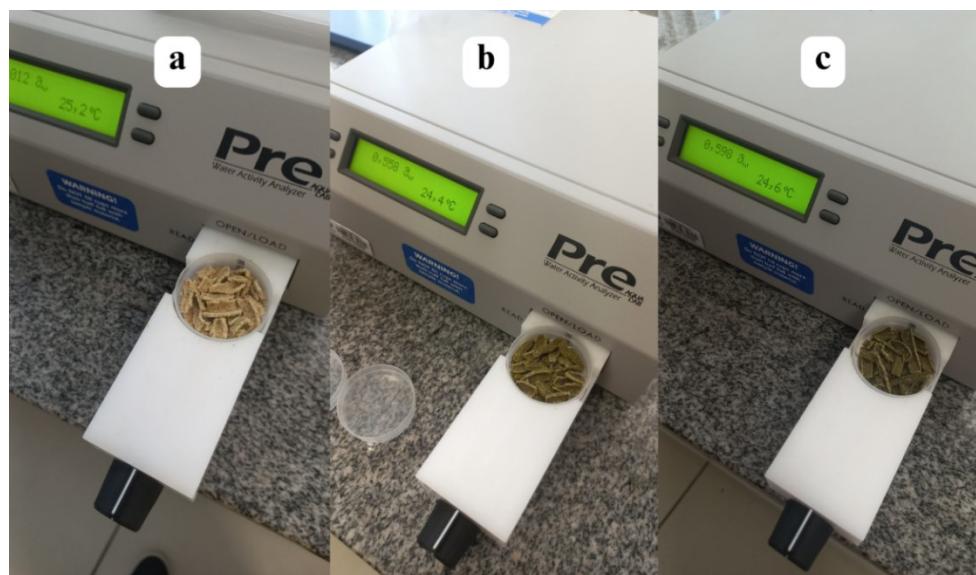


Fonte: Autora, 2025.

### 3.11 Atividade de água (Aw)

A atividade de água (Aw) foi determinada por analisador digital (Aqualab, modelo PRE DEW) a  $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$ . As amostras foram quebradas manualmente e, em seguida, acondicionadas no fundo de uma cápsula e inseridas no equipamento, como pode ser visualizado na Figura 10. As leituras foram feitas em nonuplicata ( $n=27$ ).

Figura 10 – Analisador de Atividade de água (Aw) com amostras: (a) F-C; (b) F-1; (c) F-2.



Fonte: Autora, 2025.

### 3.12 Composição centesimal

#### 3.12.1 Cinzas

O teor de cinzas foi determinado de acordo com os procedimentos descritos em Instituto Adolfo Lutz (2008). As amostras secas foram carbonizadas em mufla a  $550^{\circ}\text{C}$  por 5 horas, conforme observado na Figura 11. Em seguida, foram resfriadas em dessecador e posteriormente pesadas. O percentual de cinzas foi calculado de acordo com a Equação 4. As análises de cada formulação foram realizadas em nonuplicata ( $n = 27$ ).

$$\text{Cinzas \%} = \frac{N}{P} * 100 \quad (4)$$

Em que,  $N$  é o nº de g de cinzas; (nº de g do cadinho com amostra carbonizada – nº de g cadinho vazio) e  $P$  é o nº de g da amostra.

Figura 11 – Amostras de macarrão carbonizadas.



Fonte: Autora, 2025.

### 3.12.2 Fibra bruta

A determinação de fibra bruta das amostras foi realizada segundo o método da AOAC (Método BA 6<sup>a</sup>-05, 2009). Este procedimento consistiu na digestão ácida (1,25% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e alcalina (1,25% NaOH) da amostra. A Equação 5 representa o cálculo utilizado para a quantificação de fibra bruta em porcentagem (%). O ensaio foi determinado em triplicata ( $n = 9$ ).

$$FB (\%) = \frac{(C - A) - D}{B} * 100 \quad (5)$$

Em que,  $FB$  representa a quantidade de fibra bruta,  $A$  é a massa do saquinho vazio (g),  $B$  é a massa da amostra (g),  $C$  é a massa do conjunto cadinho-saquinho-extrato (g) após estufa a 105°C e  $D$  é a massa do conjunto cadinho-cinzas (g).

### 3.12.3 Proteína

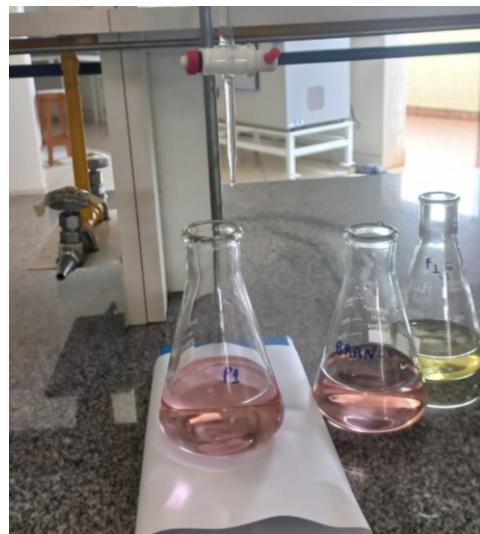
O teor de proteínas foi determinado conforme Cecchi (2003), utilizando o método de Kjeldahl clássico, que quantifica o teor de nitrogênio presente nas amostras. Na Figura 12 está ilustrado o processo de titulação, uma etapa da metodologia utilizada para determinação da proteína. O fator de correção utilizado foi de 6,25 (fator de correção geral), devido à presença

de ingredientes de diversas classes. Então, o teor de proteína foi obtido de acordo com a Equação 6. As análises foram realizadas em triplicata ( $n = 9$ ).

$$Qtde\ de\ proteína = \left( \frac{V_{HCl} * Normalidade\ do\ HCl * FC_{HCl} * 0,014 * 100}{P} \right) * fc_{produto} \quad (6)$$

Em que,  $V_{HCl}$  representa o volume de ácido clorídrico gasto na titulação, a *Normalidade do HCl* é 0,1 mol/L,  $FC_{HCl}$  é o fator de correção do ácido clorídrico (0,99),  $P$  é a massa da amostra (g),  $fc_{produto}$  é fator de conversão do produto analisado.

Figura 12 – Titulação para determinação de proteína.



Fonte: Autora, 2025.

### 3.12.4 Lipídeos

O teor de lipídeos foi determinado conforme a metodologia descrita em Cecchi (2003), utilizando o método de quantificação Soxhlet. Esse procedimento consiste na extração dos lipídeos por solvente orgânico no extrator de Soxhlet (Figura 13), através de afinidade química e determinação gravimétrica dos lipídeos após evaporação do solvente (éter de petróleo). O percentual de lipídeos foi obtido conforme a Equação 7. O ensaio foi realizado em triplicata ( $n = 9$ ).

$$GB\ (%) = \frac{M_{GB}}{M_a} * 100 \quad (7)$$

Em que,  $GB$  representa o percentual de gordura bruta total, a  $M_{GB}$  é a massa de gordura bruta (g) e  $M_a$  é a massa da amostra (g).

Figura 13 – Amostras em extrator de Soxhlet.



Fonte: Autora, 2025.

### 3.12.5 Carboidratos

A quantificação dos carboidratos totais foi realizada pela diferença entre 100 e a soma dos teores de umidade, proteína, lipídeos e cinzas. O teor de carboidratos totais foi determinado pela Equação 8.

$$\text{Carboidratos totais (\%)} = 100 - \text{umidade} - \text{proteínas} - \text{cinzas} - \text{lipídeos} \quad (8)$$

### 3.13 Textura instrumental

O perfil de textura (TPA) das amostras, antes e após o cozimento, foi determinado através do texturômetro universal *TAXT Plus (Stable Micro System, Surrey, UK)*. Os parâmetros avaliados foram dureza (N), adesividade ( $\text{g}^*\text{s}$ ), elasticidade, coesividade, gomosidade, mastigabilidade e resiliência. Conforme ilustrado na Figura 14, a análise foi realizada utilizando uma probe cilíndrica de aço inoxidável de 50 mm de diâmetro e 4 mm de altura. O equipamento foi calibrado com um peso de 2000 g e o probe foi calibrado com uma distância de retorno de 40 mm, velocidade de retorno de 20 mm/s e força de contato de 50 g. As seguintes condições de teste foram padronizadas: velocidade de pré-teste, teste e pós-teste: 2,0 mm/s; taxa de compressão: 60%. Três unidades das amostras de macarrão, tanto cruas quanto cozidas, foram dispostas sem ultrapassar a área delimitada pelo diâmetro do probe, dessa forma, a área de aplicação da força foi padronizada. O software “Texture Expert for Windows” – versão 1.20

(Stable Micro Systems) foi utilizado para análise dos dados. A análise foi realizada em quintuplicata ( $n=15$ ).

Figura 14 – Análise de TPA na formulação controle seca.



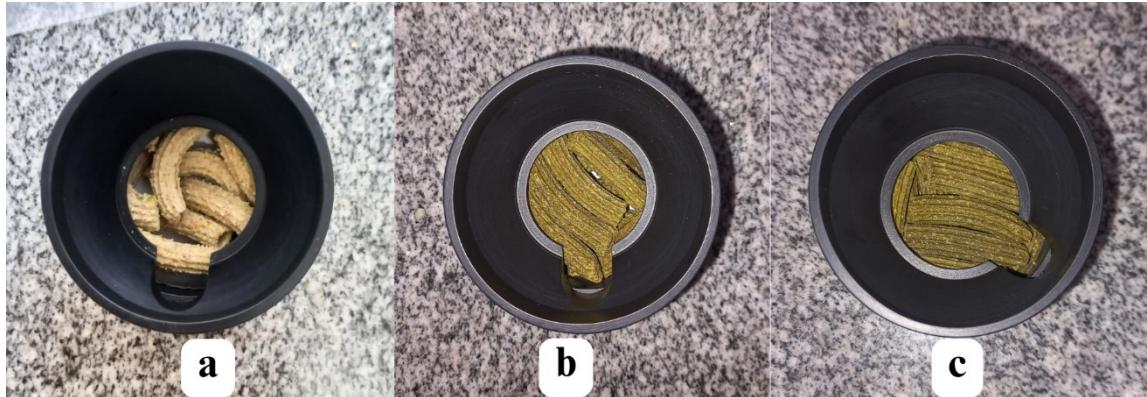
Fonte: Autora, 2025.

### 3.14 Cor instrumental

A análise de cor instrumental foi determinada pela leitura direta das amostras em colorímetro digital (CR400 – Minolta Company, Tóquio, Japão) (Figura 15). Os parâmetros de cor foram mensurados de acordo com a escala CIE  $L^*a^*b^*$ , sendo que  $L^*$  representa luminosidade (em uma escala de 0 a 100 – preto ao branco),  $a^*$  e  $b^*$  representam cromaticidade ( $-a^* = \text{verde}$  e  $+a^* = \text{vermelho}$ ;  $-b^* = \text{azul}$  e  $+b^* = \text{amarelo}$ ). As análises de cada formulação foram realizadas nove vezes ( $n=27$ ). A mudança global de cor ( $\Delta E$ ) foi determinada por meio da diferença de cor, calculada a partir dos valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  das amostras F-1 e F-2 em relação ao controle. A quantificação foi realizada conforme o espaço de cor CIE  $L^*a^*b^*$ , utilizando a Equação 9, em que os valores de  $L_0^*$ ,  $a_0^*$  e  $b_0^*$  se referem a luminosidade das amostras variáveis.

$$\Delta E = ((L_0^* - L^*)^2 + (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2)^{0,5} \quad (9)$$

Figura 15 – Amostras em recipiente do colorímetro digital: (a) F-C; (b) F-1; (c) F-2.



Fonte: Autora, 2025.

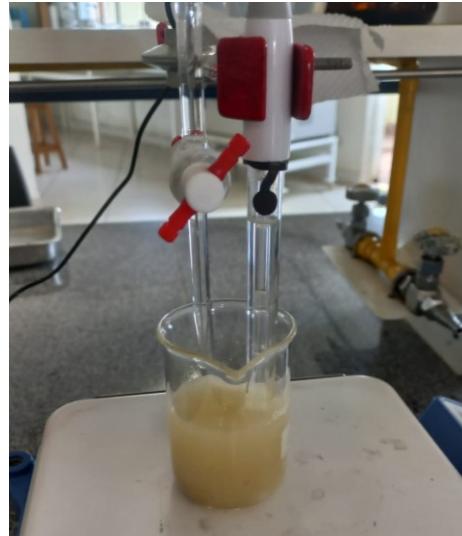
### 3.15 Acidez

A acidez das amostras foi determinada conforme adaptação à metodologia descrita em Adolfo Lutz (Nara et al, 1976), modificada por Molteberg et al. (1995). No ensaio realizado, 2,5 g de amostra crua foram colocados em bêquer de 250 mL. Com o auxílio de uma proveta adicionaram-se 40 mL de etanol neutro (95%), a mistura foi deixada em repouso por 24 horas. Após esse período, 10 mL de etanol neutro (95%) foram colocados na mistura juntamente com 2 gotas do indicador fenolftaleína a 1%. A acidez foi determinada a partir do volume de solução de NaOH 0,01N, em mililitros, fatorada gastos na titulação (Figura 16), para neutralizar os ácidos graxos livres da amostra, sob agitação contínua, detectados pela viragem do pH para 8,3 (viragem do indicador). Então, o valor da acidez foi calculado através da Equação 10. O ensaio foi realizado em triplicata ( $n = 9$ ).

$$\text{Acidez em mL de solução N por cento v/m} = \frac{(V - V') * f * 100}{P * c} \quad (10)$$

Em que,  $V$  é o nº de mL da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação da amostra,  $V'$  é nº de mL da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação do branco,  $f$  é o fator da solução de hidróxido de sódio 0,01N ou 0,1N,  $P$  é nº de g da amostra usada na titulação e  $c$  é o fator de correção (10 para solução de hidróxido de sódio 0,1 N e 100 para solução de hidróxido de sódio 0,01 N).

Figura 16 – Titulação para determinação de acidez.



Fonte: Autora, 2025.

### 3.16 pH

O pH foi avaliado de acordo com o método potenciométrico (Instituto Adolfo Lutz, 2008). O potenciômetro foi calibrado com soluções-tampão nos valores de pH de 4 e 7. Aproximadamente 3 g de amostra cozida foram misturadas em 30 mL de água destilada e, em seguida, a solução foi triturada em processador doméstico (mixer) com potência de 400 W (R1136/41, Philips Walita), para homogeneização. Posteriormente, foi realizada a leitura direta no pHmetro (Ms Tecnopon – LUCA-210) (Figura 17). As análises foram feitas em triplicata ( $n = 9$ ).

Figura 17 – Potenciômetro para análise de pH.

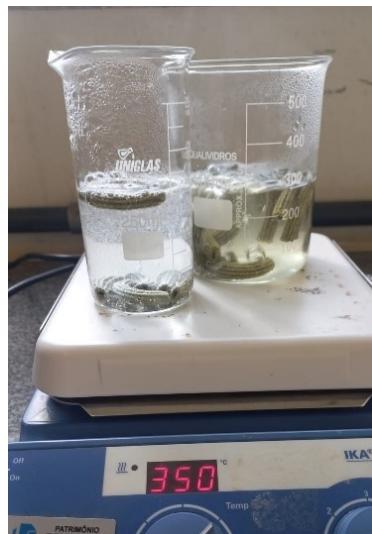


Fonte: Autora, 2025.

### 3.17 Tempo de cozimento

Determinou-se o tempo de cozimento através da adaptação da metodologia descrita em Chang e Flores (2004). Dez gramas de amostra foram cozidos em 140 mL de água destilada em um bêquer, sob placa aquecedora (IKA C-MAG HS7) a 350 °C. A determinação desse tempo foi realizada observando o ponto de gelatinização do amido na massa. Essa verificação é feita por meio da compressão da massa cozida entre duas lâminas de vidro até que ocorra o desaparecimento do eixo branco central, sendo o tempo final caracterizado pela gelatinização completa (Figura 18). Após os 5 minutos iniciais de cozimento, esse ponto foi avaliado a cada minuto. O ensaio foi feito em triplicata ( $n = 9$ ).

Figura 18 – Processo de cocção da massa para determinação do tempo de cozimento.



Fonte: Autora, 2025.

### 3.18 Índice de absorção de água

O índice de absorção de água foi determinado segundo Espinosa-Solis et al. (2019) e Giménez et al. (2013). Dez gramas de amostra crua foram pesados e, em seguida, submetidos ao cozimento em 140 mL de água destilada. Dado o tempo ótimo de cozimento, a massa foi escorrida por 3 minutos e pesada, como pode ser observado na Figura 19. Então, esse índice foi calculado através da Equação 11. As análises foram realizadas em triplicata ( $n = 9$ ).

$$\text{Índice de absorção de água} = \frac{\text{massa do macarrão cozido (g)} - \text{massado macarrão cru (g)}}{\text{massa do macarrão cru (g)}} * 100 \quad (11)$$

Figura 19 – Drenagem da massa.



Fonte: Autora, 2025.

### 3.19 Perda por cozimento

A água do cozimento (utilizada na determinação do índice de absorção de água) (Figura 20) foi colocada em bêquer e seca em estufa (Q314M252, Quimis, Diadema, SP) a 105 °C durante 24 horas. Em seguida, os recipientes foram resfriados até a temperatura ambiente e pesados. Então, o valor da perda de massa no cozimento foi determinado a partir da Equação 12 (Giménez et al., 2013). As análises foram feitas em triplicata ( $n = 9$ ).

$$\text{Perda por cozimento} = \frac{\text{massa do bêquer após estufa} - \text{massa do bêquer vazio}}{\text{massa da amostra crua}} * 100 \quad (12)$$

Figura 20 – Água resultante da determinação do índice de absorção de água.



Fonte: Autora, 2025.

### 3.20 Análise estatística

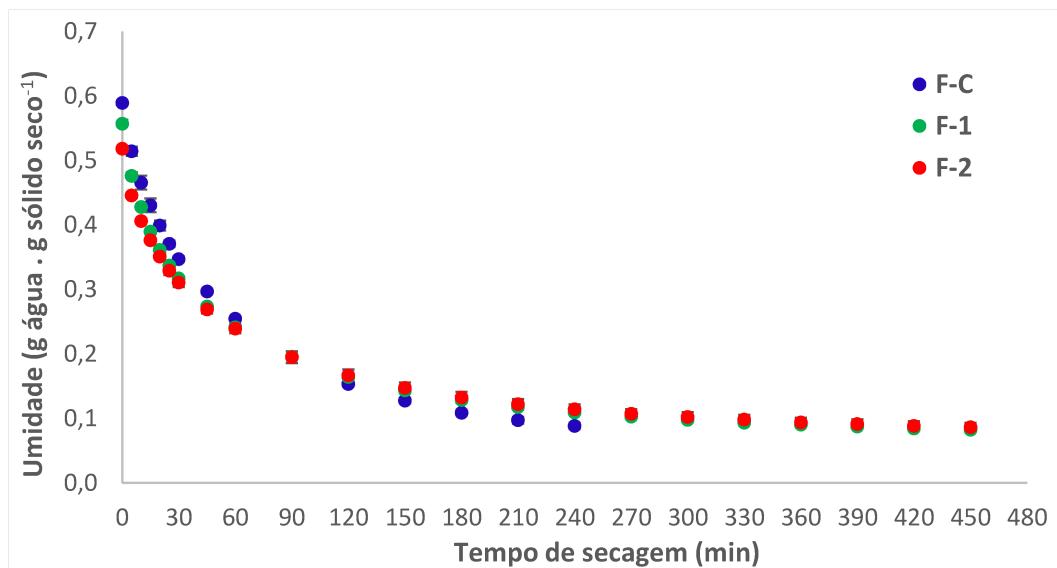
Para a interpretação adequada dos dados obtidos, foram realizadas análises estatísticas utilizando o software Statistica, versão 7.1 (2005). As análises foram conduzidas por meio da análise de variância (ANOVA), seguida pelo teste de comparação de médias (Tukey), com um nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Cinética de secagem e umidade final

A partir da construção das curvas de cinética de secagem, foi possível avaliar a redução do teor de umidade do macarrão em função do tempo. De acordo com a Figura 21, nota-se que a umidade inicial em base seca ( $\text{g água} \cdot \text{g sólido seco}^{-1}$ ) das formulações F-C, F-1 e F-2 foi de 0,5889, 0,5570 e 0,5181  $\text{g água} \cdot \text{g sólido seco}^{-1}$ , respectivamente.

Figura 21 – Evolução temporal da umidade em base seca das amostras de macarrão durante a cinética de secagem em estufa de circulação forçada de ar a 45°C.



Fonte: Autora, 2025.

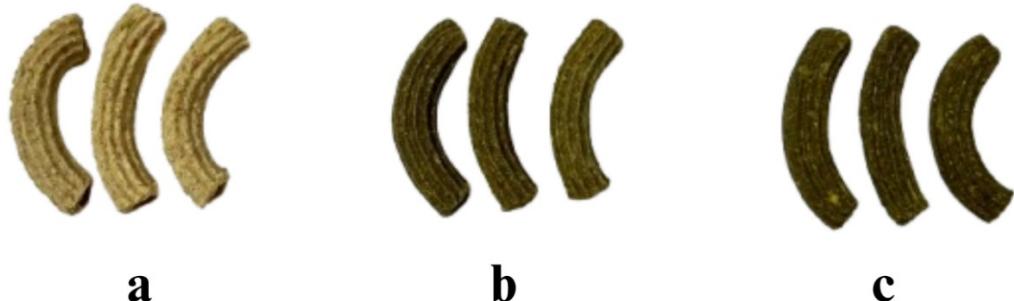
Após 3h e 30 min de secagem, a amostra controle (F-C) atingiu uma umidade final de 0,0971  $\text{g água} \cdot \text{g sólido seco}^{-1}$ . Enquanto as amostras contendo 4,8% de OPN e 9,1% de OPN alcançaram umidades finais de 0,0976 e 0,0982  $\text{g água} \cdot \text{g sólido seco}^{-1}$  em tempos maiores de 5 h e 5 h e 30 min, respectivamente. Os tempos de secagem para massas alimentícias podem

variar amplamente, dependendo do tipo de massa e as condições específicas do processo. Para a temperatura utilizada na secagem das massas nesse trabalho, os tempos estão próximos a de outros trabalhos relatados na literatura. Ribeiro (2023), em seu estudo sobre a aplicação de ovo de codorna em pó na elaboração de macarrão, utilizou a temperatura de 45°C na estufa convectiva durante a secagem do macarrão e após 4 horas, obteve uma média de umidade de 8,82% (aproximadamente 0,097 g/g b.s.), resultado similar ao encontrado neste estudo para a amostra controle. Espinosa-Solis et al. (2019) utilizaram uma estufa convectiva a 45°C e secaram massas adicionada de farelo de aveia e farinha de maçã durante 4 horas, mas não apresentaram dados da umidade final das amostras.

A escolha da temperatura de 45°C foi baseada na necessidade de preservar melhor os nutrientes, proporcionar um maior controle sobre a redução de umidade e contribuir para a obtenção de perfis de textura e sabor mais desejáveis. Embora essa temperatura seja relativamente baixa e resulte em tempos de secagem mais longos, ela permitiu uma redução gradual da umidade nas amostras, minimizando o risco de danos térmicos que poderiam comprometer a estrutura das massas. Esse aspecto é relevante no caso de formulações contendo ingredientes como farinha de aveia, ervilha e pó de ora-pro-nóbis, que podem reduzir a elasticidade da massa e torná-la mais suscetível a alterações estruturais durante a secagem.

Na Figura 21 verifica-se que a amostra controle demonstrou comportamento distinto em comparação às demais formulações. Inicialmente, F-C apresentou maior teor de água, o que pode ser explicado devido à ausência do pó de ora-pro-nóbis na massa, um ingrediente seco que contribui com a redução da umidade da massa. A formulação F-1, com quantidade intermediária de OPN, também registrou valor de umidade inicial superior à F-2, que continha maior proporção do ingrediente. A composição das massas influencia a estrutura interna (porosidade) do material, o que explica as variações de comportamento das amostras no processo de secagem. A aparência dos macarrões secos contendo 0%, 4,8% e 9,1% de ora-pro-nóbis, obtidos na secagem pode ser vista na Figura 22.

Figura 22 – Aparência das massas alimentícias secas (pene) enriquecidas com ora-pro-nóbis:  
 (a) F-C; (b) F-1; (c) F-2.



Fonte: Autora, 2025.

Todas as formulações apresentaram uma redução rápida da umidade nos primeiros 90 minutos, caracterizando a fase de secagem na qual há uma alta velocidade na remoção de água. Essa fase consiste na evaporação da água livre presente na superfície do material. Com o avanço do processo de secagem, foi possível observar uma diminuição na taxa de remoção de água, indicado pela redução da inclinação da curva. Esse comportamento está associado à fase de secagem em que a mobilidade da água dentro da matriz do macarrão é limitada (Fellows, 2006).

O ponto de parada foi definido em conformidade com a legislação vigente, que estabelece que o macarrão seco deve apresentar uma umidade máxima de 13%. Optou-se por secar as massas até atingir uma umidade final inferior a 10%, garantindo uma margem de segurança maior quanto à conservação do produto. Durante os experimentos da cinética, acompanhou-se a umidade relativa do ar e foram registrados valores baixos, variando entre 10% e 23%. Entretanto, quando o macarrão foi produzido objetivando-se a caracterização, houve ocorrência de chuvas durante o período experimental, aumentando o percentual de umidade relativa para de 28% a 33%. De acordo com Kraiem et al. (2023), o aumento da umidade relativa do ar reduz o gradiente de pressão de vapor entre a superfície do material e o ar ambiente, desacelerando a taxa de transferência de massa para o ambiente, como resultado, é necessário um maior tempo de secagem. Essas flutuações na umidade relativa do ar resultaram na necessidade de adaptações durante o período de secagem, dessa forma, foi necessário um maior tempo de secagem dos macarrões. Na Tabela 2 estão apresentados os resultados da análise de umidade em base úmida dos macarrões secos.

Tabela 2 – Percentual de umidade das amostras secas.

<b>Amostras</b>	<b>Umidade (%)</b>
<b>F-C</b>	$12,05 \pm 0,97^a$
<b>F-1</b>	$9,58 \pm 0,88^b$
<b>F-2</b>	$9,43 \pm 0,48^b$

F-C: macarrão sem ora-pro-nóbis; F-1: macarrão com 4,8% de ora-pro-nóbis; F-2: macarrão com 9,1% de ora pro-nóbis. Resultados expressos em Média  $\pm$  Desvio Padrão. Médias acompanhadas de letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre as amostras ( $p < 0,05$ ).

Os resultados indicam que as amostras F-1 e F-2 não apresentaram diferença significativa entre si, enquanto a amostra controle diferenciou-se estatisticamente das demais. A Resolução nº 93, de 31 de outubro de 2000, estabelece que o produto denominado “massa alimentícia seca” possua um teor de umidade em base úmida de máximo de 13,0% (BRASIL, 2000), portanto, todas as amostras estudadas se enquadram na classificação de massas secas, possuindo ainda uma margem de segurança. De acordo com Nascimento (2020), reduzir o conteúdo de umidade abaixo de 12,5% (m/m), pode garantir que o produto esteja microbiologicamente estável para ser armazenado em temperatura ambiente, em condições locais estáveis.

As amostras F-1 e F-2 apresentaram umidade final igual a 9,58% e 9,43%, respectivamente, e não apresentaram diferença significativa entre si, mas se diferenciaram estatisticamente do controle. Sato e colaboradores (2019) estudaram a melhoria nutricional de massas com *Pereskia aculeata* (ora-pro-nóbis) e registraram valores de umidade final de 6,83% e 6,14% em massas constituídas com 10% e 20% da planta, respectivamente. No entanto, as diferenças nos teores de umidade podem ser associadas a fatores como ingredientes base, tempo de secagem e condições climáticas.

O maior teor de umidade observado na amostra F-C (12,05%) pode ser atribuído ao fato das alterações nas condições ambientais. O ponto de parada foi ajustado em 4h de secagem para obter-se uma umidade inferior a 10%. Contudo, houve a ocorrência de chuva enquanto a amostra estava na estufa e provavelmente, por isso, ao final do tempo estabelecido, o controle apresentou umidade superior ao esperado. Dessa forma, para garantir que as demais formulações apresentassem umidade dentro do estabelecido, o ponto de parada escolhido para as formulações F-1 e F-2 foi de 7 h e 30 min de secagem. Os resultados obtidos para a umidade

do controle demonstraram similaridade com os encontrados por Berto (2023) e Nascimento (2020), os quais chegaram a valores de umidade do controle de 12,77% em formulações de macarrões isentos de OPN e 11,92% em massas elaboradas com diferentes concentrações do pó das folhas da moringa.

#### 4.2 Higroscopicidade

A capacidade de um alimento adsorver e reter moléculas de água do ambiente é chamada de higroscopicidade. Essa propriedade está diretamente relacionada à natureza química do material, sendo que, quanto maior a higroscopicidade, menor a estabilidade do produto e menor o *shelf life*. Na Tabela 3 são apresentados os resultados para as análises de higroscopicidade das amostras.

Tabela 3 – Higroscopicidade das diferentes formulações de macarrão.

<b>Amostras</b>	<b>Higroscopicidade (%)</b>
<b>F-C</b>	$4,37 \pm 1,44^b$
<b>F-1</b>	$4,56 \pm 0,73^b$
<b>F-2</b>	$7,07 \pm 0,46^a$

F-C: macarrão sem ora-pro-nóbis; F-1: macarrão com 4,8% de ora-pro-nóbis; F-2: macarrão com 9,1% de ora pro-nóbis. Resultados expressos em Média  $\pm$  Desvio Padrão. Médias acompanhadas de letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre as amostras ( $p < 0,05$ ).

As amostras F-C e F-1 não apresentaram diferença estatística entre si, enquanto a terceira formulação se diferenciou significativamente das demais. Nota-se que a amostra F-2 possui maior capacidade de adsorver água do ambiente, o que pode ser explicado devido à sua composição. O aumento da proporção de ora-pro-nóbis na formulação, tende a reduzir a umidade do macarrão, o que pode aumentar sua afinidade com moléculas de água e, portanto, sua higroscopicidade.

A literatura não traz dados específicos de higroscopicidade para massas alimentícias, no entanto, essa análise é um importante parâmetro de estabilidade do produto e implica diretamente na escolha da embalagem ideal para o seu armazenamento. Segundo Schuck et al. (2012), a uma umidade relativa de 75%, alimentos que apresentam higroscopicidade de 10,1 a 15% possuem baixa higroscopicidade, enquanto aqueles que apresentam higroscopicidade de

15,1 a 20% são higroscópicos. Nesse sentido, as amostras F-C, F-1 e F-2 não podem ser consideradas higroscópicas. Esses resultados sugerem que os macarrões podem ter uma boa estabilidade durante o armazenamento desde que sejam embalados adequadamente.

#### **4.3 Atividade de água (Aw)**

A análise da atividade de água é fundamental para avaliar a estabilidade microbiológica e físico-química de alimentos, especialmente em produtos secos como o macarrão. Na Tabela 4 estão apresentados os resultados para essa propriedade.

Tabela 4 – Atividade de água das massas alimentícias secas.

<b>Amostras</b>	<b>Atividade de água (Aw)</b>
<b>F-C</b>	$0,557 \pm 0,047^a$
<b>F-1</b>	$0,559 \pm 0,010^a$
<b>F-2</b>	$0,583 \pm 0,017^a$

F-C: macarrão sem ora-pro-nóbis; F-1: macarrão com 4,8% de ora-pro-nóbis; F-2: macarrão com 9,1% de ora pro-nóbis. Resultados expressos em Média  $\pm$  Desvio Padrão. Médias acompanhadas de letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre as amostras ( $p < 0,05$ ).

A partir dos resultados, observa-se que as três amostras de macarrão não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre si ( $p > 0,05$ ), ou seja, a adição de ora-pro-nóbis não exerceu influência significativa na atividade de água dos macarrões.

Os valores médios observados para as amostras F-C, F-1 e F-2 foram de 0,557; 0,559; e 0,583, respectivamente. Para garantir que não haja a multiplicação de microrganismos que comprometam a qualidade do alimento, é necessária uma atividade de água de no máximo 0,60 (Franco e Landgraf, 2008). Todos os macarrões analisados apresentaram Aw inferior a 0,60, proporcionando maior estabilidade e segurança do produto durante o armazenamento. A leve elevação da atividade de água na formulação F-2, com maior quantidade de ora-pro-nóbis, pode estar associada à capacidade de retenção de água pelas fibras da planta. Entretanto, essa mudança observada não foi significativa. O estudo de Jayasena e Abbas (2012), sobre o desenvolvimento e avaliação da qualidade de massas alimentícias ricas em proteínas e fibras alimentares utilizando farinha de tremoço, relatou uma tendência à contenção de água em massas enriquecidas com farinhas integrais e vegetais devido à maior retenção de água por

fibras e proteínas presentes nesses ingredientes. As proporções de ora-pro-nóbis utilizadas neste estudo não demonstraram esse comportamento.

#### 4.4 Composição centesimal

Na Tabela 5 estão apresentados os resultados da composição centesimal das três formulações de macarrão.

Tabela 5 – Composição centesimal das massas alimentícias secas, em percentual (%).

<b>Composição</b>	<b>Amostras</b>		
	<b>F-C</b>	<b>F-1</b>	<b>F-2</b>
<b>Umidade (%)</b>	$12,05 \pm 0,97^a$	$9,58 \pm 0,88^b$	$9,43 \pm 0,48^b$
<b>Cinzas (%)</b>	$1,95 \pm 0,20^c$	$3,01 \pm 0,02^b$	$3,28 \pm 0,03^a$
<b>Fibra bruta (%)</b>	$1,50 \pm 0,07^c$	$1,92 \pm 0,06^b$	$2,31 \pm 0,16^a$
<b>Proteínas (%)</b>	$16,03 \pm 0,54^b$	$17,66 \pm 0,43^a$	$18,19 \pm 0,01^a$
<b>Lipídeos (%)</b>	$8,01 \pm 0,45^a$	$7,61 \pm 0,80^a$	$7,21 \pm 1,25^a$
<b>Carboidratos (%)</b>	61,96	62,14	61,89

F-C: macarrão sem ora-pro-nóbis; F-1: macarrão com 4,8% de ora-pro-nóbis; F-2: macarrão com 9,1% de ora pro-nóbis. Resultados expressos em Média  $\pm$  Desvio Padrão. Médias acompanhadas de letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre as amostras ( $p < 0,05$ ).

##### 4.4.1 Cinzas

O teor de cinzas de um material representa a fração de resíduos inorgânicos presentes no alimento, sendo eles cálcio, magnésio, potássio, ferro, entre outros. Esse parâmetro é importante para avaliar o conteúdo mineral total presente nas amostras. A Tabela 5 exibe os percentuais de cinzas encontrados nas amostras

Todas as amostras apresentaram diferenças significativas entre si em relação ao conteúdo de cinzas. A formulação controle exibiu o menor teor de cinzas ( $1,95 \pm 0,20 \%$ ), seguida da formulação F-1, com um teor intermediário ( $3,01 \pm 0,02 \%$ ), e por fim a amostra F-2, que exibiu o maior teor ( $3,28 \pm 0,03 \%$ ). Esses resultados indicam que a adição de ora-pro-nóbis na formulação das massas alimentícias aumentou o percentual de cinzas, indicando que a incorporação da OPN eleva a fração de minerais da massa. Esses valores encontrados estão

de acordo com Berto (2023) que também relatou aumento do conteúdo de cinzas nas massas alimentícias a partir da incorporação do pó de ora-pro-nóbis. Sato et al. (2019), no estudo sobre o melhoramento nutricional de massas com *Pereskia aculeata*, obteve um percentual de cinzas de  $2,16 \pm 0,06$  e  $5,00 \pm 0,08$  em macarrão seco com a adição de 10 e 20 % de OPN, respectivamente.

#### **4.4.2 Fibras**

Os resultados da análise dispostos na Tabela 5 mostraram diferenças significativas para os teores de fibra entre as formulações. A amostra controle apresentou o menor teor ( $1,50 \pm 0,07$  %), enquanto as amostras enriquecidas com 4,8 e 9,1% de ora-pro-nóbis registraram valores de  $1,92 \pm 0,06$  % e  $2,31 \pm 0,16$  %, respectivamente. Esse aumento reflete a influência da adição de ora-pro-nóbis na massa, mostrando o potencial do uso da folha no aumento do valor nutricional. Esse aumento já era esperado devido ao alto teor de fibras observados nas folhas de OPN (Moro et al., 2021; Sato et al., 2019). Os resultados de Sato et al. (2019) e Berto (2023) apresentaram similaridade com os achados neste estudo. De acordo com a RDC 54/2012, para um alimento ser considerado “fonte de fibra”, deve apresentar um teor de fibras de 3% (BRASIL, 2012). Embora os macarrões enriquecidos com ora-pro-nóbis tenham apresentado incremento nos teores de fibra, os valores obtidos não atendem ao critério estabelecido na legislação. No entanto, as formulações ainda apresentam uma alternativa interessante para aumentar a ingestão de fibras na dieta.

#### **4.4.3 Proteínas**

A ora-pro-nóbis apresenta um conteúdo considerável de proteína (Ferreira et al., 2022; Fernandes et al., 2018), por esse motivo eram esperados aumentos nos teores de proteína da massa seca.

De acordo com a Tabela 5, a inclusão de OPN apresentou diferenças significativas em relação ao controle. No entanto, as diferentes proporções utilizadas não foram suficientes para que houvesse diferença estatística entre as formulações F-1 e F-2. A menor quantidade de proteínas foi observada na amostra F-C ( $16,03 \pm 0,54$  %), que apesar de não possuir OPN na massa, apresentou um teor proteico considerável. Esse valor pode estar atribuído à presença de ervilha nos ingredientes básicos da formulação, já que essa leguminosa é rica em proteínas, o que eleva o teor proteico em relação a macarrões convencionais.

A amostra F-1 com 4,8% de OPN, apresentou um valor proteico intermediário ( $17,66 \pm 0,43\%$ ), um aumento de 1,63 % em comparação ao controle. A formulação F-2 exibiu o maior valor numérico de proteína ( $18,19 \pm 0,01\%$ ), que representa um aumento de 2,16 % em relação ao controle. Já na comparação entre F-1 e F-2, foi observado um aumento numérico proteico de 0,53%. Esses resultados indicam que a inclusão de ora-pro-nóbis contribuiu para o incremento de proteínas, mas demonstrou um efeito menos expressivo em relação à proporção utilizada. Estudos anteriores, como o de Berto (2023), relatam resultados semelhantes.

De acordo com a RDC 54/2012, para um alimento ser considerado como “fonte de proteínas”, deve apresentar no mínimo 6g / 100g de proteínas e para ser classificados como “alto conteúdo de proteínas” deve apresentar no mínimo 12g / 100g de proteínas (BRASIL, 2012). Portanto, as massas enriquecidas desenvolvidas neste estudo, podem ser consideradas como fonte de proteínas e, apresentar classificação como alto conteúdo de proteínas. Do mesmo modo, estudos demonstraram que a incorporação de ingredientes ricos em proteínas como farinha de gergelim desengordurado (Eman et al., 2024), espirulina (Koli et al., 2022) e farinha de tremoço (Jayasena e Abbas, 2012), aumentaram gradualmente os teores de proteína em comparação ao controle.

#### 4.4.4 Lipídeos

Na Tabela 5 são revelados que os valores de lipídeos das amostras variaram entre 7,21 e 8,01% sem diferenças estatísticas entre as amostras. O macarrão sem adição de ora-pro-nóbis apresentou maior teor lipídico (8,01%), enquanto as formulações F-1 e F-2 exibiram valores de 7,61 e 7,21%, respectivamente. Embora a adição de OPN não tenha agregado teor lipídico nas amostras, os ovos e a farinha de aveia podem ter contribuído significativamente para os resultados. De acordo com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos, o ovo contém uma quantidade significativa de gorduras, especificamente na gema, com valores aproximados de 8,9g/100g (TACO, 2011). Além disso, a aveia é um cereal que possui um teor médio de lipídeos de 7,7 g/100 g (Brum; Arruda e Regitano-D’Arce, 2009) a 8,5 g/100 g (TACO, 2011), devido à presença de ácidos graxos em sua composição.

Para macarrões convencionais, tanto aqueles elaborados exclusivamente com farinha de trigo e água quanto os que contém ovos, os valores encontrados no teor lipídico variam de 1,3 a 2 g/100 g, respectivamente (TACO, 2011). Esse fato sugere que as massas alimentícias desenvolvidas neste estudo apresentam valores relativamente altos para este parâmetro.

Entretanto, esse aumento já era esperado devido à utilização de ingredientes com teores de lipídeos mais altos, como ovos e farinha de aveia, os quais contribuíram para a elevação desse percentual na composição final do produto. Ressalta-se ainda que a proporção utilizada desses ingredientes pode influenciar diretamente a composição de lipídeos das formulações.

A ausência de diferenças significativas com a adição de ora-pro-nóbis nas massas pode estar relacionada ao baixo teor lipídico das folhas de OPN. Berto (2023) encontrou valor médio de 6,18% de lipídeos nas folhas de ora-pro-nóbis, enquanto Sato et al. (2019) relataram um valor ainda menor nas folhas, de 3,50%. Dessa forma, a inclusão do ingrediente na formulação não foi suficiente para alterar significativamente a composição lipídica do produto final.

Em relação ao perfil lipídico das massas secas, resultados semelhantes foram observados em Sato et al. (2019), ao analisarem o melhoramento nutricional de massas com *Pereskia aculeata*. Os autores notaram que a adição de OPN em diferentes concentrações (0%, 10% e 20%), não apresentou diferenças significativas no teor de lipídeos das formulações, cujos valores foram de 7,22; 7,24 e 7,62%, respectivamente.

#### 4.4.5 Carboidratos

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 5, nota-se que a incorporação de ora-pro-nóbis não alterou expressivamente o teor de carboidratos das massas. O percentual observado na amostra controle foi de 61,96%, enquanto as formulações que apresentavam 4,8 e 9,1% de OPN, atingiram valores de 62,14 e 61,89%, respectivamente.

Berto (2023), que estudou o enriquecimento de massas alimentícias com ora-pro-nóbis, encontrou percentuais de carboidratos de 60,41; 56,70 e 54,30% nas amostras de macarrão contendo 0, 5 e 7% de ora-pro-nóbis, sugerindo uma redução devido à adição da folha. Em concordância, Sato et al. (2019), nas massas incorporadas com 0, 10 e 20% de OPN, obtiveram teores de carboidratos de 65,09; 63,91 e 61,64%, respectivamente. Koli et al. (2022), ao enriquecer a massa com espirulina nas concentrações de 12,5 e 15% notaram uma redução significativa no teor de carboidratos de 65,84 para 63,49%, respectivamente. Os resultados encontrados neste estudo apresentaram valores próximos aos observados na literatura. No entanto, não foi possível perceber uma redução significativa de carboidratos devido à adição de OPN nas concentrações de 4,8 e 9,1%.

#### 4.5 Textura Instrumental

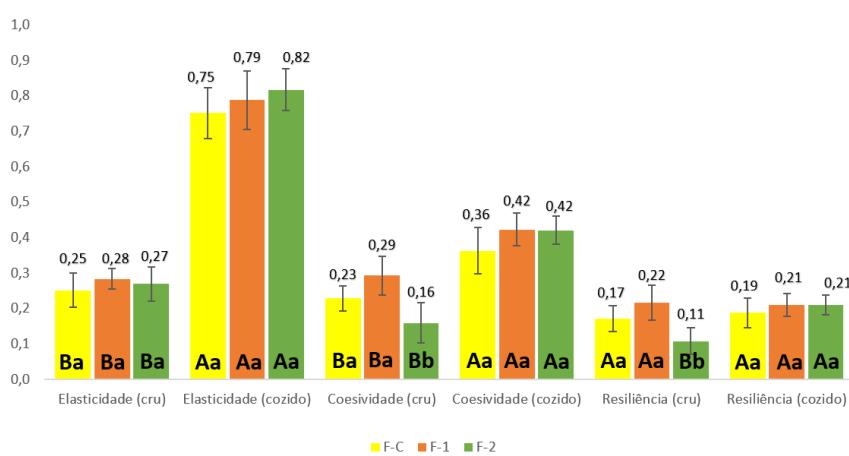
Os resultados da análise de textura instrumental para as três formulações de massa após a secagem tanto cruas quanto cozidas estão dispostos na Tabela 6 e nas Figuras 23 e 24.

Tabela 6 – Dureza e Adesividade dos macarrões secos e cozidos.

Amostras	Dureza (N)	Adesividade (g*s)
<b>F-C cru</b>	$132,84 \pm 30,05^b$	$-0,33 \pm 0,23^{a,b}$
<b>F-1 cru</b>	$224,55 \pm 17,08^a$	$-0,12 \pm 0,07^a$
<b>F-2 cru</b>	$131,30 \pm 3,40^b$	$-0,52 \pm 0,16^b$
<b>F-C cozido</b>	$9,52 \pm 1,64^c$	$-2,03 \pm 0,41^b$
<b>F-1 cozido</b>	$23,05 \pm 2,85^a$	$-4,41 \pm 1,73^a$
<b>F-2 cozido</b>	$15,97 \pm 3,00^b$	$-6,14 \pm 1,10^a$

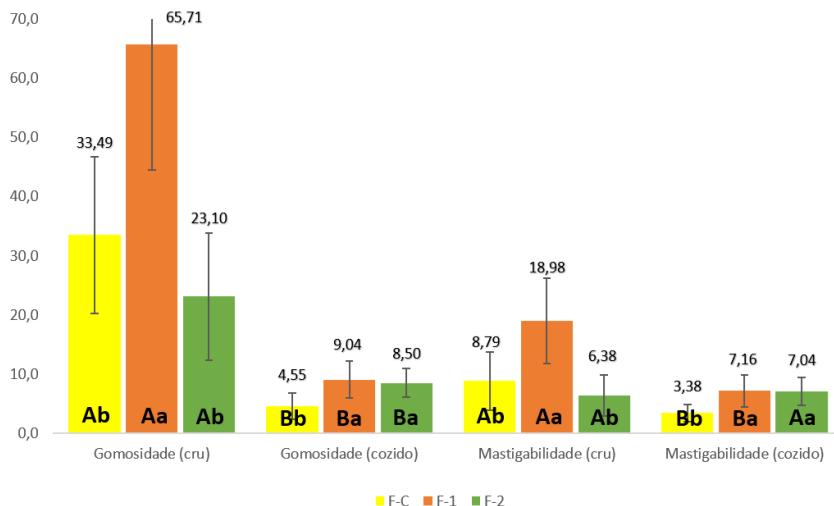
F-C: macarrão sem ora-pro-nóbis; F-1: macarrão com 4,8% de ora-pro-nóbis; F-2: macarrão com 9,1% de ora pro-nóbis. Resultados expressos em Média  $\pm$  Desvio Padrão separados por parâmetros (cru e cozido). Médias acompanhadas de letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre as amostras ( $p < 0,05$ ).

Figura 23 – Elasticidade, coesividade e resiliência das massas secas e cozidas.



F-C: macarrão sem ora-pro-nóbis; F-1: macarrão com 4,8% de ora-pro-nóbis; F-2: macarrão com 9,1% de ora pro-nóbis. Resultados expressos em Média  $\pm$  Desvio Padrão. Médias acompanhadas de letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre as amostras para um mesmo parâmetro ( $p < 0,05$ ). Médias acompanhadas de letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os estados cru e cozido ( $p < 0,05$ ).

Figura 24 – Gomosidade e mastigabilidade das massas secas e cozidas.



F-C: macarrão sem ora-pro-nóbis; F-1: macarrão com 4,8% de ora-pro-nóbis; F-2: macarrão com 9,1% de ora pro-nóbis. Resultados expressos em Média  $\pm$  Desvio Padrão. Médias acompanhadas de letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre as amostras para um mesmo parâmetro ( $p < 0,05$ ). Médias acompanhadas de letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os estados cru e cozido ( $p < 0,05$ ).

A resistência da massa seca é um fator crucial para garantir a integridade do produto durante as etapas de embalagem, transporte e armazenamento. No caso de alimentos sólidos, a dureza (N) é definida como a força necessária para comprimir uma substância entre os dentes molares (Szczesniak, 2002). De acordo com os resultados, as formulações F-C e F-2 no estado cru não apresentaram diferença significativa entre si para este parâmetro, no entanto, a amostra F-1 se diferenciou estatisticamente das demais. A dureza da massa crua foi maior na F-1, indicando que a quantidade de OPN utilizada pode ter sido suficiente para criar uma rede mais compacta. Por outro lado, a dureza observada na formulação F-2 cru, sugere que o aumento da quantidade de OPN pode ter excedido o limite ótimo para as interações intermoleculares entre as fibras e proteínas da folha, com os componentes da farinha responsáveis pela formação da rede de glúten, causando uma diluição ou interrupção na rede formada, como observado em Petitot et al. (2010). Após o cozimento, houve uma redução significativa na dureza de todas as formulações. As amostras apresentaram diferenças significativas entre si, sendo o controle (F-C) a formulação com menor dureza ( $9,52 \pm 1,64$  N). Da mesma forma em Eman et al. (2024), a massa cozida enriquecida com 5% de pimentão amarelo e com diferentes concentrações de farinha de gergelim desengordurada, aumentou a dureza em relação ao controle. De acordo com Kowalczewski et al. (2019), a interação competitiva entre o amido desempenha um papel

crucial na definição da firmeza da massa, sendo que durante a cocção da massa, o amido em suspensão é liberado, reduzindo a sua presença na matriz e consequentemente aumentando a predominância de proteína, essa contribuição resulta em uma textura menos firme.

Segundo Szczesniak (2002), a adesividade é a força necessária para remover o material que adere a boca durante a alimentação, sendo que quanto menor o valor, mais pegajoso o alimento. A adesividade para o controle cru ( $-0,33 \pm 0,23 \text{ g}\cdot\text{s}$ ) não apresentou diferença significativa em comparação ao mesmo parâmetro para as demais formulações. Por outro lado, a F-1 ( $-0,12 \pm 0,07 \text{ g}\cdot\text{s}$ ) exibiu menor adesividade se diferenciando estatisticamente da F-2 ( $-0,52 \pm 0,16 \text{ g}\cdot\text{s}$ ). No estado cozido, a adesividade aumentou em todas as amostras, o que era esperado devido à hidratação durante o cozimento. As formulações F-1 e F-2 não diferenciaram entre si, enquanto F-C mostrou diferença estatística entre as outras. Esses resultados indicam que a variação na quantidade de ora-pro-nóbis aumenta a adesividade das massas, influenciando a textura final.

A elasticidade é um parâmetro que associa o grau em que o produto retorna à sua forma original uma vez que foi comprimido entre os dentes (Szczesniak, 2002). As três formulações tanto cruas quanto cozidas não apresentaram diferenças significativas entre si, indicando que a adição de ora-pro-nóbis não afetou este parâmetro. No entanto, comparando cada uma das formulações, todas apresentaram diferenças estatísticas do estado cru para o cozido. Esse comportamento era previsto uma vez que, o processo de cozimento por meio da gelatinização do amido e reorganização estrutural, tende a aumentar a elasticidade da massa.

Coesividade é o nível em que o alimento pode ser comprimido entre os dentes antes de seu rompimento (Szczesniak, 2002). No estado cru, as amostras F-C e F-1 não diferenciaram entre si, já a amostra F-2 apresentou diferença estatística entre as outras, sendo possível observar um valor de coesividade inferior às demais. No estado cozido, não houve diferenças significativas entre as formulações, mas todas apresentaram aumento na coesividade em relação ao estado cru. Esse comportamento pode ser explicado pela maior hidratação e reorganização das proteínas e do amido durante o cozimento.

A resiliência refere-se à habilidade do material de retornar ao seu estado original após ser submetido a uma força de compressão. As amostras cozidas não diferenciaram entre si. A F-2 apresentou diferença estatística entre as demais no estado cru. Apenas a amostra F-2 se diferenciou do estado cru para o cozido.

Gomosidade é a energia necessária para desintegrar um alimento semissólido a um estado pronto para ser engolido (Szczesniak, 2002). A formulação F-1 apresentou diferença significativa entre as demais massas cruas, indicando uma maior crocância da amostra, esse comportamento era esperado uma vez que ela apresentou maior dureza. O controle cozido se diferenciou estatisticamente das outras. Todas as amostras apresentaram diferença significativa na comparação entre o estado cru e cozido, refletindo o efeito da gelatinização do amido e hidratação das proteínas durante o cozimento. Além disso, pode-se perceber valores inferiores de gomosidade para as amostras cozidas, indicando uma menor necessidade energética para a desintegração do macarrão.

A mastigabilidade refere-se ao tempo (s) necessário para mastigar a amostra em uma taxa constante de aplicação de força, até reduzi-la a uma consistência adequada para engolir (Szczesniak, 2002). A amostra F-1 cru se diferenciou significativamente das outras duas, apresentando o maior valor dessa propriedade. Após a cocção, apenas o controle apresentou diferença estatística entre as demais, indicando maior fragilidade da massa. A comparação entre os estados cru e cozido mostrou que a única formulação que não se diferenciou significativamente foi a F-2.

As características específicas de cada formulação afetam diretamente a textura das massas alimentícias, estudos apontam que a interação entre os ingredientes é um fator determinante para as propriedades texturais (Marques, 2016). Neste trabalho, os resultados obtidos não apresentaram correspondência direta com valores relatados na literatura, o que pode ser atribuído à composição das formulações desenvolvidas, principalmente devido à utilização de ervilha congelada fresca na formulação base e à adição de ora-pro-nóbis em diferentes concentrações.

#### **4.6 Cor Instrumental**

A cor instrumental é um parâmetro crucial na qualidade dos alimentos e interfere diretamente na aceitabilidade do consumidor. A partir da Tabela 7, é possível observar os resultados para as análises de cor.

Tabela 7 – Parâmetros de cor instrumental dos macarrões antes da cocção.

<b>Amostras</b>	<b><i>L</i>*</b>	<b><i>a</i>*</b>	<b><i>b</i>*</b>	<b><math>\Delta E</math></b>
<b>F-C cru</b>	$45,09 \pm 2,93^a$	$0,56 \pm 0,27^a$	$16,14 \pm 1,27^a$	-
<b>F-1 cru</b>	$26,85 \pm 1,26^b$	$-1,67 \pm 0,18^b$	$16,33 \pm 0,34^a$	$18,44 \pm 3,78$
<b>F-2 cru</b>	$24,61 \pm 1,76^b$	$-1,89 \pm 0,19^b$	$15,71 \pm 0,68^a$	$29,27 \pm 1,69$

F-C: macarrão sem ora-pro-nóbis; F-1: macarrão com 4,8% de ora-pro-nóbis; F-2: macarrão com 9,1% de ora pro-nóbis. Resultados expressos em Média  $\pm$  Desvio Padrão. Médias acompanhadas de letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre as amostras ( $p < 0,05$ ).

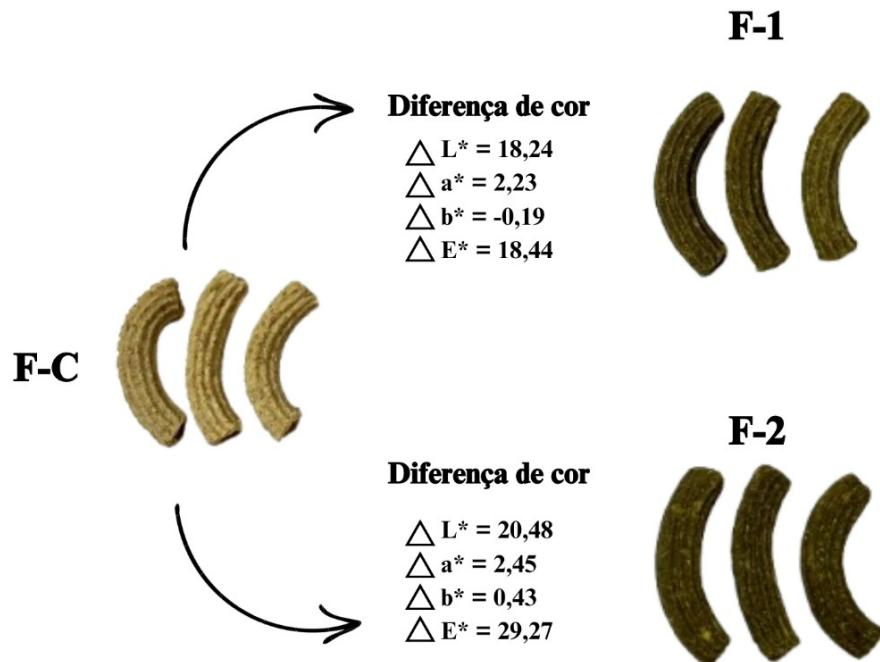
A adição de OPN apresentou diferenças significativas em relação ao controle para os parâmetros *L*\* (em uma escala de 0 a 100 – preto ao branco) e *a*\* (- *a*\* = verde e *a*\* = vermelho). Por outro lado, o acréscimo da folha não mostrou diferença estatística entre as formulações para o parâmetro *b*\* (- *b*\* = azul e *b*\* = amarelo).

A formulação controle apresentou um valor de luminosidade de  $45,09 \pm 2,93$ ; a adição de 4,8 e 9,1% OPN diminuiu o valor de luminosidade ( $26,85 \pm 1,26$  (F-1) e  $24,61 \pm 1,76$  (F-2)). Essa diminuição pode ser atribuída à adição do pó de ora-pro-nóbis, responsável por escurecer a cor das massas, o que está de acordo com os resultados de Berto (2023). Para o parâmetro *a*\*, a amostra F-C exibiu um valor de  $0,56 \pm 0,27$ , enquanto as amostras F-1 e F-2 registraram valores de  $-1,67 \pm 0,18$  e  $-1,89 \pm 0,19$ , respectivamente, refletindo o aumento da cor verde na massa enriquecida em comparação ao controle. Contudo, os valores tendenciosos ao verde não apresentaram alta intensidade, o que pode estar relacionado a proporção de ora-pro-nóbis utilizada, inferior a 10%. Em relação ao parâmetro *b*\*, todas as formulações apresentaram valores próximos, o que indica que a adição de OPN não exerceu influência neste parâmetro. Os valores encontrados demonstram uma tendência das amostras a cor amarela, o que pode ser atribuído à presença de carotenoides naturais nos ingredientes utilizados, como a farinha de trigo integral, a farinha de aveia e a ora-pro-nóbis.

A diferença total de cor ( $\Delta E$ ) é um parâmetro que reflete as diferenças absolutas nas coordenadas de cor entre a variável e o controle. De acordo com a Tabela 7, foi possível observar que a adição de OPN demonstrou mudanças significativas de cor em relação ao controle. A massa com 4,8% de ora-pro-nóbis apresentou um  $\Delta E$  de  $18,44 \pm 3,78$ , já a massa - composta de 9,1% de ora-pro-nóbis mostrou um valor de  $\Delta E$  de  $29,27 \pm 1,69$ . Esses resultados

eram esperados devido à mudança de cor refletida na massa a partir da adição do pó, como observado na Figura 25. Além disso, à medida em que eram adicionadas maiores proporções da folha, a tonalidade da cor verde se tornava mais escura.

Figura 25 – Diferença de cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) das amostras F-1 e F-2 em relação ao controle.



Fonte: Autora, 2025.

Os resultados obtidos para a diferença total de cor demonstraram similaridade com os encontrados por Jayasena e Abbas (2012), os quais analisaram a qualidade de massas ricas em proteínas e fibras alimentares usando a farinha de tremoço. Esses autores notaram que o aumento da proporção de farinha de tremoço na massa, aumentou o  $\Delta E$  em relação ao controle. Nas massas adicionadas de 10, 20, 30, 40 e 50% de farinha de tremoço, os autores encontraram valores de  $\Delta E$  de aproximadamente 1,4; 3,9; 6,0; 8,0; 10,4, respectivamente.

#### 4.7 Acidez

A acidez titulável é uma propriedade importante na avaliação de massas alimentícias, como o macarrão, uma vez que serve como indicador da atividade microbiana e, consequentemente, da qualidade microbiológica. A Resolução nº 93, de 31 de outubro de 2000 estabelece que as massas secas devem possuir índice de acidez de até 5% em mL de solução normal de NaOH/100 g. Na Tabela 8 são exibidos os resultados para o índice de acidez para o macarrão cru.

Tabela 8 – Índice de acidez das amostras de macarrão.

<b>Amostras</b>	<b>Acidez (%)</b>
<b>F-C</b>	$4,13 \pm 0,02^a$
<b>F-1</b>	$2,56 \pm 0,03^b$
<b>F-2</b>	$1,44 \pm 0,04^c$

F-C: macarrão sem ora-pro-nóbis; F-1: macarrão com 4,8% de ora-pro-nóbis; F-2: macarrão com 9,1% de ora pro-nóbis. Resultados expressos em Média  $\pm$  Desvio Padrão. Médias acompanhadas de letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre as amostras ( $p < 0,05$ ).

Todas as formulações apresentaram valores dentro do limite estabelecido na legislação. Além disso, os resultados indicaram diferenças estatísticas entre as amostras. A amostra F-C apresentou a maior acidez ( $4,13 \pm 0,02\%$ ), enquanto as formulações F-1 e F-2, enriquecidas com 4,8 e 9,1% de ora-pro-nóbis, registraram valores significativamente menores,  $2,56 \pm 0,03\%$  e  $1,44 \pm 0,04\%$ , respectivamente. Os resultados demonstraram que a adição de OPN no macarrão diminuiu o índice de acidez, que pode ser atribuído à menor acidez da folha, que, ao ser incorporada, contribui para essa. Estudos anteriores revelaram que a ora-pro-nóbis apresenta baixo índice de acidez (Moro et al., 2021; Silva, 2019). Esses achados na literatura corroboram com a tendência observada neste estudo, em que observou-se a diminuição da acidez com o aumento da concentração da planta.

#### 4.8 pH

Os resultados obtidos para a análise do potencial hidrogeniônico (pH) das amostras de macarrão cru (Tabela 9) mostraram diferença significativa entre as formulações estudadas.

Tabela 9 – Potencial hidrogeniônico das amostras de macarrão.

<b>Amostras</b>	<b>pH</b>
<b>F-C</b>	$6,62 \pm 0,03^a$
<b>F-1</b>	$6,47 \pm 0,02^b$
<b>F-2</b>	$6,36 \pm 0,03^c$

F-C: macarrão sem ora-pro-nóbis; F-1: macarrão com 4,8% de ora-pro-nóbis; F-2: macarrão com 9,1% de ora pro-nóbis. Resultados expressos em Média  $\pm$  Desvio Padrão. Médias acompanhadas de letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre as amostras ( $p < 0,05$ ).

A amostra controle deteve o maior valor de pH (6,62), o que não era esperado visto que, a mesma amostra apresentou o maior índice de acidez. Já as formulações com 4,8 e 9,1% de ora-pro-nóbis apresentaram valores de pH de 6,47 e 6,36, respectivamente. Era esperado que a formulação F-2 apresentasse o maior valor de pH por ter exibido o menor teor de acidez, seguida da F-1. Os valores encontrados nesse trabalho para o pH não concordaram com a literatura. De acordo com Chang (2006), quanto maior o pH, menor a acidez, o que não foi possível de ser visualizado nos resultados deste estudo. Sato et al. (2019), encontraram valores de pH de 7,16 e 7,36 para massas secas com 10% e 20% de OPN, respectivamente. Vargas et al. (2023), no estudo sobre a elaboração e aceitação de massa alimentícia tipo nhoque adicionada com ora-pro-nóbis, acharam valores de pH variando de 5,35 a 5,49. Enquanto Rocha et al. (2009), no estudo da adição de OPN em macarrão desidratado, e em Moro et al. (2021), no estudo do desenvolvimento e caracterização de hambúrguer vegano de grão de bico com adição de OPN, os valores de pH apresentaram similaridade com os encontrados neste trabalho, verificando variações de 6,17 a 6,24, respectivamente.

#### 4.9 Tempo de cozimento

O tempo de cozimento determinado para cada amostra está apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 – Resultados de tempo de cozimento para os macarrões.

<b>Amostras</b>	<b>Tempo de cozimento (min)</b>
<b>F-C</b>	$9,67 \pm 0,58^b$
<b>F-1</b>	$11,67 \pm 0,58^a$
<b>F-2</b>	$9,33 \pm 0,58^b$

F-C: macarrão sem ora-pro-nóbis; F-1: macarrão com 4,8% de ora-pro-nóbis; F-2: macarrão com 9,1% de ora pro-nóbis. Resultados expressos em Média  $\pm$  Desvio Padrão. Médias acompanhadas de letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre as amostras ( $p < 0,05$ ).

De acordo com os resultados exibidos na Tabela 10, apenas a formulação F-1 apresentou diferença significativa entre as demais quanto ao tempo ótimo de cozimento. A amostra F-C mostrou um tempo médio de cozimento de 9,67 minutos, enquanto a formulação F-1 exibiu o maior tempo de cozimento, com 11,67 minutos. Já a amostra F-2 apresentou o menor tempo de cozimento (9,33 minutos).

A proporção de 9,1% de ora-pro-nóbis não afetou o tempo de cozimento em comparação ao controle. Contudo, a proporção de 4,8% alterou o tempo de cozimento em 2 minutos a mais do que o controle. Essa diferença pode estar associada ao perfil de textura da massa. A formulação F-1 apresentou a maior dureza, tanto no parâmetro cru, quanto no cozido. Como massas que apresentam maior dureza tendem a exigir maior tempo para gelatinização do amido e amolecimento da estrutura proteica, esse aumento no tempo de cozimento pode estar diretamente relacionado à maior resistência mecânica da amostra. Estes resultados não estão de acordo com os encontrados por Ferreira et al. (2022), que observaram que o tempo de cozimento para as massas foi diminuindo com o aumento das concentrações do pó de ora-pro-nóbis. Por outro lado, a incorporação de ora-pro-nóbis não afetou o tempo ótimo de cozimento em Berto (2023).

Os resultados encontrados neste estudo, assim como em Eman et al. (2024), indicam que o tempo de cozimento está relacionado à habilidade das proteínas e fibras sem glúten presente na ora-pro-nóbis de interagirem com os demais componentes da massa. O aumento no tempo de cozimento para F-1 sugere uma possível alteração na estrutura da massa, possivelmente dificultando a penetração da água e a gelatinização do amido. Já a proporção de 9,1%, por outro lado, parece ter se integrado melhor à matriz da massa, resultando em um tempo ótimo de cozimento similar ao controle.

#### **4.10 Índice de absorção de água**

Na Tabela 11 são exibidos os percentuais de absorção de água das massas alimentícias.

Tabela 11 – Índice de absorção de água para as amostras de macarrão.

<b>Amostras</b>	<b>Índice de absorção de água (%)</b>
<b>F-C</b>	$127,34 \pm 3,24^a$
<b>F-1</b>	$123,56 \pm 5,65^a$
<b>F-2</b>	$113,84 \pm 11,53^a$

F-C: macarrão sem ora-pro-nóbis; F-1: macarrão com 4,8% de ora-pro-nóbis; F-2: macarrão com 9,1% de ora pro-nóbis. Resultados expressos em Média  $\pm$  Desvio Padrão. Médias acompanhadas de letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre as amostras ( $p < 0,05$ ).

O índice de absorção de água é um parâmetro fundamental para avaliar a qualidade de massas, pois está diretamente relacionado à textura, consistência e aceitação. Para garantir a boa qualidade da massa, é necessário que haja aumento de peso duas vezes maior em relação ao peso inicial (cru) (Hummel, 1996). Nesse sentido, todas as formulações deste estudo dobraram de peso após cocção.

As amostras não apresentaram diferença significativa entre si quanto ao índice de absorção de água. A formulação controle registrou maior absorção em relação as demais ( $127,34 \pm 3,24\%$ ), enquanto as formulações F-1 e F-2 exibiram valores de  $123,56 \pm 5,65\%$  e  $113,84 \pm 11,53\%$ , respectivamente. Embora os valores tenham sido estatisticamente iguais, observa-se uma tendência numérica de redução do índice de absorção com a adição de ora-pro-nóbis na massa. O mesmo comportamento foi encontrado por Ferreira et al. (2022), no entanto os valores registrados variaram de 222,98% a 193,41%. Berto (2023) sugeriu que essa redução pode estar relacionada à morfologia das farinhas de OPN, que apresentam formato indefinido e microestruturas irregulares, resultando em menor densidade dessas farinhas e, consequentemente, menor capacidade de absorver água.

#### 4.11 Perda por cozimento

A perda por cozimento reflete a capacidade da massa em manter sua integridade estrutural ao longo do processo de cocção, sendo que altos índices de perda são indesejáveis por resultar em uma água de cozimento turva, baixa resistência ao processo e textura pegajosa (Silva, 2024). Na Tabela 12 são apresentados os resultados de perda por cozimento das massas.

Tabela 12 – Perda por cozimento das massas alimentícias.

<b>Amostras</b>	<b>Perda por cozimento (%)</b>
<b>F-C</b>	$4,68 \pm 0,09^a$
<b>F-1</b>	$4,52 \pm 0,19^a$
<b>F-2</b>	$4,32 \pm 0,77^a$

F-C: macarrão sem ora-pro-nóbis; F-1: macarrão com 4,8% de ora-pro-nóbis; F-2: macarrão com 9,1% de ora pro-nóbis. Resultados expressos em Média  $\pm$  Desvio Padrão. Médias acompanhadas de letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre as amostras ( $p < 0,05$ ).

Segundo Hummel (1996), para que a massa apresente boa qualidade, ela deve ter uma perda de sólidos no cozimento de até 6%. Para qualidade média, a perda de sólidos deve ser de até 8%, e para baixa qualidade, igual ou superior a 10%. Observa-se, na Tabela 12, que todas as amostras registraram perda por cozimento inferior a 6%, podendo ser classificadas como massas de boa qualidade. As formulações não demonstraram diferença significativa entre si. Apesar disso, pequenas diferenças numéricas foram observadas após a incorporação de ora-pro-nóbis na massa, sendo que a formulação controle apresentou maior perda de sólidos (4,68%), seguida da F-1 (4,52%) e F-2 (4,32%), indicando que a adição de OPN tendeu a diminuir a perda de sólidos no cozimento da massa. No estudo de Sato et al. (2019), resultados similares foram encontrados, contudo, as massas com concentrações de 0%, 10% e 20% de ora-pro-nóbis, apresentaram perda de sólidos no cozimento de 9%, 1% e 6%, respectivamente.

## 5 CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo desenvolver e caracterizar macarrão seco enriquecido nutricionalmente com fontes vegetais, avaliando o impacto da adição de 4,8 e 9,1% de ora-pro-nóbis nas propriedades físico-químicas, tecnológicas e nutricionais do produto. A partir dos resultados, verificou-se que a inclusão desse ingrediente em diferentes concentrações apresentou diferenças significativas em diversas propriedades, como umidade, higroscopicidade, textura, cor instrumental, acidez, cinzas, fibras, proteínas, pH e tempo de cozimento. A cinética de secagem mostrou que a incorporação de ora-pro-nóbis reduziu a umidade inicial da massa e necessitou de um tempo maior de secagem para atingir os limites estabelecidos pela legislação. As análises físico-químicas mostraram que a adição da folha reduziu o teor de acidez e pH, mas aumentou a higroscopicidade.

No que se refere às propriedades tecnológicas das massas alimentícias, a textura foi afetada pela adição de ora-pro-nóbis, principalmente no parâmetro de dureza, que se mostrou superior para a formulação com concentração intermediária da folha. A análise de cor demonstrou uma redução da luminosidade dos macarrões de acordo com a adição de OPN e um aumento da tendência à cor verde. O tempo de cozimento foi maior na formulação enriquecida com 4,8% de ora-pro-nóbis, enquanto o índice de absorção de água e perda por cozimento não apresentaram diferenças significativas entre as amostras.

A adição de ora pro-nóbis teve impacto na composição centesimal das massas desenvolvidas. Os resultados evidenciaram que a incorporação da folha resultou em um

aumento de pouco mais de 1% no teor de cinzas, menos de 1% no teor de fibras, e pouco mais de 2% no teor de proteínas das formulações. Além da folha, a presença de ervilha e farinha de aveia também contribuíram para esse incremento o que possibilita a classificação do produto como fonte de proteína e alto conteúdo de proteína, de acordo com a legislação. Isso evidencia que o macarrão desenvolvido pode atender à crescente demanda por produtos com maior aporte nutricional. Por outro lado, os teores de lipídeos e carboidratos não apresentaram diferenças significativas com a incorporação da folha.

Os resultados demonstraram que a ora-pro-nóbis pode ser um ingrediente promissor para a diversificação e enriquecimento nutricional de massas alimentícias secas, sem comprometer as principais características tecnológicas. Estudos futuros podem explorar a aceitabilidade sensorial do produto e a otimização dos parâmetros do processo de obtenção do macarrão. Além disso, futuras pesquisas podem investigar as propriedades funcionais do macarrão adicionado de ora-pro-nóbis. Essa abordagem reforçaria a relevância do uso dessa PANC na formulação de alimentos, ampliando o seu potencial nutricional e funcional. Portanto, este estudo contribui para o avanço do conhecimento sobre o uso de ingredientes vegetais não convencionais na formulação de alimentos.

## 6 REFERÊNCIAS

ABIMAPI, 2024. Associação Brasileira Das Indústrias De Biscoitos, Massas Alimentícias E Pães & Bolos Industrializados. Estatísticas de mercado. Disponível em: <https://abimapi.com.br/estatisticas-mercado/>. Acesso em: 01 set. 2024.

Amri Zahra; Bhouri Amira Mnari; Dhibi Madiha; Hammami Mohamed; Hammami Sonia; Mechri Beligh. Nutritional composition, lipid profile and stability, antioxidant activities and sensory evaluation of pasta enriched by linseed flour and linseed oil. *BMC Biotechnology*, v.24, n.1, p.31, 15 maio 2024. Doi: 10.1186/s12896-024-00841-w.

AOAC. Crude Fiber Analysis in Feeds by Filter Bag Technique Ba 6a-05. 2009.

Bazanella, N. M. Elaboração de massas alimentícias a base de farinha de arroz e fécula de mandioca com adição de farinha de ervilha. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Pampa, UNIPAMPA, Itaqui, 2019.

Brasil, 2000. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução – RDC nº 93, de 31 de outubro de 2000. Dispõe sobre o regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de massa alimentícia. Diário Oficial da União, Brasília, 01.11.2000.

Brasil, 2012. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC n.º 54, de 12 de novembro de 2012. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 nov. 2012.

Brum, A. A. S.; Arruda, L. F. de; Regitano-D'Arce, M. A. B. Métodos de extração e qualidade da fração lipídica de matérias-primas de origem vegetal e animal. **Química Nova**, v. 32, n. 4, p. 849–854, 2009.

Berto, Ismaíara Rodrigues. Farinhas De Ora-pro-nóbis: Aplicação em massas alimentícias e avaliação do efeito de secagem. 2023.

Cai, Y. Z.; Corke, H. Production and properties of spray-dried Amaranthus Betacyanin Pigments. Journal of Food Science, v. 65, n. 6, p. 1248-1252, 2000.

Cândido, HT, Leonel, M., Leonel, S., Ouros, LF dos ., Jesus, PRR de ., Izidoro, M., Molha, NZ, & Domiciano, VM. Green banana and ora-pro-nóbis mixed flours: nutritional and technological characteristics. Jornal Brasileiro de Tecnologia Alimentar , v 25 , p.e2022081, 2022. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.08122>.

Carvalho, Jacinto de A., et al. Produção da ervilha cultivada em ambiente protegido sob diferentes tensões de água no solo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.16, n.1, p.44+, jan.2012. Disponível em: <https://link.gale.com/apps/doc/A288689107/IFME?u=anon~36cd3d2b&sid=googleScholar&xid=1a26be94>. Acesso em 2 nov. 2024.

Cecchi, H. M. Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos. 2<sup>a</sup> edição revista. Campinas, SP: Editora Unicamp, 2003.

Chang, R., 2006. General chemistry: the essential concepts, fourth ed. McGraw-Hill Higher Education, Boston, Mass.

Chang, Y.K., Flores, H.E.M., 2004. Qualidade tecnológica de massas alimentícias frescas elaboradas de semolina de trigo durum (*T. durum* L.) e farinha de trigo (*T. aestivum* L.).

Ciência e Tecnologia de Alimentos 24, 487–493. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612004000400002>.

Costa, G. de A.; Silva, JI da. Análise físico-química do macarrão enriquecido com proteínas de pescado. Ciência e cultura, v. 1, p. 2009, 2009.

Eman M. Abdo, Amira M.G. Darwish, Marwa M.E. Hussein, Hanem M.M. Mansour, Pasta enriched with de-oiled sesame and yellow pepper flours: Evaluation of physicochemical properties, protein quality, and antioxidant potential, Applied Food Research, Volume 4, Issue 2, 2024, 100602, ISSN 2772-5022, <https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100602>.

Espinosa-Solis, V., Zamudio-Flores, P.B., Tirado-Gallegos, J.M., Ramírez-Mancinas, S., Olivas-Orozco, G.I., Espino-Díaz, M., Hernández-González, M., García-Cano, V.G., Sánchez-Ortíz, O., Buenrostro-Figueroa, J.J., Baeza-Jiménez, R., 2019. Evaluation of Cooking Quality, Nutritional and Texture Characteristics of Pasta Added with Oat Bran and Apple Flour. Foods 8, 299. <https://doi.org/10.3390/foods8080299>.

Giménez, M.A., González, R.J., Wagner, J., Torres, R., Lobo, M.O., Samman, N.C., 2013. Effect of extrusion conditions on physicochemical and sensorial properties of corn-broad beans (*Vicia faba*) spaghetti type pasta. Food Chem 136, 538–545. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.08.068>.

Giordano, Leonardo de Brito. Cultivo da ervilha (*Pisum sativum L.*). In: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Hortalícias. Instruções Técnicas para o Cultivo da Ervilha. 3<sup>a</sup> ed. rev. e ampl. Brasília: EMBRAPA, 1997.

FAO. Crop Prospects and Food Situation - Quarterly Global Report No. 4. Rome: December. 2023.

Franco, B.D.G. de M., Landgraf, M., 2008. Microbiologia dos alimentos. São Paulo.

Fellows, P. J. Tecnologia do Processamento de Alimentos. Princípios e Prática. 2<sup>o</sup>Edição, Porto Alegre: Ed. Artmed, 2006.

Fernandes, Aline Ávila; Rodrigues, Emanuelle; Lisot, Letícia; Zanetti, Suéli. Caracterização físico-química e funcional da farinha de ora-pro-nobis obtida por diferentes processos de

desidratação. 2018. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Campus São Miguel do Oeste, São Miguel do Oeste, 2018.

Ferreira, Aline Louzada; Gonçalves, Victoria Gomes De Oliveira; Filho, Antonio Manoel Maradini; Carneiro, Joel Camilo Souza; Francisco, Carolina Lepre. Caracterização do Pó de Ora-Pro-Nóbis e Utilização em Massas Alimentícias. Livro Open Science Research IX, Editora Científica Digital, p. 70-89, c. 5, 2022. DOI: 10.37885/221211240. Disponível em: <https://www.editoracientifica.com.br/articles/code/221211240>.

Gonçalves, Maria Arlene Sousa. Tendências, sustentabilidade e impacto ambiental dos produtos plant-based: uma revisão. 2024.

Hummel, Charles., 1996. Macaroni products: manufacture, processing and packing. Food Trade P.

Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos, fourth ed. São Paulo, 2008.

Jayasena, Vijay e Abbas, Syed. (2012). Development and quality evaluation of high-protein and high-dietary-fiber pasta using lupin flour. Journal of Texture Studies. 43. 10.1111/j.1745-4603. 2011.

Jayawardena, S. Reshan et al. Utilisation of beef lung protein powder as a functional ingredient to enhance protein and iron content of fresh pasta. International journal of food science & technology, v. 54, n. 3, p. 610-618, 2019.

Jesus, M. N. de; Reges, J. T. de A. Ora-pro-nobis: saberes e novas oportunidades. Segurança Alimentar e Nutricional, v. 26, p. e019016, 23 abr. 2019.

Kraiem, A.; Madiouli, J.; Shigidi, I.; Sghaier, J. Experimental Analysis of Drying Conditions' Effect on the Drying Kinetics and Moisture Desorption Isotherms at Several Temperatures on Food Materials: Corn Case Study. Processes. 2023. <https://doi.org/10.3390/pr11010184>.

Koli DK, Rudra SG, Bhowmik A, Pabbi S. Nutritional, Functional, Textural and Sensory Evaluation of *Spirulina* Enriched Green Pasta: A Potential Dietary and Health Supplement.

Foods. 2022 Mar 28;11(7):979. doi: 10.3390/foods11070979. PMID: 35407065; PMCID: PMC8997815.

Kowalczewski, P.L., Pauter, P., Smarzynski, K., Rozanska, M. B., Jezowski, P., Dwiecki, K., et al. (2019). Thermal processing of pasta enriched with black locust flowers affect quality, phenolics, and antioxidant activity. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(10), e14106.

Leite, Jorquiania Ferreira. Desenvolvimento de macarrão misto de farinha de casca da batata doce (*Ipomoea Batatas L.*) e farinha de trigo (*Triticum Durum*). 2019.

Malanchen, B.; da Silva, F.; Gottardi, T.; Terra, D.; Bernardi, D. Composição e propriedades fisiológicas e funcionais da aveia. *FAG JOURNAL OF HEALTH (FJH)*, v. 1, n. 2, p. 185-200, 31 jul. 2019.

Manoel, Gabriel Espírito Santo. Elaboração e avaliação da qualidade sensorial e física de macarrão enriquecido com ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata Mill*). In: VIII Jornada de Produção Científica e Tecnológica (JPCT) e XI Ciclo de Palestras Tecnológicas (CIPATEC)-2019. 2019.

Marques, R. C. D. Estudo físico-químico, microbiológico e tecnológico de coprodutos da industrialização de milho e aproveitamento alimentar a partir da elaboração de massas alimentícias. 2016. 234 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos – Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

Massad, Janaina Aronne. Reologia de farinha integral para biscoitos enriquecida com diferentes fontes proteicas. 2021. 66 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2021.

Mendonça, E.V. Propriedades físico-químicas e sensoriais de gelado comestível elaborado com farinha de ervilha. Pernambuco, 2018, 67p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Menegassi, B.; Leonel, M. Análises de Qualidade de uma Massa Alimentícia Mista de Mandioquinha-salsa. *Revista Raízes e Amidos Tropicais*, v. 2, p. 27-36, 2006. Disponível

em: <<https://www.cerat.unesp.br/Home/RevistaRAT/artigo03.pdf>>. Acesso em 15 ago. 2024.

Molteberg, E.L .; Vogt, G .; Nilsson, A .; Frolich, W. Effects of storage and heat processing on the content and composition of free fatty acids in oats. Cereal Chemistry, v.72, n.1, p.888-93, 1995.

Moro, G. L.; Santos, S. N.; Altemio, A. D. C.; Aranha, C. P. M. Desenvolvimento e caracterização de hambúrguer vegano de grão de bico (*Cicer arietinum* L.) com adição de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Mill.). Research, Society and Development, v. 10, n. 12, p. e361101220067-e361101220067, 2021.

Naia, Inês Isabel Panasqueira. Produção de alimentos funcionais inovadores a partir do tremoço e ervilha com base no método de produção de tempeh de soja. 2015. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Alimentar, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2015.

Nara, A.B.W ; Nazario, G .; Almeida, M.E.W. et al. (Coord.) Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. 2 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1976. v.1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 371p.

Nascimento, L. E. P. Caracterização físico-química do pó de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) e incorporação em massas alimentícias secas. 2020. 80f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2020.

Nicoletti, Angélica Markus et al. Enriquecimento nutricional de macarrão com uso de subprodutos agroindustriais de baixo custo. 2007.

Nicoletti, A. M. et al. Uso de subprodutos agroindustriais no desenvolvimento de macarrão nutricionalmente melhorado. Alimentos e Nutrição Araraquara, v. 18, n. 4, p. 421-429, 2008.

Nóbrega, Thainara Cardoso. Visão prospectiva: tendências e perspectivas futuras na indústria de alimentos. 2024.

Oliveira, I.D.; Feiten, M.C.; Barros, B.C.B. Produção de cookies de cacau com adição de farinha ora-pro-nóbis. Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias, v.8, n. 1, p. 1-20, 2023.

Paulo, Aline Ledorina Pereira. Sorvete vegano de abacate, aveia e ervilha. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Unidade Universitária Caxias do Sul, 2022. Disponível em: <https://repositorio.uergs.edu.br/xmlui/handle/123456789/2238>. Acesso em: 16 dez. 2024.

Pereira, Keiciane da Silva; Cruz, Lyvia Gabriela Nogueira da; Lessa; Marilda Castilho Braz; Muniz, Raissa Moreira de Abreu; Matos; Vania de. O consumo da aveia na alimentação humana. 2023. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico de Nutrição e Dietética) – Etec João Gomes de Araújo, Pindamonhangaba, 2023.

Petitot, M.; BOYER, L.; MINIER, C.; MICARD, V. Fortification of pasta with split pea and faba bean flours: Pasta processing and quality evaluation. Food Research International, v. 43, n. 2, p. 634–641, mar. 2010.

Quinaud, Bárbara Emannuele Ribeiro et al. Elaboração e caracterização nutricional de massa alimentícia enriquecida com resíduo de soja. Research, Society and Development, v. 9, n. 7, p. e718974724-e718974724, 2020.

Reinert, G., Almeida, A. da R., de Armas, R. D., & Maciel, M. V. de O. B. (2023). Análise físico-química, atividade antioxidante e pesquisa de saponinas em folhas frescas e branqueadas de caruru (*Amaranthus deflexus Linn*) e ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata Miller*). Food Science Today, 1(1). <https://doi.org/10.58951/fstoday.v1i1.12>.

Remonato, Jéssica et al. Qualidade de macarrão tipo talharim elaborado com farinha de batata-doce Beauregard. Revista Agropecuária Técnica, v. 38, n. 2, p. 91-95, 2017.

Ribeiro, Leonardo Gustavo Silva. Aplicação de ovo de codorna em pó na elaboração de macarrão: impacto nas propriedades físicas e sensoriais. 2023. 52 f.

Ribeiro, M. D. B., Martins, A., Penna, L. A. de S., Cândido, L. L. B. T., Barbosa, B. M., dos Santos, V. T., & Marcussi, B. A. (2023). Ora-pro-nóbis: alternativa para enriquecimento proteico de alimentos na merenda escolar. REVISTA FOCO, 16(9), e3074. <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v16n9-068>.

Rocha, DR da C. et al. Macarrão adicionado de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata Miller*) desidratado. Alimentos e Nutrição Araraquara, v. 19, n. 4, p. 459-465, 2009.

Rocha, Vitória Oliveira. Desenvolvimento de pães adicionados de ora pro nobis (*Pereskia bleo*). 2023. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

Santos, P. P. A. dos; FERRARI, G. da S.; ROSA, M. da S.; ALMEIDA, K.; ARAÚJO, L. de A. de; PEREIRA, M. H. C.; WANDERLEY, M. E. F.; MORATO, P. N. Desenvolvimento e caracterização de sorvete funcional de alto teor proteico com ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller) e inulina. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 25, 2022.

Sato, R., Cilli, L., Oliveira, B., Maciel, V., Venturini, A., & Yoshida, C. (2019). Nutritional improvement of pasta with *Pereskia aculeata* Miller: a non-conventional edible vegetable. *Food Science and Technology*.<https://doi.org/10.1590/FST.35617>.

Schuck, Pierre; JEANTET, Romain; DOLIVET, Anne. Analytical methods for food and dairy powders. John Wiley & Sons, 2012.

Silva, G. C. O. Influência dos sistemas de embalagens e armazenamento na conservação dos atributos de qualidade de hortaliças convencionais. Sete Lagoas: Universidade Federal de São João del-Rei, 2019. 10p. (Dissertação, Mestrado em Ciências Agrárias).

Silva, Taline Rocha da; Rusciolelli, Luciano Bertollo; Souza, Mariana Costa. Desenvolvimento de massas alimentícias frescas adicionadas de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*), 2022.

Silva, Thaianny Ruth da. Elaboração e caracterização de massa de macarrão integral desenvolvido com sorgo fermentado. 2024. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2024. DOI <https://doi.org/10.14393/ufu.di.2024.114>.

Sissons, Mike. 2022. "Desenvolvimento de novos produtos de massas com impactos baseados em evidências na saúde — uma revisão" *Foods* 11, no. 1: 123. <https://doi.org/10.3390/foods11010123>.

Sozer, N. Rheological properties of rice pasta dough supplemented with proteins and gums. *Food Hydrocolloids*, [S.I], v. 23, n. 3, p.849-855, may 2009.

Szczesniak, A.S., 2002. Texture is a sensory property. Food Qual Prefer 13, 215–225.  
[https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(01\)00039-8.](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(01)00039-8)

TACO. Tabela brasileira de composição de alimentos / NEPA – UNICAMP. - 4. ed. rev. e ampl.. -- Campinas: NEPA- UNICAMP, 2011. 161 p.

Takeiti, C.Y.; ANTONIO, G.C.; MOTTA, E.M.P.; COLLARES-QUEIROZ, F.P.; PARK, K.J. Nutritive Evaluation of a Non-Conventional Leafy Vegetable (*Pereskia aculeata* Miller). Int. J. Food Sci. Nutr. v. 60, p. 148–160, 2009.

Vargas, M. E. C., Almeida, D. A. de, Reis, H. dos, Reis, D. A., Carvalho, J. R. de, Nascimento, L. C., Nascimento, L. A. do, & Silva, D. R. G. (2023). Elaboração e a aceitação de massa alimentícia tipo nhoque adicionada com Ora-pro-nóbis. Brazilian Journal of Development, 9(1), 1878–1894. <https://doi.org/10.34117/bjdv9n1-128>.

Wu, Ding-Tao, Wen-Xing Li, Jia-Jia Wan, Yi-Chen Hu, Ren-You Gan e Liang Zou. 2023. "Uma revisão abrangente da ervilha (*Pisum sativum* L.): composição química, processamento, benefícios à saúde e aplicações alimentares". *Foods* 12, no. 13: 2527. <https://doi.org/10.3390/foods12132527>.