



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

VITÓRIA OLIVEIRA ROCHA

DESENVOLVIMENTO DE PÃES ADICIONADOS DE ORA PRO NOBIS (*PERESKIA BLEO*)

**FORTALEZA
2023**

VITÓRIA OLIVEIRA ROCHA

DESENVOLVIMENTO DE PÃES ADICIONADOS DE ORA PRO NOBIS (*PERESKIA BLEO*)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Engenharia de Alimentos do
Departamento de Engenharia de Alimentos da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial à obtenção do título de Engenheira de
Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Audino Zambelli

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R577d Rocha, Vitória Oliveira.

Desenvolvimento de pães adicionados de ora pro nobis (*Pereskia bleo*) / Vitória Oliveira Rocha. – 2023.
38 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências
Agrárias, Curso de Engenharia de Alimentos, Fortaleza, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Rafael Audino Zambelli.

1. Ora-pro-nobis. 2. Pães. 3. Proteínas. 4. Amido. I. Título.

CDD 664

VITÓRIA OLIVEIRA ROCHA

DESENVOLVIMENTO DE PÃES ADICIONADOS DE ORA PRO NOBIS (*PERESKIA BLEO*)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Alimentos do Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira de Alimentos.

Aprovado em: 07/07/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Rafael Audino Zambelli (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Andréa Cardoso de Aquino
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Italo Waldimiro Lima de França
Universidade Estadual do Ceará (UFC)

Aos meus pais, Carlos Alberto e Marília.
À minha irmã, Mayara.
À minha avó, Vilma.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por todo o esforço durante os anos de minha juventude para que eu tivesse as melhores oportunidades sempre.

À minha avó, exemplo de mulher forte e minha maior incentivadora.

À minha irmã, pela ajuda nas análises estatísticas deste trabalho e por todo o seu companheirismo durante minha vida.

Aos meus amigos, que acompanharam toda a minha trajetória estudantil até este momento.

Ao Prof. Dr. Rafael Audino Zambelli, pela excelente orientação durante todo o processo experimental e de escrita.

Aos bolsistas do Laboratório de Biomateriais Alimentícios, Amanda, Mariana, Nícolas, Pedro, Vitor e Lurrayna, pela ajuda e companhia durante as tardes de experimento.

Aos professores participantes da banca examinadora Prof^a. Dr^a. Andréa Cardoso de Aquino, minha orientadora em todos os estágios durante a graduação, e Prof. Dr. Ítalo Waldimiro Lima de França pelo tempo concedido.

“Ser capitã desse mundo, poder rodar sem fronteiras, viver um ano em segundos, não achar sonhos besteira.” (MARIA GADÚ, 2009).

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo o estudo da adição de ora-pro-nóbis na formulação de pães e a interação entre suas proteínas e o amido. As folhas foram colhidas no Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana – NEPAU, na Universidade Federal do Ceará. Em seguida foram higienizadas e processadas para produção de um extrato aquoso no Laboratório de Biomateriais Alimentícios no Departamento de Engenharia de Alimentos, também na Universidade Federal do Ceará. As massas de pão foram formuladas com adição de 5%, 7,5%, 10% e 12,5% de ora-pro-nobis e submetidas a análises de avaliação do processo de fermentação, volume específico e volume produzido durante a fermentação, índice de expansão e microscopia eletrônica de varredura. Na avaliação da expansão das massas, a quantidade adicionada de extrato de folhas mostrou-se indiretamente proporcional à expansão. Com relação à expansão do volume das massas, observamos um ligeiro aumento entre as formulações com 5% e 7,5%, seguido por uma queda expressiva nas outras formulações. Com relação ao volume específico todas as formulações apresentaram resultados não satisfatórios, abaixo do recomendado para a qualidade dos pães. O índice de expansão também foi influenciado pela adição do extrato, entretanto a diferença entre as formulações foi pequena, destacando-se a formulação de 10% com maior índice. O volume produzido durante a fermentação não foi influenciado pela quantidade adicionada de extrato, não sendo favorecido ou prejudicado pela adição de OPN. Nas imagens da análise de microscopia eletrônica de varredura, observou-se um aumento na formação de fendas e descontinuidade da rede do glúten, exposição de grânulos de amido para fora da matriz proteica e perda de força do glúten em aglutinar os grânulos à medida que a concentração de ora-pro-nóbis aumentava. Portanto, a adição do extrato aquoso de OPN em quantidades superiores a 5% na massa do pão apresenta danos à estrutura do amido e características que afetam a qualidade do pão de forma negativa.

Palavras-chave: ora-pro-nobis; pães; proteínas; amido.

ABSTRACT

The present study aimed to study the addition of ora-pro-nobis in the formulation of breads and the interaction between its proteins and starch. The leaves were collected at the Center for Teaching and Research in Urban Agriculture - NEPAU, at the Federal University of Ceará. They were then cleaned and processed to produce an aqueous extract at the Laboratory of Food Biomaterials at the Department of Food Engineering, also at the Federal University of Ceará. The bread doughs were formulated with the addition of 5%, 7.5%, 10% and 12.5% of ora-pro-nobis and submitted to analyzes to evaluate the fermentation process, specific volume and volume produced during fermentation, expansion index and scanning electron microscopy. In the evaluation of the expansion of the doughs, the added amount of leaf extract was indirectly proportional to the expansion. Regarding the expansion of the dough volume, we observed a slight increase between the formulations with 5% and 7.5%, followed by a significant decrease in the other formulations. Regarding the specific volume, all formulations showed unsatisfactory results, below the recommended for bread quality. The expansion index was also influenced by the addition of the extract, however the difference between the formulations was small, highlighting the 10% formulation with the highest index. The volume produced during fermentation was not influenced by the added amount of extract and was not favored or harmed by the addition of OPN. In the scanning electron microscopy analysis images, an increase in the formation of cracks and discontinuity of the gluten network, exposure of starch granules outside the protein matrix and loss of strength of the gluten in agglutinating the granules was observed as the concentration of ora-pro-nobis increased. Therefore, the addition of OPN aqueous extract in amounts greater than 5% in the bread dough shows damage to the starch structure and characteristics that negatively affect the quality of the bread.

Keywords: ora-pro-nobis; breads; protein; starch.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Folhas de OPN (esquerda) e extrato aquoso de OPN (direita) | 21 |
| Figura 2 – Ingredientes utilizados na formulação do pão | 21 |
| Figura 3 – Parâmetros da elipse truncada | 22 |
| Figura 4 – Pães de formulação com 5% (esquerda) e 7,5% (direita) de OPN | 25 |
| Figura 5 – Pães de formulação com 10% (esquerda) e 12,5% (direita) de OPN | 25 |
| Figura 6 – Pão adicionado de 5% de OPN | 32 |
| Figura 7 – Pão adicionado de 7,5% de OPN | 33 |
| Figura 8 – Pão adicionado de 10% de OPN | 34 |
| Figura 9 – Pão adicionado de 12,5% de OPN | 35 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Formulação padrão de pão e os percentuais de OPN | 22 |
| Tabela 2 – Estatística descritiva e testes de normalidade para a variável avaliação de expansão das massas para as concentrações de OPN | 26 |
| Tabela 3 – Resultados de Tukey a 5% de significância para avaliação de expansão das massas | 26 |
| Tabela 4 – Estatística descritiva e testes de normalidade para a variável avaliação de expansão do volume das massas para as concentrações de OPN | 28 |
| Tabela 5 – Resultados de Tukey a 5% de significância para avaliação de expansão do volume das massas | 28 |
| Tabela 6 – Estatística descritiva e testes de normalidade para a variável avaliação de volume específico para as concentrações de OPN | 29 |
| Tabela 7 – Estatística descritiva e testes de normalidade para a variável índice de expansão para as concentrações de OPN..... | 30 |
| Tabela 8 – Resultados de Tukey a 5% de significância para avaliação do índice de expansão | 30 |
| Tabela 9 – Estatística descritiva e testes de normalidade para a variável volume das massas produzido durante a fermentação para as concentrações de OPN.... | 31 |
| Tabela 10 – Resultados de Tukey a 5% de significância para avaliação de volume das massas produzido durante a fermentação | 31 |

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Expansão das massas cm³ x tempo (min) 27

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|-------|--|
| AR | Amido Resistente |
| AR1 | Amido Resistente tipo 1 |
| AR2 | Amido Resistente tipo 2 |
| AR3 | Amido Resistente tipo 3 |
| AR4 | Amido Resistente tipo 4 |
| AR5 | Amido Resistente tipo 5 |
| PANCs | Plantas Alimentícias Não Convencionais |
| OPN | Ora pro nobis |

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 14 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 16 |
| 2.1 | PÃO | 16 |
| 2.2 | PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS | 16 |
| 2.2.1 | <i>Ora-pro-nobis</i> | 17 |
| 2.3 | AMIDO DO PÃO E A RETROGRADAÇÃO | 18 |
| 2.4 | EFEITO DA INTERAÇÃO PROTEÍNA-AMIDO NO PÃO | 20 |
| 3 | MATERIAIS E MÉTODOS | 20 |
| 3.1 | AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE FERMENTAÇÃO | 22 |
| 3.2 | VOLUME ESPECÍFICO | 23 |
| 3.3 | ÍNDICE DE EXPANSÃO | 23 |
| 3.4 | VOLUME DAS MASSAS PRODUZIDAS DURANTE A FERMENTAÇÃO..... | 23 |
| 3.5 | ANÁLISE DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV) | 24 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 25 |
| 4.1 | AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE FERMENTAÇÃO | 25 |
| 4.1.1 | <i>Avaliação de expansão das massas</i> | 26 |
| 4.1.2 | <i>Avaliação da expansão do volume das massas</i> | 28 |
| 4.2 | VOLUME ESPECÍFICO | 29 |
| 4.3 | ÍNDICE DE EXPANSÃO | 29 |
| 4.4 | VOLUME DAS MASSAS PRODUZIDAS DURANTE A FERMENTAÇÃO | 30 |
| 4.5 | ANÁLISE DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV) | 31 |
| 5 | CONCLUSÃO | 36 |

1 INTRODUÇÃO

A alimentação é um elemento essencial da vida de qualquer sociedade e pode ser tida como uma manifestação social dos hábitos de cada comunidade, influenciando principalmente na qualidade de vida da população.

Há seis mil anos atrás a fermentação do trigo foi descoberta pelos egípcios e, consequentemente, o pão. Desde então as receitas foram aprimorando-se e o alimento passou a ter parte importantíssima na alimentação humana, em todas as classes sociais. De acordo com o SEBRAE, o consumo per capita do brasileiro é de 22,61kg de pão por ano. O alto consumo do produto estimula a produção e criação de produtos cada vez mais inovadores e diferenciados. Patrick Ambrogi, chefe e professor do Le Cordon Bleu, diz que existem possibilidades para evoluir o pão, visando um consumidor mais atento e mais exigente em suas demandas diárias.

Além do alto consumo, os estudos relacionados à pães visam seu enriquecimento nutricional e a menor rejeição aos alimentos essencialmente compostos por carboidratos, adicionando ingredientes das mais variadas origens que apresentem altos teores de compostos bioativos, fibras, proteínas, entre outros.

Alimentos de origem vegetal são fonte de inúmeros nutrientes, como vitaminas, minerais, proteínas e compostos bioativos. Dentre os alimentos de origem vegetal encontramos as PANCs – Plantas Alimentícias Não Convencionais. A classificação refere-se a todas as espécies que possuem uma ou mais partes comestíveis, sejam espontâneas ou cultivadas, exóticas ou não, e que não estão no cardápio tradicional da população daquela região (KAREN; NOHUYS; KEHL; BRACK; SILVA, 2015). Isso implica que uma determinada cultura pode ser considerada PANC em uma região, mas em outra uma cultura comum. Entretanto, em sua maioria, são culturas negligenciadas e pouco exploradas por serem desconhecidas.

A ora-pro-nobis tem folhas que possuem cerca de 25% de proteínas em peso seco, sendo 85% destas encontradas em forma digestível. É fonte de fibras, minerais, compostos bioativos, vitaminas e pode ser utilizada crua ou cozida como ingrediente em saladas, sopas, omeletes e no enriquecimento de produtos. (Garcia et al., 2019)

A adição de componentes não formadores de glúten na massa pode reduzir o potencial panificável da mistura, resultando em menor volume, dificuldades de manuseio da massa, menor capacidade de retenção de gás, entre outros fatores. Para garantir que a massa

não seja afetada de forma negativa, pequenas frações destes componentes devem ser adicionadas.

O pão tem papel relevante na alimentação mundial e a exploração das proteínas de origem vegetal tem sido altamente encorajada devido às projeções para o aumento da população mundial. Além disso, proteínas vegetais são mais associadas com benefícios à saúde do que as proteínas de origem animal. Compreender as interações amido-proteína afeta no armazenamento de produtos à base de amido, é importante para a qualidade dos produtos, para a qualidade nutricional da alimentação da população e até para a redução nos índices de desperdício de comida, por meio da extensão da vida de prateleira. Levando em consideração esses pontos e o alto teor proteico da ora-pro-nobis, o presente estudo busca analisar a interação entre a proteína vegetal da *Pereskia bleo* e o amido do pão.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PÃO

O pão faz parte da alimentação do ser humano desde os primórdios da humanidade, considerado um dos alimentos mais antigos. É um produto obtido pelo cozimento de massa fermentada ou não, preparada com farinha de trigo e/ou outras farinhas que contenham naturalmente proteínas formadoras de glúten ou adicionadas e água, podendo conter outros ingredientes (BRASIL, 2000). Consiste de uma espuma instável que contém uma fase contínua composta por uma rede de proteínas formadoras do glúten interligadas e por moléculas poliméricas do amido lixiviadas, principalmente amilose (GRAY e BEMILLER, 2003).

Dotado de benefícios nutricionais, o pão faz parte dos hábitos alimentares da população, nas mais diversas formas de apresentação e consumo. O alto consumo e sua consequente importância econômica trouxeram para a indústria de panificação a necessidade de inovação, atendendo cada vez mais as necessidades do público consumidor e suas exigências com relação à qualidade. Além disso, a sociedade mostra-se cada vez mais interessada nos benefícios que os alimentos funcionais podem trazer, conduzindo a indústria à reinvenção de um alimento essencialmente composto por carboidratos. Experimentos inovadores na área de panificação são de interesse industrial, pois podem gerar produtos de melhor qualidade sensorial, nutricional e econômica.

A rede de glúten, as condições de fermentação, entre outros fatores, é de extrema importância para a retenção de gás e, principalmente, a formação do miolo, que confere qualidade sensorial ao produto.

2.2 PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS

O termo PANC quer dizer Plantas Alimentícias Não Convencionais e foi criado em 2008 pelo professor Kinupp. Refere-se a todas as espécies que possuem uma ou mais partes comestíveis, sejam espontâneas ou cultivadas, exóticas ou não, e que não estão no cardápio tradicional da população daquela região (KAREN; NOHUYS; KEHL; BRACK; SILVA, 2015). As partes comestíveis podem ser raízes, folhas, flores, rizomas, talos, entre outras. Estão inclusas, também, nessa categoria plantas substitutas do sal, como edulcorantes, amaciadores, corantes alimentícios e as que são utilizadas na produção de bebidas, além das

especiarias e substâncias condimentares e aromáticas (TERRA; VIERA, 2020). Muitas são consideradas “daninhas” porque ocorrem entre outras culturas propositalmente cultivadas ou em locais “onde não deveriam ocorrer”, sendo altamente negligenciadas pela população em geral e alvo de poucos estudos científicos.

De elevado potencial para a população mundial, percebe-se uma necessidade de maior divulgação dos benefícios da introdução dessas culturas na alimentação diária. Sua relevância está ligada ao significativo valor nutricional, aumentando a disponibilidade de nutrientes (vitaminas, minerais e proteínas) para um maior aporte calórico-proteico da dieta, independente da condição financeira do consumidor. Facilmente disponíveis, as PANCs podem ser extraídas para uso próprio uma vez que a propagação dessas culturas se dá de forma sexual ou assexual (por meio de sementes, enxertia, estaquia, entre outros) e de forma subespontânea, ou seja, crescem sem necessidade de cultivo, em áreas antropizadas ou não (SILVA; DAMIANI, 2022). Têm propriedades medicinais e compostos bioativos que promovem a saúde estando relacionada com prevenção de varizes, câncer de cólon, tumores intestinais e diabetes (FRANCISCO, 2018).

2.2.1 *Ora-pro-nobis*

Conhecida por ser fonte proteica de famílias de baixa renda, a ora pro nobis é uma hortaliça não convencional consumida pelas populações rurais e urbanas, que contribui para complementar a alimentação e a economia familiar (Duarte et al., 2020). Apresenta facilidade de cultivo e propagação, baixa demanda de água e fertilização e baixa incidência de doenças. Por não ser tóxica e rica em nutrientes, a cultura se torna importante na alimentação humana e animal (DUARTE et al., 2020). Destaca-se na produção de farinhas, saladas, massas alimentícias, entre outros. O interesse pelas culturas do gênero *Pereskia* cresceram bastante e continuam crescendo pela indústria alimentícia e farmacêutica devido ao seu teor de proteínas e ausência de toxicidade nas folhas (ALMEIDA FILHO; CAMBRAIA 1974; SILVA et al., 2017) e de mucilagens (DUARTE et al., 2020).

Considerada uma cultura nutracêutica, possui características medicinais, tendo relação com a redução do risco de incidência de diversas patologias, como varizes, câncer de cólon, tumores intestinais e diabetes. Em diversos estudos de caracterização química, a presença de aminoácidos essenciais foi constatada, elevando o potencial farmacológico das espécies e podendo auxiliar no tratamento de doenças relacionadas à deficiência de proteínas (FRANCISCO, 2018).

Comparada ao feijão cozido, a farinha de ora pro nobis em matéria seca apresenta maior teor proteico. Considerando o feijão uma fonte de proteína vegetal (TACO, 2011) e que uma parte da população tem acesso limitado às proteínas animais, a ora pro nobis chega como uma alternativa para a diversificação do cardápio populacional e uma fonte de nutrientes rica. Também conhecida pelo seu baixo teor de lipídios, Rocha et al. (2008) sugerem que a cultura pode ser usada em dietas reduzidas em lipídios. Em relação ao cálcio, as farinhas da *Pereskia*, em matéria seca, quando comparadas às principais fontes de cálcio (TACO, 2011) do cardápio populacional comum, apresentaram teor superior ao presente em iogurtes, leite em pó e alguns tipos de queijo. O mesmo padrão se repete em teores de ferro, onde as farinhas apresentaram maior teor do que o presente no fígado bovino, beterraba, folhas e leguminosas, com exceção da salsa e do feijão rajado cru (ALMEIDA et al., 2014).

Em estudos anteriores, além dos nutrientes, é possível verificar a presença de compostos bioativos e alguns fatores antinutricionais. As farinhas apresentam ácido oxálico, composto que reduz a biodisponibilidade do cálcio por meio da formação do oxalato de cálcio. Entretanto, apesar de o teor ser levemente superior, a quantidade ainda não é suficiente para formar o complexo de oxalato de cálcio, mediante comparação com a farinha de couve e tainha, que, de acordo com Santos (2006) e Pinto et. al (2001) também não possuem quantidade suficiente para formação do complexo. Os teores de nitrato também são considerados elevados. Por fim, o teor de saponinas (responsável por influenciar na absorção de carboidratos) encontrado foi inferior do que das folhas de mandioca e espinafre (ALMEIDA et al., 2014). Entretanto, nos estudos de Silveira (2015) foi mostrado que ferver as folhas de OPN por cerca de 1 minuto promove a redução de fatores antinutricionais.

2.3 AMIDO DO PÃO E A RETROGRADAÇÃO

O amido do trigo é formado por amilose (20 – 30%) e amilopectina (70 – 80%), dois polímeros. Diversos aspectos do alimento podem interferir na digestibilidade do amido em um alimento, sendo eles físicos-químicos (como a sua origem botânica, o grau de cristalinidade e o tipo de processamento do amido) ou consequência da interação entre os constituintes do alimento e esta substância. Classificado com relação à sua estrutura físico-química e sua suscetibilidade à hidrólise enzimática, se divide em três grupos: rapidamente digerível, lentamente digerível e amido resistente, o objeto de estudo deste trabalho (GUERREIRO, 2015).

A retrogradação do amido é uma consequência do processamento que afeta a textura e a aceitabilidade sensorial dos produtos, sendo um grande alvo de estudos para obtenção de respostas sobre como diminuir a velocidade das alterações. O amido resistente é definido como a soma do amido e produtos da sua degradação não absorvidos no intestino delgado de indivíduos saudáveis (AMARAL, 2016), por sua vez, se divide em cinco grupos: amido resistente do tipo 1, amido resistente do tipo 2, amido resistente do tipo 3, amido resistente do tipo 4 e amido resistente do tipo 5. O AR1 é o amido inacessível de forma física na matriz do alimento, sendo estes grãos inteiros ou parcialmente moídos de alimentos que contêm amido que impedem ou retardam a ação das enzimas digestivas pelo seu tamanho ou composição. O AR2 se refere aos grânulos do amido nativo que é lentamente digerido devido às características cristalinas destes grânulos. O AR3 advém de polímeros de amido retrogradados produzidos quando o amido é resfriado após a gelatinização. O AR4 são amidos modificados que bloqueiam o acesso das enzimas e formam ligações atípicas. Por fim, o AR5 se refere à formação de um complexo entre amido e lipídios, que restringem a expansão dos grânulos durante o cozimento. (GUERREIRO, 2018)

Diversos fatores podem influenciar na formação do AR. Durante o processamento do pão, por exemplo, temperaturas baixas e elevado tempo de cozimento geram teores mais altos de AR. Já durante o armazenamento, a quantidade de água, temperatura e tempo de armazenamento são fatores determinantes para a concentração de AR nos alimentos.

A gelatinização é a formação de uma pasta visco-elástica ou um gel elástico. À medida que o tempo aumenta e a temperatura decresce, as interações entre as cadeias de amido se fortalecem, ocasionando a sinérese. Já a retrogradação ocorre quando, após a solubilização durante a gelatinização, cadeias de amilose (mais rapidamente que as cadeias de amilopectina) formam duplas hélices estáveis por pontes de hidrogênio. Durante o resfriamento ou passagem do tempo, estas hélices formam estruturas cristalinas altamente estáveis.

Com relação à influência dos constituintes do alimento, verificou-se que uma considerável fração do amido é encapsulada por proteínas e a interação entre ambos irá depender de qual tipo de amido e qual tipo de proteína está participando (fonte proteica, estrutura, sequência de aminoácidos, entre outros). A interação entre o amido e as proteínas começou a ser explorada recentemente e a incorporação de proteínas vegetais se tornou bastante comum após a sua popularização. A proteína incorporada pode inibir ou promover a retrogradação, dependendo de suas características. No caso do AR1, a presença de proteínas

gera um aumento nos valores. No caso do AR3, proteínas de adição promovem uma diminuição nos teores (Eerlinger & Delcour, 1995).

2.4 EFEITOS DA INTERAÇÃO PROTEÍNA-AMIDO

O aumento da popularidade de proteínas de origem vegetal tornou comum a sua incorporação em preparações e produtos. A adição de proteínas em produtos à base de amido pode gerar efeitos imprevisíveis no produto, seja na funcionalidade da proteína ou nos resultados sensoriais durante processos como armazenamento (SCOTT, 2023). A retrogradação do amido é uma característica desejável em certas aplicações (como purês, arroz, entre outros), mas a retrogradação excessiva tem efeito ruim em alguns produtos (como pães e bolos), resultando em perda de água, endurecimento do gel e formação de um estado pseudocrystalino (gerando crocância). A proteína pode ter efeito inibitório ou estimulante na retrogradação do amido com base em diversos fatores. A qualidade da proteína, inclusive, pode ser ainda mais importante do que a sua quantidade em si (SCOTT, 2023).

Devido as suas características variáveis, as proteínas e suas interações com o amido também são variáveis. Algumas generalizações podem ser feitas a partir da origem da proteína e dos métodos utilizados para seu fracionamento ou isolamento, mas sua estrutura, composição e estabilidade podem oferecer respostas mais significativas (SCOTT, 2023).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

As folhas de ora pro nobis foram colhidas no Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana (NEPAU) na Universidade Federal do Ceará, no mês de março de 2023.

Após a colheita as folhas foram encaminhadas ao Laboratório de Biomateriais Alimentícios (LBMA), no Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará. As folhas foram higienizadas em água corrente e os espinhos retirados. Posteriormente, foram pesadas e trituradas em processador com água, para formação de um extrato com concentração de 1,33 g/mL.

$$C = \frac{m}{V} = \frac{\text{peso das folhas (g)}}{\text{volume de água (ml)}} = \frac{400g}{300ml} = 1,33 \text{ g/ml}$$

A Figura 1 representa as folhas de ora pro nobis (OPN) e o respectivo extrato aquoso obtido.

Figura 1 – Folhas de OPN (esquerda) e extrato aquoso de OPN (direita). (Fonte: Autora, 2023)



A formulação usada para o pão foi a formulação padrão do Laboratório de Biomateriais Alimentícios (LBMA) da Universidade Federal do Ceará, onde o experimento foi realizado, acrescida de extrato aquoso de ora-pro-nobis em diferentes concentrações (5%, 7,5%, 10% e 12,5%). Os ingredientes restantes foram adquiridos em mercado varejista da cidade, tendo marcas comerciais comuns. A Figura 2 apresenta todos os ingredientes utilizados e a Tabela 1 as suas respectivas quantidades para cada formulação.

Figura 2 – Ingredientes utilizados na formulação do pão. (Fonte: Autora, 2023)

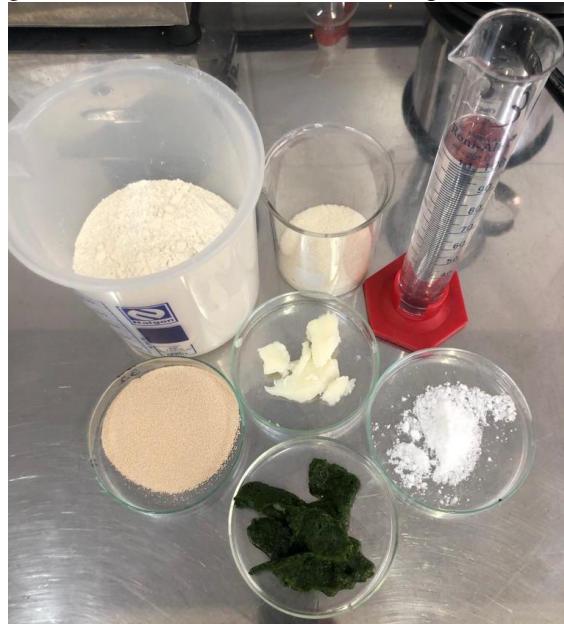


Tabela 1 – Formulação padrão de pão e os percentuais de OPN.

| | Formulação 1 (5% de OPN) | Formulação 2 (7,5% de OPN) | Formulação 3 (10% de OPN) | Formulação 4 (12,5% de OPN) |
|--------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|
| Farinha de trigo | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Açúcar | 15% | 15% | 15% | 15% |
| Fermento biológico seco | 3% | 3% | 3% | 3% |
| Gordura vegetal | 3% | 3% | 3% | 3% |
| Sal | 2% | 2% | 2% | 2% |
| Extrato de OPN | 5% | 7,5% | 10% | 12,5% |
| Água | 45% | 41,7% | 40% | 38,3% |

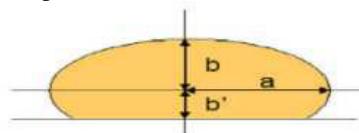
* A porcentagem de água variou entre as formulações, pois foi adicionada até que a massa obtivesse aspecto homogêneo.

As análises (3.1 a 3.4) foram realizadas no Laboratório de Biomateriais Alimentícios e a análise microscópica (3.5) foi realizada na Central Analítica, ambos na Universidade Federal do Ceará.

3.1 Avaliação do processo de fermentação

A expansão das massas foi avaliada pelo procedimento experimental de Perfil de Livre Expansão adotado por Gabric et al. (2011) com algumas modificações, durante todo o processo de fermentação. As massas foram consideradas elipses truncadas e no decorrer de 1h30min, em intervalos de 10min, tiveram sua altura e comprimento aferidos com a utilização de régua simples. Para evitar restrições dimensionais, as massas foram colocadas em formas 30cm x 30cm.

Figura 3 – Parâmetros da elipse truncada. (Fonte: Gabric et al., 2011)



Considerando a fórmula da elipse e sua rotação em torno do eixo y foi calculado o volume das massas para cada tempo de medição.

$$V (cm^3) = \pi a^2 \left(\frac{2b}{3} + b' - \frac{b'^3}{3b^2} \right) \quad (1)$$

Onde: a = largura da elipse (cm), b = altura da elipse (do centro para a parte superior) (cm), b' = altura da elipse (do centro para a parte inferior) (cm).

Já o fator de expansão do volume (cm^3) foi calculado através da equação:

$$VEF = \frac{V-V_o}{V_o} \quad (2)$$

Onde: V = volume da massa ao longo do tempo de fermentação (cm^3) e V_o = volume inicial da massa (cm^3).

3.2 Volume específico

Para a análise foi utilizada balança semianalítica, sementes de painço e béquer. O béquer foi preenchido com as sementes até transbordar e o conteúdo nivelado com a ajuda de uma régua. Após assada, a amostra foi pesada e inserida no béquer, substituindo parcialmente as sementes. O volume foi novamente completado com as sementes e foi nivelado com régua plástica. As sementes que sobraram foram colocadas em proveta de 500mL e são referentes ao volume deslocado pelo pão. O resultado foi expresso em mL e o volume específico calculado pela divisão do volume deslocado (mL) pela massa total do pão (g), segundo o método nº 72-10 da AACC (2000), como mostra a equação:

$$Volume\ espe\ c\ if\ i\ co = \frac{Volume\ deslocado\ (mL)}{Peso\ da\ amostra\ assada\ (g)} \quad (3)$$

3.3 Índice de expansão

Para a análise do índice de expansão foi utilizada a metodologia adaptada de Silva et al. (2003) para pão de queijo e aplicada para o cálculo do índice de expansão para pães do tipo forma por Zambelli (2014).

As massas foram moldadas na forma esférica para permitir as medições de diâmetro e altura, com auxílio de régua milimetrada simples. A análise foi realizada em triplicata e o índice de expansão calculado através da equação:

$$\text{índice de expansão (IE)} = \frac{\frac{(D_p+H_p)}{2}}{\frac{(D_m+H_m)}{2}} \quad (4)$$

Onde: D_p e H_p = diâmetro e altura do pão após forneamento (cm), D_m e H_m = diâmetro e altura das massas moldadas (cm).

3.4 Volume das massas produzidas durante a fermentação

Pequenas porções da massa foram colocadas em provetas de 100mL previamente

esterilizadas para a medição dos volumes de massa durante o processo de fermentação, conduzido em laboratório de secagem com temperatura de $30^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 1h30min.

Para o cálculo do volume produzido (ΔV) foi utilizada a subtração entre o volume produzido durante a fermentação e o volume inicial das massas nas provetas. As medidas foram realizadas em triplicata e os resultados expressos em mL.

3.5 Análise de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Após assadas, as amostras foram cortadas em fatias e congeladas para que se mantivessem conservadas até o momento da análise na Central Analítica, no departamento de Física da Universidade Federal do Ceará. Uma farinha de OPN também foi produzida para análise.

O princípio da técnica consiste na utilização de um feixe de elétrons, gerado a partir de um filamento ou cristal, que tem por finalidade explorar a superfície da amostra e transmitir o sinal do detector a uma tela (BOZZOLA, 1999). Materiais com pouca condutividade precisam de preparação para gerar boas imagens (COSTA, 2016).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 4 e 5 apresentam as fatias de pães com suas respectivas concentrações de extrato aquoso de ora-pro-nobis.

Figura 4 – Pães de formulação com 5% (esquerda) e 7,5% (direita) de OPN. (Fonte: Autora, 2023)



Figura 5 – Pães de formulação com 10% (esquerda) e 12,5% (direita) de OPN. (Fonte: Autora, 2023)



Os dados obtidos foram tratados através da estatística descritiva, contemplando média, desvio padrão, máximo, mínimo, assimetria e curtose. Para verificar a normalidade dos dados para as distribuições de medidas nas variáveis dos tratamentos foi o usado o teste de Kolmogorov-Smirnov.

Após a verificada e observada a normalidade dos dados, foi usada a análise de variância (ANOVA) para avaliar se existem diferenças significativas nas formulações testadas experimentalmente, ao nível de 5% de significância. Havendo diferenças entre as formulações, estas foram avaliadas pelo teste de médias de Tukey.

4.1 Avaliação do processo de fermentação

4.1.1 Avaliação de expansão das massas

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos na estatística descritiva e testes de normalidade para as diferentes formulações avaliadas.

Tabela 2 – Estatística descritiva e testes de normalidade para a variável avaliação de expansão das massas para as concentrações de OPN.

| Métrica de análise | Formulação 1 (5% de OPN) | Formulação 2 (7,5% de OPN) | Formulação 3 (10% de OPN) | Formulação 4 (12,5% de OPN) |
|--------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| N | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Mínimo | 1153,58 | 1314,14 | 776,15 | 1387,36 |
| Máximo | 2674,90 | 1971,35 | 1470,49 | 2524,82 |
| Mediana | 2436,39 | 1781,96 | 1223,08 | 2380,36 |
| Média | 2283,26 | 1711,91 | 1168,18 | 2176,77 |
| Desvio padrão | 428,14 | 260,08 | 277,72 | 408,60 |
| Assimetria | -2,07 | -0,32 | -0,27 | -0,77 |
| Normalidade | Normal | Normal | Normal | Normal |
| Curtose | 3,64 | -1,72 | -1,65 | -0,85 |

*Onde N é o número de dados obtidos na análise.

Pela análise de variância (ANOVA), observou-se que a formulação influencia na expansão das massas (95% de confiança). A Tabela 3 apresenta os resultados do Teste de Tukey a 5% de significância para a avaliação da expansão das massas.

Tabela 3 – Resultados de Tukey a 5% de significância para avaliação de expansão das massas.

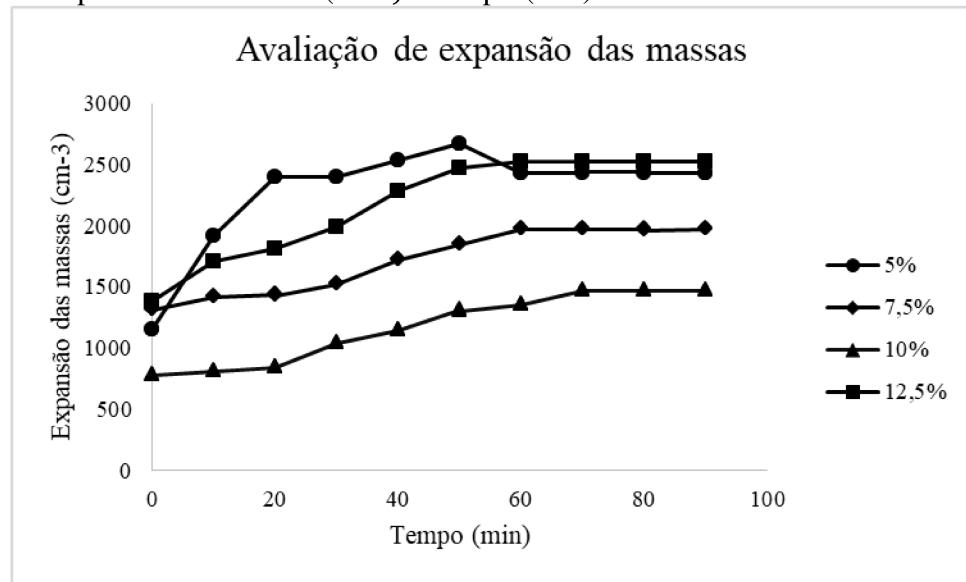
| Concentração de OPN | Média |
|---------------------|-----------|
| 5% | 2283,26 a |
| 7,5% | 1711,91 b |
| 10% | 1168,18 c |
| 12,5% | 2176,77 a |

*Letras minúsculas em uma mesma coluna não apresentam diferenças significativas ($p \leq 0,05$).

Como observado na Tabela 3, as formulações de 5% e 12,5% não variaram de forma significativa com relação à estatística, enquanto as formulações de 7,5% e 10% tanto variaram entre si como com relação ao todo. O maior valor foi observado para a formulação de 5%, com $2283,26 \text{ cm}^3$, seguido pela formulação de 12,5%, com $2176,77 \text{ cm}^3$.

O Gráfico 1 apresenta a expansão das massas com relação ao tempo de fermentação.

Gráfico 1 – Expansão das massas (cm^3) x tempo (min).



A partir dos resultados apresentados no Gráfico 1, pudemos observar que as massas com menor adição do extrato das folhas de ora-pro-nobis apresentaram o maior crescimento em função do tempo de fermentação, pois, a incorporação do ingrediente não formador de glúten foi em menor quantidade, o que impactou menos a estabilidade da rede do glúten e do complexo amido-glúten.

Contudo, também foi possível verificar que, a partir de 60 minutos de fermentação, a formulação com 5% apresentou uma queda em seu perfil de expansão de massas. Este fenômeno é caracterizado como o ponto de abertura de porosidade da massa, ou seja, a rede de glúten perde a capacidade de retenção do gás carbônico produzido durante a fermentação por conta do excesso de pressão interna produzido pelos gases, conforme explicam Meziani *et al.*, (2012) e Havet *et al.*, (2000).

As demais formulações, por conta da maior incorporação de ingrediente não formador de glúten, apresentaram uma expansão menor, em comparação às formulações com menor adição do extrato de farinha de ora-pro-nóbis. Este resultado era esperado, uma vez que a incorporação deste ingrediente insere fibras e minerais, os quais prejudicam a formação e a força da matriz do glúten, como demonstraram Ferreira *et al.*, (2020); Galvão *et al.*, (2018) e Brasil *et al.*, (2014).

4.1.2 Avaliação de expansão do volume das massas

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos na estatística descritiva e testes de normalidade para as diferentes formulações avaliadas.

Tabela 4 – Estatística descritiva e testes de normalidade para a variável avaliação de expansão do volume das massas para as concentrações de OPN.

| Métrica de análise | Formulação 1 (5% de OPN) | Formulação 2 (7,5% de OPN) | Formulação 3 (10% de OPN) | Formulação 4 (12,5% de OPN) |
|--------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| N | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Mínimo | 0,64 | 0,05 | 0,03 | 0,21 |
| Máximo | 1,32 | 0,56 | 0,93 | 0,84 |
| Mediana | 1,12 | 0,40 | 0,68 | 0,78 |
| Média | 1,09 | 0,34 | 0,56 | 0,63 |
| Desvio padrão | 0,18 | 0,18 | 0,33 | 0,23 |
| Assimetria | -1,56 | -0,43 | -0,50 | -0,77 |
| Normalidade | Normal | Normal | Normal | Normal |
| Curtose | 2,86 | -1,55 | -1,33 | -1,16 |

*Onde N é o número de dados obtidos na análise.

Pela análise de variância (ANOVA), observou-se que a formulação influencia na expansão do volume das massas (95% de confiança). Os dados apresentaram-se dentro do conceito de normalidade a partir dos resultados de assimetria e curtose. Desta forma, foi possível proceder com a análise de variância e teste de médias de Tukey.

A Tabela 5 apresenta os resultados do Teste de Tukey a 5% de significância para a avaliação da expansão do volume das massas.

Tabela 5 – Resultados de Tukey a 5% de significância para avaliação de expansão do volume das massas.

| Concentração de OPN | Média |
|---------------------|--------|
| 5% | 1,09 a |
| 7,5% | 1,34 c |
| 10% | 0,56 b |
| 12,5% | 0,63 b |

*Letras minúsculas em uma mesma coluna não apresentam diferenças significativas ($p \leq 0,05$).

Como observado na Tabela 5, as formulações de 10% e 12,5% não variaram de forma significativa com relação à estatística, enquanto as formulações de 5% e 7,5% tanto variaram entre si como com relação ao todo. Com a formulação de 5% apresentando a maior média e a de 7,5% a menor média da expansão do volume das massas. De modo geral, a

incorporação de extrato de ora-pro-nobis promoveu um aumento na expansão do volume das massas entre as formulações 5% e 7,5%. Uma das hipóteses para este resultado é que as leveduras possam ter utilizado alguns componentes presentes no extrato, o que favoreceu uma fermentação melhor e supriu os danos à rede do glúten ocasionados pela inclusão do extrato. A partir da inclusão de 10% ou mais, verificou-se uma redução significativa.

4.2 Volume específico

A Tabela 6 apresenta os resultados obtidos na estatística descritiva e testes de normalidade para as diferentes formulações avaliadas.

Tabela 6 – Estatística descritiva e testes de normalidade para a variável avaliação de volume específico para as concentrações de OPN.

| Métrica de análise | Formulação 1 (5% de OPN) | Formulação 2 (7,5% de OPN) | Formulação 3 (10% de OPN) | Formulação 4 (12,5% de OPN) |
|--------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| N | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Mínimo | 1,20 | 1,50 | 1,20 | 1,30 |
| Máximo | 1,60 | 1,60 | 1,50 | 1,70 |
| Mediana | 1,40 | 1,55 | 1,35 | 1,50 |
| Média | 1,40 | 1,55 | 1,35 | 1,50 |
| Desvio padrão | 0,28 | 0,07 | 0,21 | 0,28 |
| Normalidade | Normal | Normal | Normal | Normal |

*Onde N é o número de dados obtidos na análise.

Pela análise de variância (ANOVA), observou-se que a formulação não influencia no volume específico (95% de confiança). Os valores obtidos estão muito abaixo do recomendado para qualidade de pães (3mL/g) (ZAMBELLI, 2015). Partindo do ponto de que a farinha de trigo utilizada no experimento é do mesmo lote, suas características reológicas teoricamente seriam similares. Logo, esse resultado pode estar relacionado com as propriedades físicas do extrato, como viscosidade, já que ele é extremamente viscoso e pode ter comprometido a mobilidade molecular no interior da massa de pão.

4.3 Índice de expansão

A Tabela 7 apresenta os resultados obtidos na estatística descritiva e testes de normalidade para as diferentes formulações avaliadas.

Tabela 7 – Estatística descritiva e testes de normalidade para a variável índice de expansão para as concentrações de OPN.

| Métrica de análise | Formulação 1 (5% de OPN) | Formulação 2 (7,5% de OPN) | Formulação 3 (10% de OPN) | Formulação 4 (12,5% de OPN) |
|--------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| N | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Mínimo | 0,80 | 0,84 | 1,20 | 0,80 |
| Máximo | 1,10 | 0,94 | 1,27 | 0,83 |
| Mediana | 0,83 | 0,87 | 1,25 | 0,80 |
| Média | 0,91 | 0,88 | 1,24 | 0,81 |
| Desvio padrão | 0,17 | 0,05 | 0,04 | 0,02 |
| Assimetria | 1,67 | 1,09 | -1,15 | 1,73 |
| Normalidade | Normal | Normal | Normal | Normal |

*Onde N é o número de dados obtidos na análise.

Os dados obtidos para o índice de expansão dos pães apresentaram-se dentro do conceito de normalidade. Desta forma, procedeu-se com a análise de variância (ANOVA), e observou-se que a formulação dos pães influencia no índice de expansão (95% de confiança).

A Tabela 7 apresenta os resultados do Teste de Tukey a 5% de significância para a avaliação do índice de expansão.

Tabela 8 – Resultados de Tukey a 5% de significância para avaliação do índice de expansão.

| Concentração de OPN | Média |
|---------------------|--------|
| 5% | 0,91 b |
| 7,5% | 0,88 b |
| 10% | 1,24 a |
| 12,5% | 0,81 b |

*Letras minúsculas em uma mesma coluna não apresentam diferenças significativas ($p \leq 0,05$).

Como observado na Tabela 8, as formulações de 5%, 7,5% e 12,5% não variaram de forma significativa com relação à estatística, enquanto a formulação de 10% com relação ao todo. A formulação de 10% apresentou a maior média e a de 12,5% a menor média do índice de expansão.

4.4 Volume das massas produzido durante a fermentação

A Tabela 9 apresenta os resultados obtidos na estatística descritiva e testes de normalidade para as diferentes formulações avaliadas.

Tabela 9 – Estatística descritiva e testes de normalidade para a variável volume das massas produzido durante a fermentação para as concentrações de OPN.

| Métrica de análise | Formulação 1 (5% de OPN) | Formulação 2 (7,5% de OPN) | Formulação 3 (10% de OPN) | Formulação 4 (12,5% de OPN) |
|--------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| N | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Mínimo | 12 | 7 | 2 | 12 |
| Máximo | 16 | 14 | 3 | 13 |
| Mediana | 15 | 14 | 2 | 13 |
| Média | 14,33 | 11,67 | 2,33 | 12,67 |
| Desvio padrão | 2,08 | 4,04 | 0,58 | 0,58 |
| Assimetria | -1,29 | -1,73 | 1,73 | -1,73 |
| Normalidade | Normal | Normal | Normal | Normal |

*Onde N é o número de dados obtidos na análise.

Pela análise de variância (ANOVA), observou-se que a formulação influencia na expansão do volume das massas (95% de confiança). A Tabela 9 apresenta os resultados do Teste de Tukey a 5% de significância para a avaliação da expansão do volume das massas.

Tabela 10 – Resultados de Tukey a 5% de significância para avaliação de volume das massas produzido durante a fermentação.

| Concentração de OPN | Média |
|---------------------|---------|
| 5% | 14,33 a |
| 7,5% | 11,67 a |
| 10% | 12,33 a |
| 12,5% | 12,67 a |

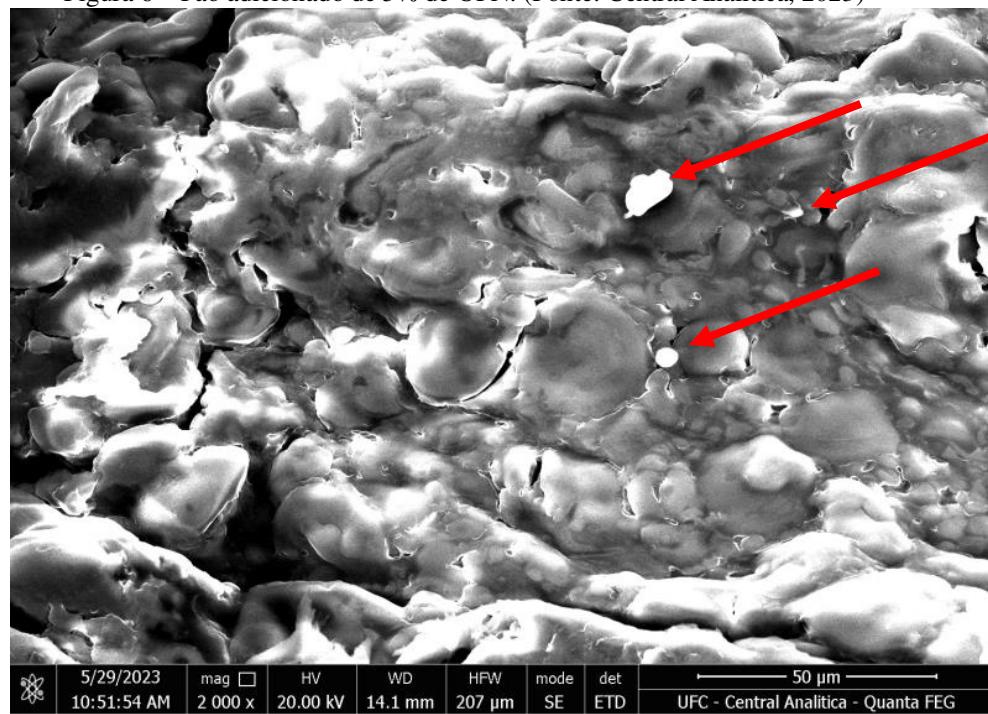
*Letras minúsculas em uma mesma coluna não apresentam diferenças significativas ($p \leq 0,05$).

A partir dos resultados obtidos para a análise de avaliação do volume das massas, não foi observado influência significativa da adição do extrato de ora-pro-nóbis para esta variável. Desta forma, para o tempo de fermentação proposto, o volume expansivo não foi prejudicado pela inclusão do extrato.

4.5 Análise de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A Figura 6 mostra a imagem da microestrutura do pão com 5% de OPN obtida na análise de MEV.

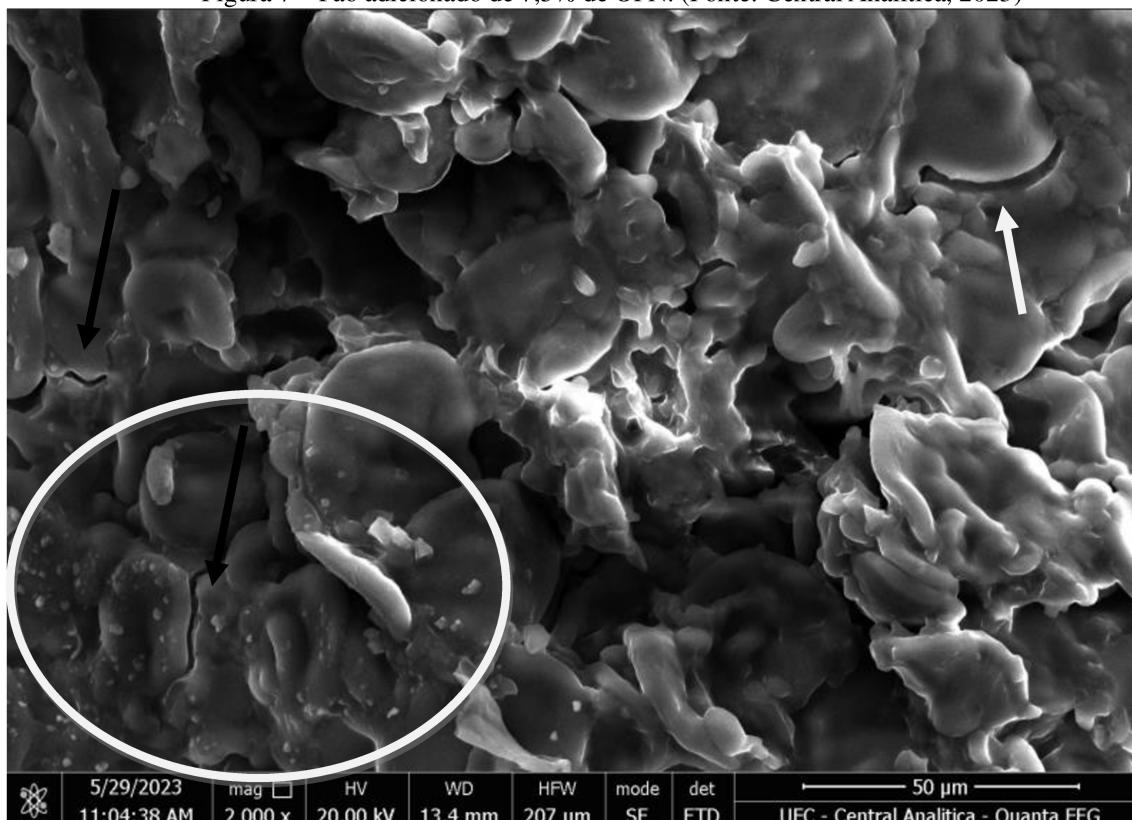
Figura 6 – Pão adicionado de 5% de OPN. (Fonte: Central Analítica, 2023)



A partir da Figura 6, foi possível verificar que há uma integridade e continuidade na matriz do glúten e no complexo glúten-amido, o que corrobora com os bons resultados para as propriedades expansivas da massa. Também foi possível verificar a deposição de componentes do extrato de ora-pro-nobis na superfície da matriz, conforme indicado pelas setas.

A Figura 7 mostra a imagem da microestrutura do pão com 7,5% de OPN obtida na análise de MEV.

Figura 7 – Pão adicionado de 7,5% de OPN. (Fonte: Central Analítica, 2023)

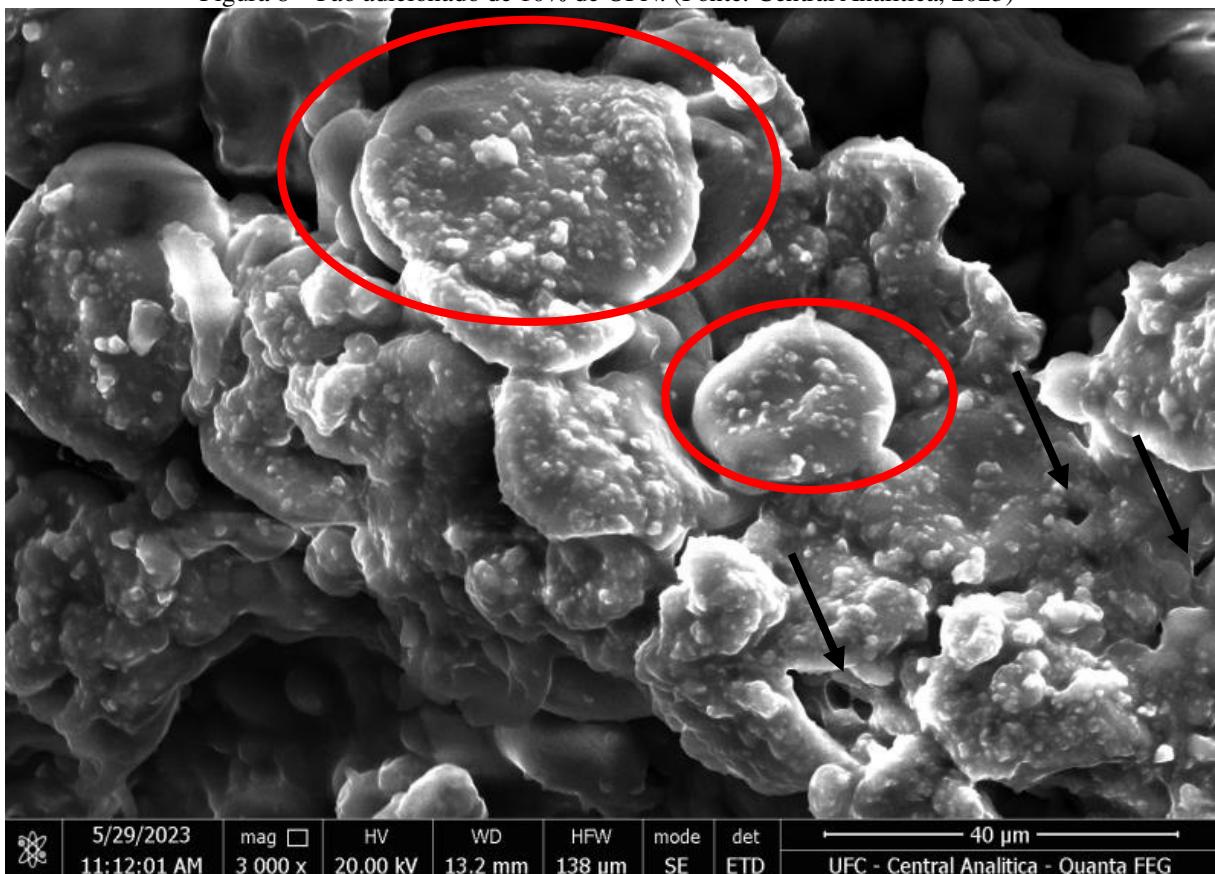


A partir inclusão de 7,5% de extrato de ora-pro-nobis foi possível observar uma deposição maior de nutrientes e componentes do extrato na superfície da matriz de glúten e do complexo glúten-amido, conforme indicado na região circulada.

Foi possível observar a formação de fendas e quebra de continuidade nesta matriz (indicação por setas), por conta do enfraquecimento do glúten a partir da adição de componentes não formadores deste componente, promovendo a abertura de espaços intermoleculares que ocasionam menor retenção do gás carbônico produzido na fermentação. Dessa forma, a imagem da microscopia eletrônica de varredura pode ser correlacionada com os menores resultados de expansão da massa e volume do pão quando comparados à formulação que recebeu 7,5% de extrato.

A Figura 8 mostra a imagem da microestrutura do pão com 10% de OPN obtida na análise de MEV.

Figura 8 – Pão adicionado de 10% de OPN. (Fonte: Central Analítica, 2023)

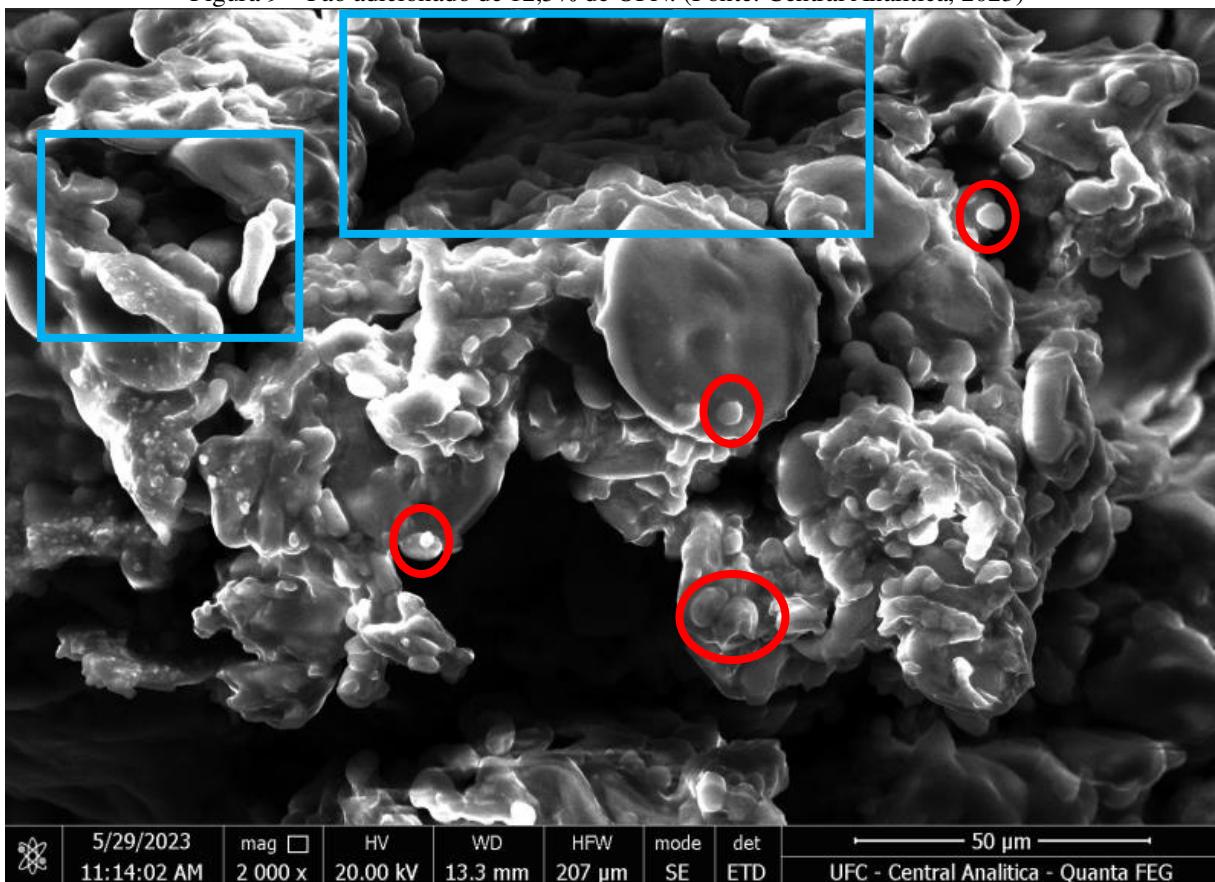


A partir da inclusão de 10% de extrato de ora-pro-nobis, foi possível verificar uma deposição de materiais fibrosos e gomosos na superfície de praticamente toda a microestrutura do pão. Este resultado era esperado, uma vez que ocorre o aumento da incorporação de um ingrediente funcional, é natural que ele consiga ser espalhado por toda a amostra de pão.

Contudo, já foi possível verificar o aparecimento de rasgos e buracos (indicado por setas) dentro da matriz de glúten, além da separação dos grânulos de amido da matriz (indicado em círculos), devido a perca da força do glúten em aglutinar os grânulos.

A Figura 9 mostra a imagem da microestrutura do pão com 5% de OPN obtida na análise de MEV.

Figura 9 – Pão adicionado de 12,5% de OPN. (Fonte: Central Analítica, 2023)



Por sua vez, a incorporação de 12,5% de extrato de ora-pro-nobis na matriz do pão promoveu grandes regiões de descontinuidade da rede do glúten (região destacada na parte superior da imagem), além de expor grânulos de amidos menores para fora da matriz (círculos), o que compromete a capacidade de retenção do gás carbônico do pão e ocasiona menor volume do pão, além de tornar o miolo denso e gomoso, pois haverá uma hidratação excessiva dos grânulos de amido expostos.

5 CONCLUSÃO

Os parâmetros analisados foram influenciados pela adição do extrato de folhas de OPN de formas diferentes. Na avaliação da expansão das massas, a quantidade adicionada de extrato de folhas mostrou-se indiretamente proporcional à expansão. Logo, quanto maior a concentração das folhas, menor a expansão. Com relação à expansão do volume das massas, observamos um ligeiro aumento entre as formulações com 5% e 7,5%, seguido por uma queda expressiva nas outras formulações. Com relação ao volume específico todas as formulações apresentaram resultados não satisfatórios, abaixo do recomendado para a qualidade dos pães. O índice de expansão também foi influenciado pela adição do extrato, entretanto a diferença entre as formulações foi pequena. O volume produzido durante a fermentação não foi influenciado pela quantidade adicionada de extrato, não sendo prejudicado pela adição de OPN. Por fim, nas imagens da análise de microscopia eletrônica de varredura, observamos um aumento na formação de fendas e descontinuidade da rede do glúten, exposição de grânulos de amido para fora da matriz proteica e perda de força do glúten em aglutinar os grânulos, a partir do aumento da quantidade de extrato de OPN adicionados às formulações de pão.

Portanto, a adição do extrato aquoso de OPN em quantidades superiores a 7,5% na massa do pão apresenta danos à estrutura do amido e características que afetam a qualidade do pão. Desta forma, se faz necessário o refinamento do extrato de OPN a fim de se obter uma fração com partículas menos grosseiras de modo que impacte de forma menos efetiva a estrutura da rede de glúten e o complexo glúten-amido e a interação amido-proteína possa ser de fato explorada.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Martha Elisa Ferreira de; JUNQUEIRA, Allana Maria Bernardes; SIMÃO, Anderson Assaid; CORRÊA, Angelita Duarte. **CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DAS HORTALIÇAS NÃO-CONVENCIONAIS CONHECIDAS COMO ORA-PRO-NOBIS.** 2014. Disponível em:
<https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/17555/14557>. Acesso em: 25 maio 2023.
- AMARAL, Olga Maria Reis Pacheco de. **PÃO COM ELEVADO TEOR EM AMIDO RESISTENTE: DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E ESTUDO IN VIVO.** 2016. 125 f. Tese (Doutorado) - Curso de Nutrição, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2016.
- BRASIL, D. L.. **DESENVOLVIMENTO DE PÃES TIPO FORMA ADICIONADO DE FARINHA DE BERINJELA.** Disponível em:
<https://pdf.blucher.com.br/chemicalengineeringproceedings/cobeq2014/0165-26732-164072.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2023.
- COSTA, Fernanda Rodrigues Torres da. **Microscopia Eletrônica de Varredura: potencialidades e aplicações.** 2016. 51 f. TCC (Graduação) - Curso de Química Industrial, Universidade Federal do Maranhão, São Luis, 2016. Disponível em:
<https://monografias.ufma.br/jspui/bitstream/123456789/1506/1/FernandaCosta.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2023.
- DUARTE, Fernanda Oliveira et al. Análise sensorial de pão doce enriquecido com farinha de orapro-nóbis, soro de leite e farinha de quinoa. **Revista Conexão Ciência**, Bambuí, Iguatama, v. 15, n. 2, p. 38-50, ago. 2020.
- FARIA, Sandra; CATUNDA, Katherine; OLIVEIRA, Luna Mares. **ANÁLISE QUÍMICA DE FOLHAS DE ORA-PRO-NOBIS (PERESKIA ACULEATA).** **Revista Saber Científico**, Porto Velho, v. 8, n. 2, p. 99-103, maio 2021. Disponível em:
<http://periodicos.saolucas.edu.br/index.php/resc/article/view/1356/1157>. Acesso em: 20 jun. 2023.
- FERREIRA, Clara Maria; LIMA, Sanvily Braga; ZAMBELLI, Rafael Audino; AFONSO, Marcos Rodrigues Amorim. **Efeito da farinha mista de subprodutos vegetais em pães tipo forma.** Brazilian Journal Of Development, [S.L.], v. 6, n. 2, p. 8710-8724, fev. 2020.
 Brazilian Journal of Development. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n2-254>.
- FRANCISCO, Teresa Cristina de Toledo. **Análise de hidrolisados proteicos de Pereskia aculeata Miller (Ora-Pro-Nóbis).** 2018. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Bioctenologia, Unesp, Araraquara, 2018.
- GALVÃO, Andrêssa M.M.T.. Edible coating based on modified corn starch/tomato powder: Effect on the quality of dough bread. **Lwt - Food Science And Technology**, Fortaleza, v. 89, n. -, p. 518-524, nov. 2017. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643817308460>. Acesso em: 23 jun. 2023.

GUERREIRO, Soraia Filipa Cândido. **O Amido Resistente no pão.** 2015. 54 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Alimentar, Instituto Politécnico de Beja, Beja, 2015.

HAVET, M. Influence of the freezing condition on the baking performances of French frozen dough. **Journal Of Food Engineering**, Nantes, v. 45, n. 3, p. 139-145, fev. 2000. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877400000509>. Acesso em: 23 jun. 2023.

KAREN, Marilia E. B.; NOHUYS, Iana V. S.; KEHL, Lia C.; BRACK, Paulo; SILVA, Débora B. da. **PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS (PANCs): hortaliças espontâneas e nativas. HORTALIÇAS ESPONTÂNEAS E NATIVAS.** 2015. Disponível em: <https://www.ufrrgs.br/viveiroscomunitarios/wp-content/uploads/2015/11/Cartilha-15.11-online.pdf>. Acesso em: 03 abr. 2023.

LOBO, Alexandre Rodrigues; SILVA, Glória Maria de Lemos. Amido resistente e suas propriedades físico-químicas. **Revista de Nutrição**, [S.L.], v. 16, n. 2, p. 219-226, jun. 2003. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-52732003000200009>.

MEZIANI, Smail. Effects of freezing treatments on the fermentative activity and gluten network integrity of sweet dough. **Lwt - Food Science And Technology**, Colmar, v. 46, n. 1, p. 118-126, nov. 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643811003446>. Acesso em: 23 jun. 2023.

MORAES, Jaqueline de. **Obtenção de amido resistente por intercruzamento e por tratamento hidrotérmico, e sua incorporação em bolos.** 2016. 107 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia e Ciência de Alimentos, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2016.

REINERT, G.; ALMEIDA, A. da R.; DE ARMAS, R. D.; MACIEL, M. V. de O. B. **Physicochemical analysis, antioxidant activity and research of saponins in fresh and blanched caruru (*Amaranthus deflexus* Linn) and ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller) leaves.** Food Science Today, [S. l.], v. 1, n. 1, 2023. DOI: 10.58951/fsttoday.v1i1.12. Disponível em: <https://www.journals.royaldataset.com/fst/article/view/12>. Acesso em: 2 jun. 2023.

ROCHA, Débora Regina da Cunha; PEREIRA JÚNIOR, Geraldo Antônio; VIEIRA, Gilmar; PANTOJA, Lílian; SANTOS, Alexandre Soares dos; PINTO, Nísia Andrade Villela Dessimoni. **MACARRÃO ADICIONADO DE ORA-PRO-NÓBIS (PERESKIA ACULEATA MILLER) DESIDRATADO.** 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/49599948_MACARRAO_ADICIONADO_DE_ORA-PRO-NOBIS_PERESKIA_ACULEATA_MILLER_DESIDRATADO#:~:text=O%20ora%2Dpro%2Dn%C3%B3bis%20desidratado,preferida%20foi%20avaliada%20quanto%20a. Acesso em: 27 maio 2023.

SANTOS, Enio Estevão dos; LIMA, Matheus Henrique de. **IMPORTÂNCIA DA ORA-PRO-NÓBIS NA SAÚDE: UMA REVISÃO.** 2022. 23 f. TCC (Doutorado) - Curso de Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Tecnologia de Marília, Marília, 2022.

- SCOTT, Gabrielle; AWIKA, Joseph M.. **Effect of protein–starch interactions on starch retrogradation and implications for food product quality.** 2023. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36945176/>. Acesso em: 28 maio 2023.
- SILVA, Marco Antonio da; DAMIANI, Adriani Paganini. USO DE PLANTA ALIMENTÍCIA NÃO CONVENCIONAL (PANC) NA GASTRONOMIAE SUAS PROPRIEDADES NUTRICIONAIS: ORA-PRO-NÓBIS(PERESKIA ACULEATAMILL.). **Revista Inova Saúde**, Criciuma, v. 12, n. 2, p. 135-147, jun. 2022. Disponível em: <https://periodicos.unesc.net/ojs/index.php/Inovasaude/article/view/5079/6056>. Acesso em: 21 jun. 2023.
- TERRA, Simone Braga; VIERA, Carla Thais Rodrigues. **Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs): levantamento em zonas urbanas de Santana do Livramento, RS.** 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/16751>. Acesso em: 06 abr. 2023.
- VANI, Gláucia Mara; CECCHIN, Fabiele; PARISOTTO, Laura; COSTELLI, Murilo César; COLPANI, Gustavo Lopes; ZEFERINO, Rubieli Carla Frezza; ZANETTI, Micheli; DALCANTON, Francieli. **AVALIAÇÃO DO TEOR DE EXTRATO PROTEICO DA PLANTA ORA-PRO-NÓBIS IN NATURA E DESIDRATADA.** 2019. Disponível em: <https://portaleventos.uffs.edu.br/index.php/SSA/article/view/11093#:~:text=Na%20amostra%20desidratada%20obteve%2Dse,de%20prote%C3%ADna%20de%20origem%20vegetal>. Acesso em: 26 maio 2023.
- WANG, J.; ROSELL, C. M.; DE BARBERA, C. B. **Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality.** Food Chemistry, v. 79, n. 2, p. 221-226, Nov. 2002
- ZAMBELLI, Rafael Audino. **Desenvolvimento de massas congeladas de pães tipo forma contendo ingredientes funcionais.** 2015. 280 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/14871/1/2014_dis_razambelli.pdf. Acesso em: 26 jun. 2023.