



CAMILA TEODORO REZENDE PICININ

**MUCILAGEM DE TARO LIOFILIZADA UTILIZADA NA
FORMULAÇÃO DE PÃO FRANCÊS PRÉ-ASSADO SOB
CONGELAMENTO**

**LAVRAS - MG
2021**

CAMILA TEODORO REZENDE PICININ

**MUCILAGEM DE TARO LIOFILIZADA UTILIZADA NA FORMULAÇÃO DE PÃO
FRANCÊS PRÉ-ASSADO SOB CONGELAMENTO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Doutora.

Dra. Joelma Pereira
Orientadora

**LAVRAS - MG
2021**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA,
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Picinin, Camila Teodoro Rezende.

Mucilagem de taro liofilizada utilizada na formulação de pão francês pré-assado sob congelamento / Camila Teodoro Rezende
Picinin. - 2020.

80 p. : il.

Orientadora: Joelma Pereira.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2020.

Bibliografia.

1. *Colocasia esculenta*. 2. Panificação. 3. Congelamento. I. Pereira, Joelma. II. Título.

CAMILA TEODORO REZENDE PICININ

**MUCILAGEM DE TARO LIOFILIZADA UTILIZADA NA FORMULAÇÃO DE PÃO
FRANCÊS PRÉ-ASSADO SOB CONGELAMENTO**

**LYOPHILIZED MUCILAGE OF TARO USED IN THE FORMULATION OF PRE-
BAKED FRENCH BREAD UNDER FREEZING**

Tese apresentada à Universidade Federal de
Lavras como parte das exigências do Programa
de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos,
para a obtenção do título de Doutora.

APROVADA em 21 de outubro de 2020.

| | |
|---------------------------------|-------------|
| Dr. Washington Azevêdo da Silva | DEALI/ UFSJ |
| Dra. Ana Carla Marques Pinheiro | DCA/UFLA |
| Dra. Elizandra Milagre Couto | DNU/UFLA |
| Dra. Ellen Cristina de Souza | DCA/UFLA |

Dra. Joelma Pereira
Orientadora

**LAVRAS - MG
2021**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela oportunidade e pela determinação que me proporcionou durante todo o tempo de estudo.

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Ciência dos Alimentos, pela oportunidade e acolhimento.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Assim agradeço à CAPES pela concessão da bolsa de doutorado e à FAPEMIG pelo financiamento do projeto.

À Professora Joelma Pereira pela orientação e disposição em ajudar-me sempre. Obrigada por ter me adotado no meio do doutorado e me conduzido brilhantemente na fase de experimento. Obrigada pela companhia durante os almoços, pelas conversas intermináveis e conselhos que sempre acatei com muito carinho e respeito.

À professora Maria de Fátima Píccolo Barcelos pelos ensinamentos que ficarão para sempre em minha memória. Agradeço a oportunidade e acolhida no mestrado e posteriormente no doutorado e, ainda, a amizade, carinho, confiança e por sempre me dar ânimo para continuar e fazer acreditar que tudo daria certo.

A todos os funcionários do DCA/UFLA por toda a paciência e sorrisos de bom dia, mesmo que o dia não estivesse tão bom...

A todos os colegas do Departamento de Ciência dos Alimentos e do Laboratório de Grãos, Raízes e Tubérculos, pois muitos se tornaram amigos e foram essenciais para que eu chegasse até aqui.

À fábrica do Jeito Caseiro Alimentos por disponibilizar sua área de produção e seus colaboradores para a fabricação dos pães.

Ao meu marido Marcelo pela compreensão e apoio incondicional. Deixou de compartilhar o dia a dia com nossas filhas, para que eu pudesse realizar este sonho. Sem você eu nada seria.

Às minhas filhas, razão do meu viver, por não chorarem ao me ver saindo de casa todos os dias pela manhã e por me receberem com o sorriso mais lindo e sincero, que me dava ânimo para continuar, mesmo naqueles dias em que eu chegava mais cansada.

À minha mãe, por toda a disponibilidade e ajuda com minhas meninas. Sem seu apoio não conseguiria. Sempre me socorreu em tempo tudo que acontecia em minha casa e com minha família, já que eu passava os dias em Lavras e morava em Perdões. Obrigada por mudar sua rotina para nos atender.

À minha irmã, por ser a segunda mãe das minhas filhas e, muitas vezes, cuidar delas melhor que eu. Obrigada pela disponibilidade de buscar a Maitê na escola sempre que eu não conseguia chegar a tempo (o que aconteceu na maioria dos dias nesses últimos anos).

Ao Raul, que estava sempre à disposição para tirar minhas dúvidas e brilhantemente me dava um show em cada explicação.

Às estagiárias do laboratório, Alana, Fernanda, Mariana e Patrícia, que estiveram comigo, durante todo o experimento, foram fundamentais.

Aos membros da banca pela disponibilidade e atenção.

RESUMO GERAL

A mucilagem de taro tem sido utilizada na panificação com o intuito de produzir pães com boas características físicas e qualidade sensorial. A necessidade do consumo de pães sempre frescos por parte dos consumidores levou as indústrias panificadoras à produção de pães congelados. Porém esse tipo de armazenamento pode trazer prejuízos para o produto final. A adição de mucilagem de taro liofilizada no pão francês pré-assado congelado pode resultar em melhor distribuição dos alvéolos, o que melhora a textura da massa e, conseqüentemente, pode evitar o *flaking* e melhorar a aceitação do produto no mercado. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi estudar os efeitos da adição da mucilagem de taro liofilizada e o tempo de armazenamento congelado sobre a qualidade tecnológica e sensorial de pães tipo francês pré-assados, por até sessenta dias. Os pães foram fabricados com 0,73% de mucilagem de taro liofilizada, pré-assados, ultracongelados e, em seguida, armazenados em freezer. Foram elaborados pães tipo francês, compreendendo dois tratamentos: pão francês sem mucilagem de taro (PFSMT) e pão francês com mucilagem de taro (PFCMT), pré-assados e congelados durante 60 dias. Nos dias 1, 7, 15, 30 e 60 de armazenamento sob congelamento completou-se o assamento, e as análises foram realizadas com os pães já frios. Os pães não apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$) com relação à umidade, proteína, fibra bruta, cinzas e fração glicídica. Obteve-se diferença significativa ($p<0,05$) no percentual de extrato etéreo, sendo o valor mais baixo encontrado no PFCMT. O uso da mucilagem e o tempo de armazenamento (dias) não interferiram no peso dos pães. Em relação às variáveis volume e volume específico, pôde-se verificar interação entre tratamento e tempo de armazenamento congelado, com queda no volume em ambos tratamentos. Os pães tiveram decréscimo na densidade com o passar dos dias armazenados sob congelamento. O uso da mucilagem de taro não interferiu na resistência à compressão, traduzida pela textura do miolo dos pães franceses submetidos ao armazenamento sob congelamento, porém, à medida que o tempo de armazenamento aumentava, o coeficiente de consistência também, ou seja, o miolo ficava mais resistente. Com relação às medidas da crosta e do miolo, não houve diferença significativa entre os resultados dos dois tratamentos. As imagens demonstraram que o PFSMT, além de apresentar maior quantidade de alvéolos, parecem ser maiores em relação ao tamanho que no PFCMT. Não houve aparecimento de *flaking* em nenhum dos pães. Na análise sensorial, os resultados mostraram que os pães não tiveram diferença significativa com relação ao sabor e textura ($p>0,05$), enquanto, nos atributos aparência e impressão global, diferiram significativamente ($p<0,05$). No teste de intenção de compra, as notas mostraram que os participantes provavelmente comprariam os dois tipos de pães, independente do tempo de armazenamento. Concluiu-se que a mucilagem de taro liofilizada pode ser utilizada na quantidade de 0,73%, em relação ao peso total da farinha de trigo, sem alterações nas características tecnológicas e de qualidade de pães franceses pré-assados armazenados sob congelamento por até trinta dias.

Palavras-chave: *Colocasia esculenta*. Panificação. Congelamento. Emulsificante natural. Segurança alimentar. Vida de prateleira.

GENERAL ABSTRACT

Taro mucilage has been used in baking in order to produce breads with good physical characteristics and sensory quality. The need for consumers to consume fresh bread always led the bakery industries to produce frozen bread. However, this type of storage can bring losses to the final product. The addition of lyophilized taro mucilage to frozen pre-baked French bread can result in better distribution of the alveoli, which improves the texture of the dough and, consequently, can avoid flaking and improve the acceptance of the product in the market. Therefore, the objective of this work was to study the effects of the addition of lyophilized taro mucilage and the frozen storage time on the technological and sensory quality of pre-baked French breads, for up to sixty days. The breads were made with 0.73% lyophilized taro mucilage, pre-baked, ultra-frozen and then stored in a freezer. French-style breads were prepared comprising two treatments: French bread without taro mucilage (PFSMT) and French bread with taro mucilage (PFCMT), pre-baked and frozen for 60 days. On days 1, 7, 15, 30 and 60 of storage under freezing the baking was completed and the analyzes were performed with the breads already cold. The breads did not show significant differences ($p > 0.05$) with respect to moisture, protein, crude fiber, ash and glycidic fraction. There was a significant difference ($p < 0.05$) in the percentage of ether extract, with the lowest value found in the PFCMT. The use of mucilage and the storage time (days) did not affect the weight of the bread. Regarding the variables volume and specific volume, it was possible to verify interaction between treatment and frozen storage time, with a decrease in volume in both treatments. The breads had a decrease in density over the days stored under freezing. The use of taro mucilage did not interfere with the compressive strength, reflected by the crumb texture of French breads submitted to storage under freezing, however as the storage time increases, the consistency coefficient also increases, that is, the crumb becomes more resistant. Regarding the crust and crumb measurements, there was no significant difference between the results of the two treatments. The images demonstrated that the PFSMT, in addition to having a greater number of alveoli, they seem to be larger in relation to the size than in the PFCMT. There was no flaking on any of the loaves. In the sensory analysis, the results showed that the breads did not have a significant difference in terms of taste and texture ($p > 0.05$), while in the appearance and overall impression attributes they differed significantly ($p < 0.05$). In the purchase intention test, the notes showed that the participants would probably buy both types of bread, regardless of the storage time. It was concluded that lyophilized taro mucilage can be used in the amount of 0.73% in relation to the total weight of wheat flour without changes in the technological and quality characteristics of pre-baked French breads stored under freezing for up to thirty days.

Keywords: *Colocasia esculenta*. Bread making. Freezing. Natural emulsifier. Food safety. Shelf life.

LISTA DE FIGURAS

PRIMEIRA PARTE

Figura 1 - Taro (*Colocasia esculenta*).....20

SEGUNDA PARTE - ARTIGO

ARTIGO 1

- Figura 1 - Fatia do pão francês sem mucilagem de taro (à esquerda) e fatia do pão francês com mucilagem de taro (à direita) antes de serem escaneadas.42
- Figura 2 - Exemplo de pão francês com *flaking*.42
- Figura 3 - Bandeja montada para a realização da etapa visual com relação ao aparecimento de *flaking* nas amostras de pão, sendo a imagem da esquerda (A) referente ao PFSMT e a imagem da direita (B) referente ao PFCMT.43
- Figura 4 - Ficha de avaliação sobre presença de *flaking* nas amostras de pães franceses sem e com adição de mucilagem de taro liofilizada pré-assados e congelados antes do assamento complementar.44
- Figura 5 - Ficha com escala hedônica para a realização do teste de aceitação e intenção de compra dos pães sem e com mucilagem de taro liofilizada, pré-assados e armazenados congelados antes do assamento complementar.45
- Figura 6 - Estimativa do volume (cm³) do pão francês pré-assado congelado sem mucilagem de taro (PFSMT) e do pão francês pré-assado congelado com mucilagem de taro (PSCMT) após o assamento em função dos dias de armazenamento.50
- Figura 7 - Estimativa (regressão) do volume específico (cm³ g⁻¹) do pão francês pré-assado congelado sem mucilagem de taro (PFSMT) e do pão francês pré-assado congelado com mucilagem de taro (PFCMT) após o assamento em função dos dias de armazenamento.51
- Figura 8 - Estimativa (regressão) da densidade (g cm³) do pão francês pré-assado congelado sem mucilagem de taro (PFSMT) e com mucilagem de taro (PFCMT), durante 60 dias armazenados, em função dos dias de armazenamento.53
- Figura 9 - Cor do miolo coordenada L* representado no decorrer dos dias de armazenamento congelado dos pães franceses com e sem mucilagem de taro.55
- Figura 10 - Cor da crosta - coordenada L*, a*, b* representado no decorrer dos dias de

| | |
|--|----|
| armazenamento congelado dos pães franceses com e sem mucilagem de taro. | 57 |
| Figura 11 - Equação da reta estimada do coeficiente de consistência (N) de pão francês pré-assado congelado, após o assamento final, ao longo do tempo de armazenamento. | 61 |
| Figura 12 - Estimativa (regressão) da espessura (mm) da crosta superior e inferior do pão francês pré-assado congelado sem mucilagem de taro (PFSMT) e com mucilagem de taro (PFCMT), durante 60 dias armazenados, em função dos dias de armazenamento. | 62 |
| Figura 13 - Imagens escaneadas e tratadas do pão francês pré-assado congelado sem mucilagem de taro (PFSMT), durante 60 dias armazenados, em função dos dias de armazenamento. | 64 |
| Figura 14 - Imagens escaneadas e tratadas do pão francês pré-assado congelado com mucilagem de taro (PFCMT), durante 60 dias armazenados, em função dos dias de armazenamento. | 65 |
| Figura 15 - Frequência de consumo de pão francês. | 66 |

LISTA DE TABELAS

SEGUNDA PARTE - ARTIGO

ARTIGO 1

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Componentes químicos da mucilagem de taro na matéria seca. | 35 |
| Tabela 2 - Formulação dos pães tipo francês. | 36 |
| Tabela 3 - Valores médios ¹ da composição centesimal e valor calórico (base seca) do pão francês pré-assado congelado sem mucilagem de taro (PFSMT) e do pão francês pré-assado congelado com mucilagem de taro (PFCMT), após assamento, em função dos dias de armazenamento congelado. | 46 |
| Tabela 4 - Valores médios ¹ de peso (g), volume (cm ³), volume específico (cm ³ g ⁻¹) e densidade (g cm ⁻³) do pão francês pré-assado com mucilagem de taro (PFSMT) e do pão francês pré-assado sem mucilagem de taro (PFCMT), após assamento (180°C/12 min), em função dos dias de armazenamento sob congelamento. | 49 |
| Tabela 5 - Parâmetros de cor (L*) do miolo de pães franceses com (PFCMT) e sem mucilagem (PFSMT) de taro pré-assados em função do tempo de armazenamento sob congelamento ¹ | 55 |
| Tabela 6 - Parâmetros de cor (L*, a* e b*) da crosta de pães franceses com (PFCMT) e sem mucilagem (PFSMT) de taro pré-assados em função do tempo de armazenamento sob congelamento ¹ | 56 |
| Tabela 7 - Valores médios ¹ do ΔE do miolo e da casca do pão francês pré-assado com mucilagem de taro (PFCMT), comparado ao pão francês pré-assado congelado sem mucilagem de taro (PFSMT), após assamento, em função do tempo de armazenamento sob congelamento. | 59 |
| Tabela 8 - Valores médios ¹ da resistência à compressão (N) e do coeficiente de consistência (Kg s ⁻¹) do pão francês pré-assado sem mucilagem de taro (PFSMT) e do pão francês pré-assado congelado com mucilagem de taro (PFCMT), após assamento, em função do tempo de armazenamento sob congelamento. | 60 |
| Tabela 9 - Valores médios das notas recebidas para os atributos sensoriais de aparência, sabor, textura e impressão global do pão francês pré-assado congelado sem mucilagem de taro e no pão francês pré-assado congelado com mucilagem de taro em função dos dias de armazenamento congelado. | 67 |

| | |
|--|----|
| Tabela 10 - Valores médios das notas recebidas para o atributo intenção de compra do pão francês pré-assado congelado sem mucilagem de taro e do pão francês pré-assado congelado com mucilagem de taro em função dos dias de armazenamento congelado..... | 68 |
|--|----|

SUMÁRIO

| | | |
|--------|---|----|
| | PRIMEIRA PARTE | 13 |
| 1 | INTRODUÇÃO | 13 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 15 |
| 2.1 | Panificação | 15 |
| 2.2 | Produtos panificados congelados | 16 |
| 2.3 | Mucilagem de taro (<i>Colocasia esculenta</i>) | 20 |
| 2.3.1 | Aplicação da mucilagem | 21 |
| 3 | CONCLUSÃO | 25 |
| | REFERÊNCIAS | 26 |
| | SEGUNDA PARTE - ARTIGOS | 31 |
| | ARTIGO 1 - MUCILAGEM DE TARO EM PÃO FRANCÊS PRÉ- ASSADO E CONGELADO: CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS E SENSORIAS EM FUNÇÃO DO TEMPO DE CONGELAMENTO | 31 |
| 1 | INTRODUÇÃO | 34 |
| 2 | MATERIAL E MÉTODOS | 35 |
| 2.1 | Fabricação dos pães | 36 |
| 2.2 | Delineamento experimental | 38 |
| 2.3 | Análises físico-químicas dos pães franceses | 38 |
| 2.3.1 | Composição centesimal | 38 |
| 2.3.2 | Volume | 39 |
| 2.3.3 | Volume específico | 40 |
| 2.3.4 | Densidade | 40 |
| 2.3.5 | Relação altura (A) e comprimento (B) | 40 |
| 2.3.6 | Cor | 40 |
| 2.3.7 | Atividade de água | 41 |
| 2.3.8 | Resistência à compressão | 41 |
| 2.3.9 | Medidas da crosta e do miolo | 41 |
| 2.3.10 | Características alveolares | 41 |
| 2.3.11 | Aparecimento de flaking | 42 |
| 2.3.12 | Análise sensorial | 43 |
| 2.4 | Análise estatística | 45 |
| 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 46 |
| 3.1 | Composição centesimal | 46 |
| 3.2 | Volume, peso, volume específico e densidade | 48 |
| 3.3 | Atividade de água (Aw) | 54 |
| 3.4 | Relação altura/comprimento (A/B) | 54 |
| 3.5 | Cor do miolo e da crosta | 54 |
| 3.5.1 | Coordenadas L* | 54 |
| 3.5.2 | Diferença de cor (ΔE) | 58 |
| 3.6 | Textura | 59 |
| 3.7 | Espessura da crosta e do miolo | 62 |
| 3.8 | Características alveolares | 63 |
| 3.9 | Análise sensorial | 65 |
| 4 | CONCLUSÃO | 69 |
| | REFERÊNCIAS | 70 |
| | ANEXO A - Parecer consubstanciado do CEP | 77 |
| | ANEXO B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE | 79 |

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

O pão é um dos alimentos mais consumidos no mundo, possui variadas formas e tipos e, para aliar a esse enorme consumo, novos processamentos têm sido buscados continuamente pela indústria de panificação na fabricação, armazenamento e distribuição de produtos com qualidades nutricionais e sensoriais aprimoradas. Entre as inovações na indústria de panificação está a tecnologia de congelamento com a qual o pão congelado, assado ou parcialmente assado e a massa congelada podem ser distribuídos a uma longa distância e armazenados por mais tempo nos supermercados e padarias mais próximas dos consumidores o que proporciona a oferta de pães franceses frescos a qualquer hora do dia (PROPAN, 2018; ABIP, ITPC E SEBRAE, 2015).

Em alguns países, inclusive no Brasil, tem-se observado o aumento no consumo de pão francês pré-cozido congelado, por sua disponibilidade para ser assado em qualquer momento do dia, garantindo as características do pão fresco, pois, de acordo com a forma de armazenamento, a vida de prateleira do pão francês sofre variação de dias a meses (ALMEIDA, 2011). Contudo tem-se para alguns que a qualidade do pão francês pré-cozido congelado não seja a mesma do pão recém-assado, porque alterações na qualidade do pão congelado podem ocorrer pelo crescimento de cristais de gelo, durante o tempo de armazenamento, que danificam a estrutura do miolo, alterando algumas características. Segundo Almeida (2011), a perda de peso, a redução do volume específico, o encolhimento da estrutura, assim como o aparecimento de *flaking* são os principais defeitos que acontecem em pães congelados.

Com o tempo prolongado de armazenamento, as características do pão percebidas pelos consumidores mudam, como o endurecimento da crosta e do miolo e perda de sabor, quando comparadas com as características do pão fresco.

Com o intuito de retardar e controlar as modificações físico-químicas, facilitar o processamento, compensar as variações de matérias-primas, garantir qualidade constante e preservar o frescor dos produtos, os aditivos são amplamente utilizados na indústria de panificação (CARMIGNOLA, 2018). Neste sentido, os emulsificantes têm sido amplamente utilizados, para modificar a textura, melhorar a retenção de umidade, controlar a mobilidade da água e manter a qualidade geral do produto durante o armazenamento. Entretanto muitos emulsificantes alteram características sensoriais do pão francês que, conseqüentemente,

afetam a aceitação pelo consumidor, o que talvez não aconteça com a mucilagem do taro (*Colocasia esculenta*).

Portanto, para amenizar os problemas causados pelo congelamento, acredita-se que a adição de mucilagem de taro liofilizada no pão francês pré-assado congelado resulte em melhor distribuição dos alvéolos, o que melhora a textura da massa e, em decorrência, pode evitar o desprendimento da casca do miolo (*flaking*) e melhorar a aceitação do produto no mercado (GOMES-RUFFI et al., 2012).

Por isso, este trabalho teve como objetivos estudar os efeitos da adição da mucilagem de taro liofilizada e o tempo de armazenamento congelado sobre a qualidade tecnológica e sensorial de pães tipo francês pré-assados por até sessenta dias.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Panificação

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (2000), “pão francês é o produto fermentado, preparado, obrigatoriamente, com farinha de trigo, sal (cloreto de sódio) e água e se caracteriza por apresentar casca crocante de cor uniforme castanho-dourada e miolo de cor branco-creme de textura e granulação fina não uniforme”, ou ainda, segundo a ANVISA (2007), “pão francês ou de sal, assim entendido aquele de consumo popular, obtido pela cocção de massa preparada com farinha de trigo, fermento biológico, água e sal, que não contenha ingrediente que venha a modificar o seu tipo, característica ou classificação e que seja produzido com o peso de até 1000 gramas”.

O conceito do pão francês ou de sal, beneficiado pela redução de base de cálculo, de acordo com o dispositivo acrescentado pelo Decreto 52.585 de 28-12-2007; DOE 29-12-2007, verifica-se que:

- (i) para que seja caracterizado como pão francês ou de sal é necessário que a massa tenha sido submetida a processo de cocção;
- (ii) os ingredientes básicos necessários para o preparo da massa do pão francês ou de sal são a farinha de trigo, o fermento biológico, a água e o sal;
- (iii) não pode conter ingrediente que venha a modificar o seu tipo, característica ou classificação;
- (iv) é necessário que o pão seja produzido com peso de até 1000 gramas;
- (v) o pão deve estar classificado na subposição 1905.90 da NCM/SH.

De acordo com pesquisa realizada pela Kantar World Panel, em 2019, o pão francês esteve presente em 84,1% dos lares brasileiros, e a Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria (ABIP) aponta que o consumo médio/mês de pão francês passou de 658,79 toneladas, em 2018, para 704,72 toneladas, em 2019, um aumento de 6,97%. Em 2019, o pão francês representou em torno de 48 % de todo o volume de pães produzidos nas padarias brasileiras. Estima-se que o Brasil produza 1.700 mil toneladas de pão francês, anualmente, dentre os quais 265.000 mil toneladas são pães congelados (ABIP, 2019).

Segundo Rodrigues (2019), mesmo diante dos diversos produtos encontrados nas padarias, o pão francês continua sendo o principal produto desses estabelecimentos. Contudo,

em 2018, houve queda de 4,61% no volume de pão francês consumido nas padarias. Comprovando isso, a pesquisa realizada pelo Programa de Desenvolvimento da Alimentação, Confeitaria e Panificação (PROPAN), em 2018, mostrou que os clientes estão buscando menos pão francês nas padarias tradicionais. Porém observa-se que o volume de farinha destinada à fabricação de pão francês teve aumento de 6,97% em 2018. Isso mostra que os consumidores passaram a buscar o pão em outros canais de venda que não apenas as padarias. Daí a necessidade de buscar um tipo de fabricação e de armazenamento que permita vender o pão francês nesses novos estabelecimentos procurados pelos consumidores (PROPAN, 2018).

2.2 Produtos panificados congelados

Conforme relatado na Revista Aditivos e Ingredientes (2015), é sempre crescente a busca do consumidor por um pão quentinho, crocante e cheiroso, independente do horário da compra, por isso, na panificação, a produção e o consumo de pães congelados têm aumentado, causando interesse cada vez maior pelos processos de congelamento e no desenvolvimento de novas tecnologias e equipamentos.

Segundo Gutkoski et al. (2005), algumas tecnologias no setor de panificação são necessárias, para atender a necessidade do mercado em diminuir os custos operacionais, mas, ao mesmo tempo, expandir o mercado. Para obter centrais de produção mais econômicas e com mais produtividade no trabalho do dia a dia, a mecanização da produção e as técnicas de congelamento são dois métodos utilizados. Algumas das vantagens do congelamento são: a elevação da produção e a manutenção da qualidade e do sabor dos produtos panificados; além disso, o congelamento é um dos melhores métodos de preservação conhecidos e é empregado para retardar alterações na qualidade dos alimentos. O consumidor moderno busca rapidez, funcionalidade e frescor dos produtos consumidos, assim, o congelamento é um método que oferece várias oportunidades de utilização no setor de panificação e, por isso, tem crescido rapidamente e vem sendo pesquisado e aplicado em diversos países (SEBRAE, 2017).

A necessidade do consumo de pães sempre frescos por parte dos consumidores leva as indústrias panificadoras à produção de produtos congelados, permitindo, ao mesmo tempo, maior flexibilidade na produção (ALMEIDA & CHANG, 2014).

Quatro formas de pães congelados são apresentadas:

- a) massa crua congelada: os processos de fabricação são comuns até a modelagem, é necessário descongelar, fermentar e assar para finalizar o pão;

- b) massa de pão fermentada congelada, a fabricação é interrompida pelo congelamento após a fermentação, o pão pode ir direto ao forno para o assamento;
- c) pão assado congelado, em que o pão segue naturalmente seu processo de fabricação sendo congelado após seu total assamento;
- d) pão pré-assado congelado, em que o pão segue naturalmente seu processo de fabricação, porém o cozimento é interrompido, quando o miolo está completamente formado e imediatamente antes do desenvolvimento da cor da crosta (mais ou menos metade do tempo total para seu assamento) e, após o congelamento e armazenamento, termina de ser assado. A alta umidade, durante os estágios iniciais do assamento, podem reduzir a taxa de desprendimento da casca do miolo (BRANDÃO e LIRA, 2011; MORI, 2008).

Os hábitos dos consumidores estão mudando em razão do contexto econômico e da mudança no estilo de vida, e esse novo perfil de consumidores busca por alimentos frescos, oferecidos de forma conveniente e, ao mesmo tempo, com baixo custo. Para atender essa demanda, o congelamento é utilizado no setor de panificação, para permitir maior produção dos produtos, sem perder o frescor e a qualidade e, ainda, proporcionar ao consumidor pão francês, em qualquer horário do dia, com características de pão fresco (ABIP, ITPC e SEBRAE, 2015). Isso só é possível, porque esse pão é feito em duas fases. A primeira é idêntica ao processo de panificação convencional, com a exceção do cozimento que deve ser interrompido, quando o miolo está completamente formado e imediatamente antes do desenvolvimento da cor da crosta (LEUSCHNER, O'CALLAGHAD, & ARENDT, 1997; MORI, 2008). Em seguida, o pão é embalado e, para retardar o crescimento microbiano, os pães podem ser armazenados em quatro formas diferentes: em temperatura ambiente, em atmosfera modificada, sob refrigeração ou congelados (ALMEIDA & CHANG, 2014; LEUSCHNER, O'CALLAGHAD, & ARENDT, 1997). Na segunda etapa, o pão parcialmente cozido é assado novamente, adquirindo as propriedades de cor da crosta e textura do miolo de um pão fresco (LEUSCHNER, O'CALLAGHAD, & ARENDT, 1997; MORI, 2008).

Quando se fala em pães pré-assados, a melhor maneira de preservação é por meio do congelamento (LAINEZ; VERGARA; BÁRCENAS, 2008). Porém Le Bail et al. (2010) afirmam que, no caso de pão pré-assado, o pão deve ser cozido duas vezes, aumentando a demanda total de energia. O pão pode ser congelado, estocado no estado congelado e descongelado mais facilmente que uma massa. Pães, após o congelamento, não requerem

atividade de levedura ou propriedades de retenção de gás, os quais são fatores de qualidade importantes em massas não assadas.

No Brasil, as empresas que comercializam esse tipo de produto fazem o congelamento com equipamentos que utilizam a convecção do ar à baixa temperatura (-40 °C/-35 °C). Esse processo mantém as características dos produtos, pois não ocorre formação de macrocristais, já que o congelamento é rápido e homogêneo (CUKELJ e NOVOTNI, 2019; PINHEIRO, 2002).

A qualidade sensorial do pão diminui gradualmente, durante o armazenamento (RIBOTTA et al., 2004), e a vida de prateleira do pão é dependente do seu envelhecimento o qual resulta no endurecimento do miolo, amolecimento da crosta e perda do sabor fresco, característicos do produto e é um processo que combina diferentes eventos químicos e físicos (CAUVAIN & YOUNG, 2009; GUTKOSKI et al., 2005).

A vida de prateleira dos pães pode ser de alguns dias a alguns meses, depende da forma de armazenamento do produto. A forma de preservação mais utilizada e que mantém por mais tempo os pães é o congelamento, embora seja um processo caro pelos custos envolvidos na cadeia de produção (ALMEIDA & CHANG, 2014). Durante o congelamento, várias alterações podem ocorrer nos pães, sendo que características como volume específico e o teor de umidade diminuem, à medida que o tempo de armazenamento aumenta e ocorre ainda aumento da dureza do miolo e mudanças no aroma (RIBOTTA et al., 2004; ALMEIDA & CHANG, 2014; BÁRCENAS & ROSELL, 2007).

Durante o armazenamento, pode ocorrer desidratação da rede de glúten e conseqüente perda de plasticidade, além dos danos causados pela recristalização durante o armazenamento do pão (GARCÍA et al., 2013). A migração macroscópica de água ocorre do miolo para a crosta; em nível molecular, ela torna-se parcialmente incorporada à retrogradação dos cristais de amilopectina, perde a capacidade de separação de fase e é redistribuída, em outras estruturas do pão, assim a mobilidade molecular da água diminui durante o armazenamento (CAUVAIN & YOUNG, 2009; BESBES et al., 2014).

Entretanto, no pão congelado, pode acontecer o desprendimento entre a casca e o miolo, o *flaking*, sendo esse um dos principais defeitos de pães produzidos com essa tecnologia. Pela migração de umidade do centro da peça para a superfície, ocorre a concentração de cristais de gelo entre o miolo e a casca, formando uma área de fragilidade. Ocorre também choque termomecânico, causando contração do pão durante o congelamento. Assim, o miolo, que é úmido e maleável, contrai-se mais intensamente que a casca, que é rígida e mais frágil, causando o *flaking* (zona em que o miolo se desprende da casca).

Umidade mais alta, durante o a fermentação, assamento e resfriamento contribuirá para a significativa redução desse defeito (MORI, 2008). O congelamento lento, feito em freezers domésticos, proporciona mais esse tipo de defeito. Já o congelamento feito em ultracongeladores reduz essa possibilidade porque a formação dos cristais é rápida e mais uniforme (CUKELJ e NOVOTNI, 2019).

Além disso, quando se fala em pão congelado, as maiores dificuldades apontadas para este tipo de produto são: baixo volume, estrutura de miolo aberta e mais firme, tempo de fermentação excessivamente longo e qualidade do produto razoável por apenas algumas semanas. Tais desvantagens estão minimizando pelos avanços nas tecnologias e pela observação de fatores de extrema importância que devem ser levados em consideração, quando se fala em massas congeladas, como a metodologia de congelamento, os tipos de levedura e a qualidade da farinha utilizada.

Com o intuito de retardar e controlar as modificações físico-químicas, facilitar o processamento, compensar as variações de matérias-primas, garantir uma qualidade constante e preservar o frescor dos produtos, os aditivos são amplamente utilizados na indústria de panificação e de alimentos em geral (CURTI et al., 2014).

Os resultados da pesquisa de Curti et al. (2014) mostram que a adição de glúten, na massa de pão congelado, influencia nas características do produto, sendo que as propriedades macroscópicas foram afetadas positivamente com a adição de 15 % de glúten, permitindo a preservação da textura do miolo durante o armazenamento.

A boa quantidade e qualidade de glúten obtida pelo uso de farinhas fortes é importante para a obtenção de pães congelados de qualidade, além do uso de hidrocoloides, para a retenção de água, auxiliam a rede de glúten a suportar as condições severas de congelamento (MORI, 2008). Assim, os hidrocoloides têm sido amplamente utilizados na indústria de panificação, para modificar a textura, melhorar a retenção de umidade, retardar a retrogradação do amido, controlar a mobilidade da água e manter a qualidade geral do produto durante o armazenamento (ROJAS, ROSELL e BARBER, 1998). Além disso, há estudos que demonstraram que a utilização de DATEM e goma guar melhoram o volume e a textura de pão congelado (RIBOTTA et al., 2004).

Uma alternativa, para manter as características tecnológicas no pão congelado e ainda não formar *flaking*, seria a utilização de um hidrocoloide com características emulsificantes, como a mucilagem de taro, que ainda possui a vantagem de ser um aditivo natural.

2.3 Mucilagem de taro (*Colocasia esculenta*)

O taro, cientificamente chamado de *Colocasia esculenta* (FIGURA 1), pertence à família das *Dioscoreaceae* e é uma planta considerada monocotiledônia sendo cultivada há mais de 2.000 anos. É originário do sul asiático e estima-se que tenha chegado ao Brasil trazido por africanos e asiáticos (ANJOS, 2012; BRASIL, 2010; GREENWELL, 1947). Segundo a FAO (2009), o taro é um alimento importante nas Américas Central e Sul, na Ásia e nas ilhas do Pacífico. O taro é um tubérculo tropical, usado em ampla variedade de alimentos, pelo pequeno tamanho dos seus grânulos de amido e sua alta digestibilidade.

A mucilagem é uma substância gomosa encontrada nos vegetais. Mucilagem ou goma está geralmente presente nas raízes e tubérculos tropicais e é particularmente abundante no taro (ANDRADE, 2013; NAGATA, ANDRADE e PEREIRA, 2014; HUANG et al., 2010). Considerando-a quimicamente, ela é constituída por água, pectinas, açúcares e ácidos orgânicos.

Figura 1 - Taro (*Colocasia esculenta*)



Fonte: Do autor (2018).

Para o controle da microestrutura, sabor, textura e vida de prateleira, os hidrocoloides podem ser utilizados na indústria de alimentos (DICKINSON, 2003; FUNAMI, 2011). As mucilagens podem ser utilizadas para várias funções, dentre elas: modificadores de textura, fibra dietética, agentes gelificantes, estabilizantes, emulsionantes e espessantes (PHILLIPS e WILLIAMS, 2000). O poder emulsificante da mucilagem do taro é atribuído às proteínas, formadas por aminoácidos fracamente polares e carboidratos.

Os emulsificantes são moléculas anfifílicas que têm região polar e não polar na mesma molécula. Eles são utilizados como aditivos em alimentos para fazer com que duas ou mais

substâncias imiscíveis se tornem miscíveis entre si (ADITIVOS E INGREDIENTES, 2011). Assim, hidrocoloides demonstram boas propriedades como substitutos de gordura ou emulsificantes em muitos produtos (NAGATA, ANDRADE, & PEREIRA, 2014).

Diante disso, grande atenção tem sido dada à incorporação de hidrocoloides em alimentos, por suas propriedades funcionais únicas, tais como espessar soluções aquosas, modificar a textura dos alimentos líquidos e das bebidas, inibir a formação de cristais de gelo, além de modificar as propriedades de deformação de produtos semissólidos (ADITIVOS E INGREDIENTES, 2017).

O taro pode conter níveis significativos de mucilagem, com uma média entre 6,84g por 100g (TAVARES et al., 2011) e pode chegar a quase 10g por 100g, dependendo do método de extração. Essa mucilagem tem aparência viscosa e cor clara (ANDRADE, NUNES & PEREIRA, 2015).

A mucilagem do taro é um exemplo de hidrocoloide com poder emulsificante, podendo ser considerado um aditivo natural e utilizado para a substituição de gorduras em produtos alimentícios. Na indústria de alimentos ela pode ser utilizada como espessante, estabilizante e emulsificante (ANDRADE, NUNES, & PEREIRA, 2015; FEDENIUK & BILIADERIS, 1994; NGUIMBOU et al., 2014).

Segundo Huang et al. (2010), a presença de mucilagem, que se atribui à textura viscosa dos tubérculos cozidos, tem recebido pouca atenção, particularmente quanto aos efeitos da mucilagem sobre as propriedades de textura e gelatinização relacionados com a qualidade de alimentos ricos em amido.

2.3.1 Aplicação da mucilagem

Na panificação, vários agentes emulsificantes são utilizados na massa para reduzir a perda de umidade, aumentar a maciez e, conseqüentemente, prolongar o prazo de validade. Assim, muitos aditivos são incluídos na fórmula do pão, a fim de melhorar o potencial das características sensoriais, como hidrocoloides (BÁRCENAS & ROSELL, 2007). Os emulsificantes são capazes de formar filmes na interface da massa de pão entre o glúten e o amido, aumentando a capacidade da massa de reter o gás produzido pelas leveduras e, em conseqüência, aumentar o volume e a maciez do pão (GOMES-RUFFI et al., 2012; KROG, 1981). Alguns hidrocoloides têm efeitos semelhantes aos dos emulsificantes e a mucilagem do taro é um exemplo de um hidrocoloide com poder emulsificante (NAGATA et al., 2015).

Há tempos, vários estudos têm investigado os efeitos da adição de mucilagem de taro em produtos alimentícios. Em razão de seu efeito estabilizante, a mucilagem é utilizada em sucos de frutas, demonstrando comportamento vantajoso, quando comparado com estabilizadores comerciais, tais como a goma de alfarroba, carboximetilcelulose e carragena (HONG e NIP., 1990).

De acordo com suas propriedades físico-químicas, as mucilagens são cada vez mais utilizadas na indústria alimentícia, dentre elas, a de chocolate, produtos cárneos, sorvete e salada. Esses hidrocoloides também são explorados em formulações farmacêuticas pelas suas propriedades de retenção de água, capacidade de ligação e de estabilização (NGUIMBOU et al., 2014).

Considerando suas propriedades espessantes e estabilizantes, estudos têm demonstrado que a mucilagem do taro pode ser aplicada na panificação (BATISTA, 2019; CONTADO et al., 2009; NAGATA, ANDRADE, & PEREIRA, 2014; TAVARES, 2009; TAVARES et al., 2011). A redução do tempo de mistura, a substituição total ou parcial da gordura, a melhoria das propriedades de retenção de gás, textura e volume, a melhoria da retenção de água e prolongamento da vida de prateleira são alguns dos benefícios que acontecem quando se usam emulsificantes em pães (LINDEN e LORIENT, 1999).

Miamoto (2008) realizou a avaliação sensorial e física de biscoitos elaborados com as farinhas de taro integral, de mucilagem de taro e com a farinha de resíduo da extração da mucilagem do taro. Na análise sensorial, o biscoito mais aceito foi o formulado com a farinha da mucilagem do taro, seguido do resíduo da extração da mucilagem e, por fim, o padrão. Com relação às características físicas, os biscoitos formulados com a farinha da mucilagem de taro apresentaram as melhores características.

Trabalho publicado por Contado et al. (2009) teve como objetivo determinar a composição centesimal da mucilagem liofilizada do taro e de um melhorador comercial e verificar a aceitação de pães de forma elaborados com vários níveis de mucilagem de taro liofilizada. Concluíram que os pães de forma, em que foi utilizada a mucilagem de taro liofilizada, tiveram boa aceitação dos provadores, mostrando que é possível o emprego da mucilagem na panificação.

Tavares (2009), ao comparar o potencial emulsificante da mucilagem liofilizada do taro com emulsificantes comerciais comumente utilizados em formulação de pão de forma, concluiu que a mucilagem liofilizada é alternativa eficaz de emulsificante natural, sendo a concentração de 1 % considerada apropriada para uso como emulsificante natural. Adicionado a isso, a mucilagem apresentou alto valor nutricional em comparação aos emulsificantes

comerciais, e os pães de forma adicionados de mucilagem liofilizada apresentaram resultados tão bons quanto os pães de forma adicionados de emulsificantes comerciais para características sensoriais. Quanto à qualidade tecnológica, os pães acrescidos de mucilagem liofilizada e os pães acrescidos de emulsificantes comerciais obtiveram atributos de qualidade satisfatórios.

Nagata et al. (2014), com o objetivo de produzir pães de forma com melhores características físicas, reduzidos níveis de lipídios e de boa qualidade sensorial, otimizaram as proporções de mucilagem de taro liofilizada e gordura vegetal hidrogenada adicionada à formulação de pão de forma. Foi estabelecida a proporção ótima de uso de mucilagem liofilizada de taro como sendo a de $0,73 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ e a de gordura vegetal hidrogenada como sendo $1,58 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$. O pão resultante desse experimento apresentou boa qualidade sensorial, física e nutricional; excelentes volume e textura; reduzido teor de gordura e de valor calórico, tornando a adição da mucilagem liofilizada de taro não só tecnicamente viável, mas como também responsável pela melhoria das características do pão de forma.

Ma et al. (2020) estudaram as propriedades físicas dos polissacarídeos mucilaginosos de *Dioscorea opposita* (DOMP), que é um tipo de taro amplamente cultivado na China, e os resultados sugeriram que o DOMP possui características pseudoplásticas e pode ser considerado um agente natural de processamento de alimentos para melhorar os atributos sensoriais e o sabor dos alimentos.

A utilização de aditivos naturais na panificação se torna extremamente importante, quando se considera a quantidade de aditivos sintéticos adicionados, para manter os padrões de qualidade dos pães, visto que há a preferência por alimentos e aditivos alimentares naturais, pela preocupação com uma vida mais saudável. Assim a descoberta e a pesquisa sobre aditivos naturais são de grande relevância (ANDRADE, NUNES, & PEREIRA, 2015).

A demanda por mucilagens é impulsionada ainda mais pela necessidade de novas fontes de aditivos que sejam econômicas e apresentem funcionalidades específicas (FARAHNAKY et al., 2013). A mucilagem do taro, além de ser um produto natural, é extraído facilmente, possui grande rendimento e é de produção barata em comparação com alguns aditivos sintéticos (ANDRADE, NUNES, & PEREIRA, 2015). Essa mucilagem pode ser considerada um emulsificante natural, é um recurso sustentável e pode ser obtido a partir de resíduos de processamento industrial (MA et al., 2017).

Na fabricação de pães, durante a mistura da massa, os emulsificantes são presos pelo glúten dentro da cavidade central da amilose e nas hélices da amilopectina e somente durante o forneamento são liberados para o gel de amido (SCHIRALDI; FESSAS, 2001).

Durante a gelatinização do amido na presença de lipídios e/ou emulsificantes, os complexos amido-lipídios podem ser formados (ELIASSON, 2003), sendo assim, o uso da mucilagem em diminuição ao lipídio no pão pode alterar a formação desses complexos e, por isso, deve ser estudado e bem avaliado, sendo que, ainda, o lipídio produz efeitos importantes no produto relacionados ao envelhecimento do pão, podendo retardar esse processo (SCHIRALDI; FESSAS, 2001).

Os lipídeos são importantes, para a estabilidade da massa, bem como para o volume específico do pão. Estudo realizado por Mccann et al., (2009) indica que ocorre aprisionamento físico de lipídios dentro da rede de proteínas, como, por exemplo, os lipídios não polares da farinha que ficam retidos na rede de glúten, indicando ser por forças hidrofóbicas. A distribuição de fosfolipídios nas frações do glúten indica que eles provavelmente interagem com gliadinas ou proteínas de ligação a lipídios dentro da matriz de glúten, enquanto os glicolipídios estão associados às gluteninas por meio de interações hidrofóbicas e ligações de hidrogênio.

Entretanto os consumidores buscam cada vez mais alimentos que sejam palatáveis e, ao mesmo tempo saudáveis, sendo assim, impulsiona o mercado a desenvolver produtos com redução de gordura, porém sem alterar o seu sabor e a qualidade (FORKER et al., 2012 citado por STOLL, FLÔRES E TYS, 2015), por isso, a necessidade de estudos que utilizem a mucilagem de taro liofilizada na panificação, aliando a redução de gordura e, ao mesmo tempo, a propriedade emulsificante dessa mucilagem, objetivando não perder as características tecnológicas importantes do pão francês.

3 CONCLUSÃO

A necessidade do consumidor de ter o pão francês fresco disponível, em qualquer momento do dia, de maneira rápida e fácil, levou a indústria de panificação a utilizar o congelamento, como forma de preservar o pão francês e garantir seu frescor. Porém alguns defeitos na estrutura do pão podem surgir, como a redução de volume, alterações na estrutura do miolo e o *flaking*. Uma alternativa para tentar evitar esses problemas no pão congelado e obter o produto mais próximo possível do fresco seria a utilização de um emulsificante natural como a mucilagem de taro liofilizada. Não se sabe ainda o efeito dessa mucilagem nos aspectos tecnológicos, sensoriais e no tempo de armazenamento sob congelamento nesse tipo de pão. Dessa forma, há necessidade de avaliar por quanto tempo o pão francês pré-assado com mucilagem de taro consegue manter a qualidade e as características tecnológicas e sensoriais que atendam as exigências do mercado.

REFERÊNCIAS

ABIP, ITPC e SEBRAE. Painel de Mercado da Panificação e Confeitaria, 2015. Disponível em: <https://www.abip.org.br/site/wp-content/uploads/2016/04/PaineldeMercado2015.pdf>. Acesso em: 09 de setembro de 2020.

ADITIVOS E INGREDIENTES. **Emulsificantes: Panorama da situação**. São Paulo: Ed. Insumos, n. 76, p. 43-47, mar. 2011. Disponível em: https://aditivosingredientes.com.br/upload_arquivos/201604/2016040469958001460591998.pdf. Acesso em: 12 de setembro de 2020.

ADITIVOS E INGREDIENTES. **Pães Congelados: Tendências e Soluções**. São Paulo: Ed. Insumos, p.34-35, 2015. Disponível em: <https://aditivosingredientes.com.br/artigos/panificacao/paes-congelados-tendencias-e-solucoes>. Acesso em: 09 de setembro de 2020.

ADITIVOS E INGREDIENTES. **Reologia dos Hidrocoloides**. São Paulo: Ed. Insumos, n. 135, p. 34-40, fev. 2017. Disponível em: https://aditivosingredientes.com.br/upload_arquivos/201703/2017030751233001488809162.pdf. Acesso em: 27 de setembro de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PANIFICAÇÃO E CONFEITARIA. **Mudanças no setor de panificação e confeitaria**. 26º Congresso Internacional da Indústria de Trigo. 22 a 24 de setembro de 2019. Disponível em: <http://abitrito.com.br/congresso-2019/apresentacoes/mudancas-no-setor-de-panificacao-e-confeitaria-gionavi-mendonca.pdf>. Acesso em: 30 de junho de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE BISCOITOS, MASSAS ALIMENTÍCIAS E PÃES & BOLOS INDUSTRIALIZADOS (ABIMAPI). **Estatísticas Pães e Bolos**, 2015. Disponível em <http://www.abimapi.com.br/estatistica-paes-bolos.php>. Acesso em: 20 de agosto de 2019.

ANDRADE, L. A.; NUNES, C. A.; PEREIRA, J. Relationship between the chemical components of taro rhizome mucilage and its emulsifying property. **Food Chemistry**, v. 178, p. 331-338, 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Decreto nº 52.585, de 28 de dezembro de 2007**. Disponível em : <http://www.legislacao.sp.gov.br/legislacao/dg280202.nsf/5fb5269ed17b47ab83256cfb00501469/c1b40daadf990dcd032573c4004e4b2e?OpenDocument>. Acesso em: 20 de junho de 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Guia de Boas Práticas Nutricionais - Pão Francês**, 2012. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/389979/Guia+de+Boas+Pr%C3%A1ticas+Nutricionais+para+P%C3%A3o+Franc%C3%AAs/a389f51c-7e4c-4496-a1dd-33de55a48ae1>. Acesso em: 20 de junho de 2020.

APLEVICZ, K.S. Fermentação natural em pães: ciência ou modismo. **Aditivos e Ingredientes**, São Paulo, SP, v.105, p. 36-38, 2014.

ALMEIDA, E. L. **Estudo da qualidade de pão francês pré-assado congelado elaborado com farinha do trigo integral: influência da formulação, processo e estocagem congelada**. 2011. 132 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, 2011.

ALMEIDA, E. L.; CHANG, Y. K. Influence of different enzymes during the frozen storage of pre-baked french bread elaborated with whole-wheat flour. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 38, p. 737-748, 2014.

ANJOS, B. B. **Manejo sustentável da cultura do taro**. Bahia: Instituto Euvaldo Lodi - IEL, 2012.

BABOOTA, R. K. et al. Functional food ingredients for the management of obesity and associated co-morbidities - A review. **Journal of Functional Foods**, v.5, p. 997-1012, 2013.

BATISTA, L. C. **Mucilagem de taro extraída a frio na qualidade de pão de forma**. 2019. 29p. Monografia - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.

BÁRCENAS, M. E.; ROSELL, C. M. Different approaches for increasing the shelf life of partially baked bread: Low temperatures and hydrocolloid addition. **Food Chemistry**, v.100, p.1594-1601, 2007.

BESBES, E. et al. Effect of baking conditions and storage with crust on the moisture profile, local textural properties and staling kinetics of pan bread. **LWT - Food Science and Technology**, v. 58, p. 658-666, 2014.

BHANDARI, M.R. et al. Nutritional evaluation of wild yam (*Dioscorea* spp.) tubers of Nepal. **Food Chemistry**, v. 82, n. 4, p. 619-623, 2003.

BICALHO, C. C. et al. Distribuição alveolar em rolos franceses feitos com mucilagem do taro. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 22, e2018006, 2019.

BRANDÃO, S. S.; LIRA DE, H. L. **Tecnologia de Panificação e Confeitaria, e-Tec Brasil**, p. 88-89, 2011.

BRASIL. **Manual de Hortaliças não-convencionais**. Brasília - DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA/ACS, 2010.

CARMIGNOLA, E. Vantagens na aplicação de emulsificantes em Bakery. 05 nov. 2018. Disponível em: <https://www.biosolutionsblog.com/vantagens-na-aplicacao-de-emulsificantes-em-bakery/>. Acesso em: 29 de dezembro de 2020.

CAUVAIN, S.; YOUNG, L. **Tecnologia da Panificação** (2ª ed.). Barueri: Manole, 2009.

CONTADO, E. W. N. da F. et al. Composição centesimal da mucilagem do Inhame (*Dioscorea* spp.) liofilizado comparado a de um melhorador comercial utilizado na panificação e avaliação sensorial de pães de forma. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33(Edição Especial), p.1813-1818, 2009.

CUKELJ, N.; NOVOTNI, D. Freezing of Bread. **Encyclopedia of Food Security and Sustainability**, v. 2, p.498-502, 2019.

CURTI, E. et al. Bread staling: Effect of gluten on physico-chemical properties and molecular mobility. **LWT - Food Science and Technology**, v. 59, n. 1, p.418-425, 2014.

DICKINSON, E. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. **Food Hydrocolloids**. v.17, n. 1, p,25-39, 2003.

ELIASSON, A.C. Utilization of thermal properties for understanding baking and staling processes. In: BRESLAUER, K. J.; KALETUNC, G. (Eds.). **Characterization of cereals and flours: properties, analysis and applications**. New York: Marcel Dekker, Inc., 2003.

FANG, Z. et al. Phenolic compounds in Chinese purple yam and changes during vacuum frying. **Food Chemistry**, v. 128, n. 4, p. 943-948, 2011.

FAO **Faostat: Food and agricultural commodities production**, 2009. Disponível em: http://www.ibt.unesp.br/servicos/publicacoes/rbpm/pdf_v7_n1_2005/artigo_11_v7_n1.pdf. Acesso em: 11/09/2020.

FARAHNAKY, A. et al. Effect of various salts and pH condition on rheological properties of *Salvia macrosiphon* hydrocolloid solutions. **Journal of Food Engineering journal**, v. 116, p. 782-788, 2013.

FEDENIUK, R. W.; BILIADERIS, C. G. Composition and Physicochemical Properties of Linseed (*Linum usitatissimum* L.) mucilage. **Journal of Agriculture and Food Chemical**, v. 30, n. 9, p. 2522-2546, 1994.

FORKER, A. et al. A combination of fat replacers enables the production of fat-reduced shortdough biscuits with high-sensory quality. **Food and Bioprocess Technology**, v.5, n.6, p.2497-2505, 2012.

FUNAMI, T. Next target for food hydrocolloid studies: Texture design of foods using hydrocolloid technology. **Food Hydrocolloids**, v. 25, n. 8, 1904-1914, 2011.

GARCÍA, M. I. et al. Cambios fisicoquímicos en masa congelada y su efecto en la calidad del pan: una revisión. **Interciencia**, v. 38, p. 332-338, 2013.

GREENWELL, A. B. Taro - with special reference to its culture and use in Hawaii. **Economic Botany**, v. 1, n.3, p. 276-289, 1947.

GUTKOSKI, L. C. et al. Efeito de ingredientes na qualidade da massa de pão de forma. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.3, p. 460-467, 2005.

HONG, G. P.; NIP, W. K. Functional properties of precooked taro flour in sorbets. **Food Chemistry**, v. 36, p. 261-270, 1990.

HUANG, C. C. et al. Effects of mucilage on the thermal and pasting properties of yam, taro, and sweet potato starches. **LWT - Food Science and Technology**, v. 43, p. 849-855, 2010.

KANTAR WORLD PANEL. **Pãozinho e categoria industrializada cresce no país em 2019**. Acesso em 29 junho de 2020. Disponível em: <https://www.kantarworldpanel.com/br/Releases/P%C3%A3ozinho-e-categoria-industrializada-cresce-no-Pa%C3%ADs>

- LAINEZ, E.; VERGARA, F.; BÁRCENAS, M. E. Quality and microbial stability of partially baked bread during refrigerated storage. **Journal of Food Engineering**, v. 89, p. 414- 418, 2008.
- LE BAIL, A. et al. Energy demand for selected bread making processes: Conventional versus part baked frozen technologies. **Journal of Food Engineering**, v.96, p. 510-519, 2010.
- LEUSCHNER, R. G.; O'CALLAGHAD, M. J.; ARENDT, E. K. Optimization of baking parameters of part-baked and rebaked Irish brown soda bread by evaluation of some quality characteristics. **International Journal of Food Science and Technology**, 32, 487-493, 1997.
- LINDEN, G; LORIENT, D. **New Ingredients in Food Processing: Biochemistry and Agriculture**. New York: CRC Press, 1999.
- LU, T.-J., CHUANG, C.-W., & CHANG, Y.-H. Sensory and Physicochemical Analyses on Commercial Taro Ice Products. **Journal of Food and Drug Analysis**, 10(1), 55-63, 2002.
- MA, F. et al. Chemical components and emulsification properties of mucilage from *Dioscorea opposita* Thunb. **Food Chemistry**, v. 228, p. 315-322, 2017.
- MA, F. et al. Physical properties of mucilage polysaccharides from *Dioscorea opposita* Thunb. **Food Chemistry**, v.311, 2020.
- MCCANN, T. H. et al. Protein- lipid interactions in gluten elucidated using acetic-acid fractionation. **Food Chemistry**, v. 115, p. 105-112, 2009.
- MIAMOTO, J. de B. M. **Obtenção e caracterização de biscoito tipo Cookie elaborado com farinha de inhame (*Colocasia esculenta* L.)**. 2008. 132 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.
- MORI, R. **Tecnologia para pães congelados**. Food Ingredients Brasil, v. 1, n. 5, p. 45-46, 2008. Disponível em: https://revista-fi.com.br/upload_arquivos/201606/2016060573162001465585636.pdf. Acesso em: 08 de setembro de 2020.
- NAGATA, C. L. P.; ANDRADE, L. A.; PEREIRA, J. Optimization of taro mucilage and fat levels in sliced breads. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 9, p. 5890-5897, 2014.
- NGUIMBOU, R. M. et al. Mucilage chemical profile and antioxidant properties of giant swamp taro tubers. **Journal of Food Science and Technology**, v.51, n. 12, p. 3559-3567, 2014.
- PINHEIRO, A. P. B. Congelamento rápido garante qualidade para a indústria de panificação. **Tecnologia da Refrigeração**, v. 2, n 19, p. 30, 2002.
- PHILLIPS, G.O.; WILLIAMS, P.A. **Introduction to food hydrocolloids**. In: Phillips, G.O., Williams, P.A. (Eds.), Handbook of Hydrocolloids. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, 2000.

PROPAN - PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DA ALIMENTAÇÃO, CONFEITARIA E PANIFICAÇÃO. **Desempenho das Panificadoras e Confeitarias Brasileiras em 2018**. Disponível em: <http://www.propan.com.br/?pagina=indicadores>. Acesso em: 03 de junho, 2020.

RIBOTTA, P. et al. Effect of emulsifier and guar gum on micro structural, rheological and baking performance of frozen bread dough. **Food Hydrocolloids**, v. 18, p. 305-313, 2004.

ROJAS, J.A.; ROSELL, C.M.; DE BARBER, C.B. Pasting properties of different wheat flour-hydrocolloid systems. **Food Hydrocolloids**, Amsterdam, v. 13, p. 27-33, 1998.

NGUIMBOU, R. N. et al. Mucilage chemical profile and antioxidant properties of giant swamp taro tubers. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, n. 12, p. 3559-3567, 2014.

RHEINBOLDT, M. M. et al. Análise descritiva quantitativa de pão francês enriquecido com linhaça irradiado. **Bioenergia em Revista: diálogos**, v. 4, n. 1, p. 71-81, jan./jun. 2014.

RODRIGUES, M. Desempenho das Panificadoras e Confeitarias Brasileiras em 2018. **Instituto Tecnológico da Alimentação, Panificação e Confeitaria**, 2019. Disponível em: <http://www.marcirodrigues.com.br/institucional.php?nomeTabela=indicadores#:~:text=O%20p%C3%A3o%20franc%C3%AAs%20%C3%A9%20o,mix%20de%20produtos%20e%20servi%C3%A7os.&text=Aquelas%20empresas%20que%20buscam%20se,conseguiram%20se%20manter%20no%20mercado>. Acesso em: 09 de setembro de 2020.

SALINAS, M.V.; PUPPO, M. C. Bread staling: changes during storage caused by the addition of calcium salts and inulin to wheat flour. **Food and Bioprocess Technology**, v. 11, p. 2067-2078, 2018.

SCHIRALDI, A.; FESSAS, D. Mechanism of staling: an overview. In: CHINACHOTI, P.; VODOVOTZ, P. Y. (Eds.). **Bread staling**. Boca Raton: CRC Press LLC, 2001.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS - SEBRAE. **Painel de Mercado da Panificação e Confeitaria** - Projeto de desenvolvimento do setor de panificação e confeitaria com atuação na qualidade, produtividade e sustentabilidade, v. 1, 27 p., 2017.

STOLL, L.; FLORES, S. H.; THYS, R. C. S. Fibra de casca de laranja como substituto de gordura em pão de forma. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 3, p. 567-573, março de 2015.

TAVARES, S. A. **Caracterização e utilização da mucilagem de inhame (Dioscorea spp.) como emulsificante em pães de forma**. 2009. 102 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

TAVARES, S. A. et al. Caracterização físico-química da mucilagem de inhame liofilizada. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 5, p. 973-979, 2011.

YOSHIMURA, M., TAKAYA, T., & NISHINARI, K. Effect of xyloglucan on the gelatinization and retrogradation of corn starch as studied by rheology and differential scanning calorimetry. **Food Hydrocolloids**, n. 13, p. 101-111, 1999.

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

**ARTIGO 1 - MUCILAGEM DE TARO EM PÃO FRANCÊS PRÉ-ASSADO E
CONGELADO: CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS E SENSORIAS EM FUNÇÃO
DO TEMPO DE CONGELAMENTO**

**Camila Teodoro Rezende Picinin*, Raul Antônio Viana Madeira, Jéssica Guimarães,
Joelma Pereira**

**Laboratório de Grãos, Raízes e Tubérculos, Departamento de Ciência dos
Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, 37200-900,
Lavras, Minas Gerais, Brasil**

***E-mail: camilatrezende@gmail.com.br**

ARTIGO FORMATADO DE ACORDO COM A NBR 6022 (ABNT, 2018).

RESUMO

Com o intuito de amenizar os problemas causados pelo congelamento do pão francês e proporcionar ao consumidor um produto com características sensoriais e de qualidade aceitáveis, presume-se que a adição de mucilagem de taro liofilizada no pão francês pré-assado resulte em melhor distribuição dos alvéolos, o que melhora a textura da massa e ameniza alguns dos problemas causados pelo congelamento, como diminuição de volume, aparecimento de *flaking*, o que, conseqüentemente, aumenta a aceitação do produto no mercado. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do uso da mucilagem de taro liofilizada em pães franceses pré-assados congelados, observando as características de qualidade e sensoriais durante sessenta dias de armazenamento sob congelamento. Os pães foram fabricados com 0,73% de mucilagem de taro liofilizada, pré-assados, ultracongelados e, em seguida, armazenados em freezer. Foram elaborados pães tipo francês compreendendo dois tratamentos: pão francês sem mucilagem de taro (PFSMT) e pão francês com mucilagem de taro (PFCMT), pré-assados e congelados durante 60 dias. Nos dias 1, 7, 15, 30 e 60 de armazenamento sob congelamento completou-se o assamento e as análises foram realizadas com os pães já frios. Os pães não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) com relação à umidade, proteína, fibra bruta, cinzas e fração glicídica. Obteve-se diferença significativa ($p < 0,05$) no percentual de extrato etéreo, sendo o valor mais baixo encontrado no PFCMT. O uso da mucilagem e o tempo de armazenamento (dias) não interferiram no peso dos pães. Em relação às variáveis volume e volume específico, pôde-se verificar interação entre tratamento e tempo de armazenamento congelado, com queda no volume em ambos os tratamentos. Os pães tiveram decréscimo na mucilagem com o passar dos dias armazenados sob congelamento. Considerando a atividade de água, pôde-se constatar pela ANOVA que não existiu relação de dependência entre o tratamento e os tempos de armazenamento congelado, pois a interação não foi significativa. O uso da mucilagem de taro não interferiu na resistência à compressão, porém, à medida que o tempo de armazenamento aumentava, o coeficiente de consistência também, ou seja, o miolo ficava mais resistente. Com relação às medidas da crosta e do miolo, não houve diferença significativa entre os resultados dos dois tratamentos. As imagens demonstraram que o PFSMT, além de apresentar maior quantidade de alvéolos, parecem ser maiores em relação ao tamanho que no PFCMT. Não houve aparecimento de *flaking* em nenhum dos pães dos dois tratamentos. Na análise sensorial, os resultados mostraram que os pães não tiveram diferença significativa com relação ao sabor e textura ($p > 0,05$), enquanto, nos atributos aparência e impressão global, diferiram significativamente ($p < 0,05$). Pelo resultado do teste de intenção de compra, as notas mostraram que os participantes provavelmente comprariam os dois tipos de pães, independente do tempo de armazenamento analisado. Concluiu-se que a mucilagem de taro liofilizada pode ser utilizada na quantidade de 0,73%, em relação ao peso total da farinha de trigo, sem alterações nas características tecnológicas e de qualidade de pães franceses pré-assados armazenados sob congelamento por até trinta dias.

Palavras-chave: *Colocasia esculenta*. Panificação. Congelamento. Emulsificante natural. Vida de prateleira. Atributos sensoriais.

ABSTRACT

In order to alleviate the problems caused by the freezing of French bread and to provide the consumer with a product with acceptable sensory and quality characteristics, it is assumed that the addition of lyophilized taro mucilage to pre-baked French bread will result in a better distribution of the alveoli, which improves the texture of the dough and alleviates some of the problems caused by freezing, such as decreased volume, the appearance of flaking, which consequently increases the acceptance of the product in the market. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of using lyophilized taro mucilage in frozen pre-baked French breads, observing the quality and sensory characteristics during sixty days of freezing storage. The breads were made with 0.73% lyophilized taro mucilage, pre-baked, ultra-frozen and then stored in a freezer. French-style breads were prepared comprising two treatments: French bread without taro mucilage (PFSMT) and French bread with taro mucilage (PFCMT), pre-baked and frozen for 60 days. On days 1, 7, 15, 30 and 60 of storage under freezing the baking was completed and the analyzes were performed with the breads already cold. The breads did not show significant differences ($p > 0.05$) with respect to moisture, protein, crude fiber, ash and glycidic fraction. There was a significant difference ($p < 0.05$) in the percentage of ether extract, with the lowest value found in the PFCMT. The use of mucilage and the storage time (days) did not affect the weight of the bread. Regarding the variables volume and specific volume, it was possible to verify interaction between treatment and frozen storage time, with a decrease in volume in both treatments. The loaves had a decrease in mucilage over the days stored under freezing. Considering the water activity, it was possible to verify by ANOVA that there was no dependence relationship between the treatment and the frozen storage times, as the interaction was not significant. The use of taro mucilage did not interfere and the resistance to compression, however as the storage time increases, the consistency coefficient also increases, that is, the crumb becomes more resistant. Regarding the crust and crumb measurements, there was no significant difference between the results of the two treatments. The images demonstrated that the PFSMT, in addition to having a greater number of alveoli, they seem to be larger in relation to the size than in the PFCMT. There was no flaking in any of the breads of the two treatments. In the sensory analysis, the results showed that the breads did not have a significant difference in terms of taste and texture ($p > 0.05$), while in the appearance and overall impression attributes they differed significantly ($p < 0.05$). By the result of the purchase intention test, the notes showed that the participants would probably buy both types of bread, regardless of the storage time analyzed. It was concluded that lyophilized taro mucilage can be used in the amount of 0.73% in relation to the total weight of the wheat flour without changes in the technological and quality characteristics of pre-baked French breads stored under freezing for up to thirty days.

Keywords: Colocasia esculenta. Bread making. Freezing. Natural emulsifier. Shelf Life. Sensory attributes.

1 INTRODUÇÃO

O pão francês é um dos preferidos pelos consumidores, no entanto esse tipo de pão é um produto com prazo de validade muito curto, por ser um produto artesanal, não industrializado. No mercado de panificação, buscaram-se processos de produção, conservação e distribuição do pão francês que mantenham suas características físico-químicas, sensoriais e nutricionais, proporcionando-lhes o máximo de vida de prateleira e evitando quaisquer alterações indesejáveis.

No setor de panificação, o pão congelado representa uma das principais inovações desse segmento. Dentre os pontos positivos que a panificação congelada proporciona é economia nos custos, já que requer poucos tipos de equipamentos na unidade de comercialização, além de reduzir a perda de matéria-prima, além de permitir que o consumidor tenha o pão quente nos horários em que deseja (PITLAK BAKERY SOLUTIONS, 2020).

No entanto alterações na qualidade do pão congelado podem ocorrer pelo crescimento de cristais de gelo, durante o tempo de armazenamento, que danificam a estrutura do miolo, alterando algumas características. Segundo Almeida (2011), a perda de peso, a redução do volume específico, o encolhimento da estrutura, assim como o aparecimento de *flaking*, que é a separação entre a crosta e o miolo, são os principais defeitos em pães congelados.

Contudo, para tentar evitar o surgimento dos defeitos comuns dos pães congelados, os hidrocolóides podem ser usados nos produtos de panificação. Hidrocolóides são capazes de solubilizar ou inchar em sistemas aquosos, fornecendo características de viscosidade (NAGATA, ANDRADE e PEREIRA, 2014). Como exemplo de hidrocoloide, tem-se a mucilagem de taro que tem propriedades de viscosidade e de emulsão que possibilitam ampla aplicação. A viscosidade de seu gel torna possível espessar e modificar a textura do alimento (TAVARES et al. 2011). Entretanto muitos emulsificantes alteram características sensoriais do pão francês que, em decorrência, afetam a aceitação pelo consumidor, o que talvez não aconteça com a mucilagem de taro.

O objetivo deste trabalho foi estudar a influência da adição de mucilagem de taro liofilizada e o tempo de armazenamento sob congelamento nas características tecnológicas, sensoriais e de qualidade do pão francês pré-assado por até sessenta dias.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Grãos, Raízes e Tubérculos do Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). As análises e o armazenamento dos pães foram realizados na UFLA, enquanto a fabricação dos pães foi realizada na empresa Jeito Caseiro Alimentos, também, na cidade de Lavras.

A farinha de trigo utilizada foi cedida pela empresa onde os pães foram desenvolvidos.

O taro foi obtido no mercado local, e sua mucilagem extraída conforme instruções de Andrade, Nunes, & Pereira (2015). Posteriormente, a mucilagem foi liofilizada por, aproximadamente, 72 horas, no liofilizador da marca Edwards do Brasil. Após liofilização, o material foi macerado em almofariz com pistilo, homogeneizado e mantido em dessecador com sílica até o momento do uso.

Para a mucilagem de taro liofilizada utilizada neste estudo, foi considerada a composição centesimal realizada por Andrade (2016) (TABELA 1):

Os demais ingredientes foram comprados no comércio local, observando o prazo de validade e o seu armazenamento correto.

Tabela 1 - Componentes químicos da mucilagem de taro na matéria seca.

| Componentes | Quantidade (g 100g⁻¹) |
|--------------------|---|
| Umidade | 12,70 |
| Extrato etéreo | 0,29 |
| Proteína bruta | 47,38 |
| Fibra bruta | 0,03 |
| Cinzas | 13,34 |
| Fração glicídica | 38,96 |

Fonte: Andrade (2016).

A análise sensorial foi realizada após aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), que tem como número do parecer: 2.843.202 e data da relatoria: 24/08/2018, conforme parecer consubstanciado do CEP (ANEXO A).

Antes de participar da pesquisa, todos os voluntários assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (ANEXO B).

2.1 Fabricação dos pães

Foram elaborados pães tipo francês de 50 g para os dois tratamentos. O tratamento controle, sem adição de mucilagem, teve a adição de 2% de gordura hidrogenada, enquanto, no tratamento com adição de mucilagem, adicionou-se 0,73% da mesma e 1,58 % de gordura hidrogenada, segundo Nagata, Andrade & Pereira (2014) conforme a Tabela 2.

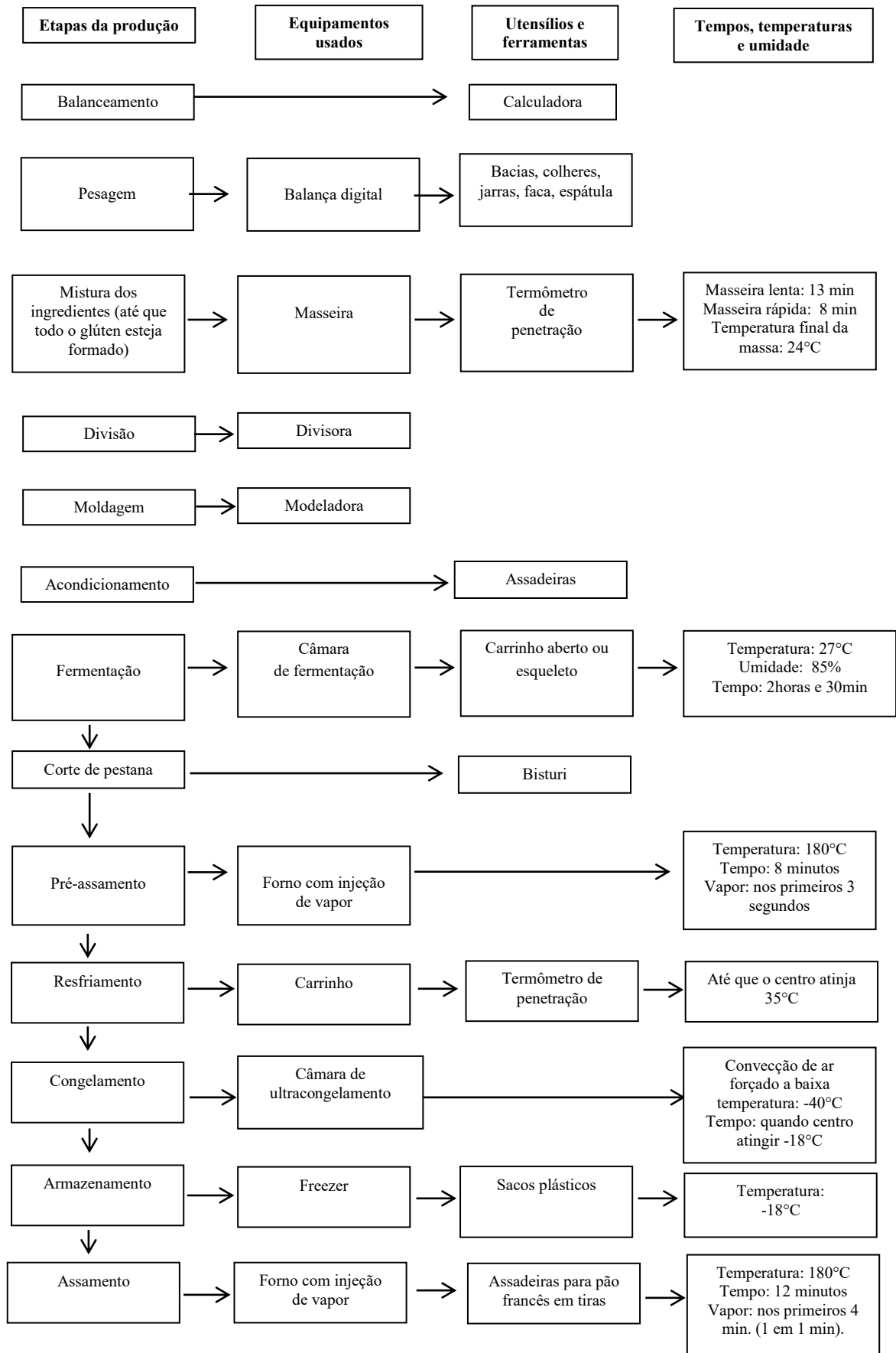
Tabela 2 - Formulação dos pães tipo francês.

| Ingredientes | Quantidade (%) | |
|-------------------------------|----------------|---------------|
| | Sem mucilagem | Com mucilagem |
| Fermento biológico fresco | 3,00 | 3,00 |
| Sal | 2,00 | 2,00 |
| Água potável (8°C) | 60,00 | 60,00 |
| Farinha de trigo | 100,00 | 100,00 |
| Gordura hidrogenada | 2,00 | 1,58 |
| Mucilagem de taro liofilizada | - | 0,73 |

Fonte: Do autor (2018).

Foi realizada substituição de gordura, em razão das características químicas da mucilagem de taro serem compatíveis com as características desse ingrediente.

A fabricação foi realizada de acordo com o fluxograma a seguir:



Fonte: Do autor (2019).

Após os dias de armazenamento congelado, o pão foi recozido em forno combinado da marca Prática Technicook a 180°C por 12 minutos; os primeiros quatro minutos com injeção de vapor intenso e o restante do tempo sem vapor (ALMEIDA & CHANG, 2014). Esperou-se uma hora e meia para resfriar os pães e só após o centro do pão atingir a temperatura de 30°C, medida com termômetro de penetração, foi que se deu início às análises físico-químicas.

2.2 Delineamento experimental

Os tratamentos foram arranjos em delineamento inteiramente casualizado com três repetições, em esquema fatorial 2 x 5 contendo dois tratamentos (fator 1) e cinco tempos de armazenamento (fator 2). Os tratamentos foram: um tratamento controle sem adição de mucilagem de taro liofilizada - denominada daqui por diante simplesmente de “mucilagem de taro” e com adição de 2% de gordura hidrogenada - e um tratamento com adição de mucilagem de taro liofilizada (0,73%) e gordura hidrogenada (1,58%). Os tempos de armazenamento foram: 1, 7, 15, 30 e 60 dias.

De acordo com Pimentel-Gomes (2009), quando se tem variável quantitativa, usa-se a técnica de regressão para explicar tal fenômeno. Como tempo é considerado uma variável quantitativa com mais de dois fatores, então ajustou-se uma regressão para expressar o comportamento dos tratamentos. Além disso, tem-se que X_i é o valor do tempo nos dias 1, 7, 15, 30 e 60 e Y_{ij} é a observação do efeito de cada tratamento i na repetição j , então, buscou-se uma relação da função de Y em função de X , ou seja, $Y_{ij} = f(X_i)$, em que $f(X_i)$ pode ser uma regressão linear ou polinomial.

2.3 Análises físico-químicas dos pães franceses

2.3.1 Composição centesimal

A umidade das amostras foi feita por método gravimétrico, com pré-secagem em estufa (Mod. 320-SE, Datamed, Brasil), a 65°C, durante 24 horas e posterior secagem a 105°C até peso constante (Association of Official Analytical Chemists- AOAC, 2000).

O extrato etéreo foi obtido por extração contínua em aparelho tipo Soxhlet (TE-044, Tecnal, Brasil), usando éter etílico como extrator, segundo método 920.39 (AOAC, 2000).

A matéria mineral foi determinada, com base na perda de peso da amostra, após ser submetida à calcinação em mufla (Mufla, FornusMagnu's, Brasil) a 550°C, seguindo-se de resfriamento em dessecador, por uma hora, de acordo com método 923.03 (AOAC, 2000).

A percentagem de proteína foi determinada pelo método de microKjeldahl, com digestão, destilação e titulação final com resolução da percentagem de nitrogênio da amostra (método 960.52), utilizando 6,25 como fator de conversão (AOAC, 2000).

O conteúdo de fibra bruta foi obtido pelo método gravimétrico, após digestão, filtragem e secagem do precipitado (BRASIL, 2005).

A fração glicídica foi determinada por diferença, de acordo com o método da AOAC (2000), segundo a Equação 1:

$$\%FG = 100 - (U + EE + P + F + C) \quad (1)$$

Sendo FG = fração glicídica (%); U = umidade (%); EE = extrato etéreo (%); P = proteína (%); F = fibra bruta (%); C = cinzas (%). O resultado foi expresso em (g. 100g⁻¹) de fração glicídica na matéria seca.

Para o cálculo do valor calórico, foram utilizados fatores de conversão de Atwater, conforme metodologia de Osborne & Voogt (1978), em que 4 kcal/g para proteínas, 4 kcal/g para carboidratos e 9 kcal/g para lipídios. O resultado foi expresso em k/cal baseado na Equação 2:

$$VC = (\% \text{ proteína} \times 4) + (\% \text{ extrato etéreo} \times 9) + (\% \text{ carboidratos} \times 4) \quad (2)$$

Os resultados para composição centesimal foram expressos em g 100g⁻¹ base seca.

2.3.2 Volume

Os pães foram pesados, e o volume (cm³) foi medido, colocando-se grãos de painço em um recipiente de volume conhecido. A seguir, o recipiente foi esvaziado e colocada a amostra de pão francês no seu interior. Novamente os grãos foram colocados dentro do recipiente que já continha o pão. O excesso de grãos de painço foi medido, em uma proveta graduada, conforme GRISWOLD (1972). O resultado foi expresso em cm³ g⁻¹.

2.3.3 Volume específico

O volume específico, expresso em $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$, foi calculado pela divisão entre o volume (cm^3) e o peso (g) das amostras (GRISWOLD, 1972).

2.3.4 Densidade

A densidade, expressa em g cm^{-3} , foi determinada pela razão entre o peso (g) e o volume (cm^3) dos pães confeccionados.

2.3.5 Relação altura (A) e comprimento (B)

A relação A/B foi medida pela divisão entre altura (A) em milímetros (mm) e o comprimento (B) também em milímetros e foram realizadas com o auxílio de um paquímetro digital, marca Marberg, modelo 200MM-8.

2.3.6 Cor

A análise da cor dos pães franceses foi baseada na metodologia proposta por Gennadios et al. (1996). As amostras foram analisadas nos dias 1, 7, 15, 30 e 60 após a fabricação e congelamento. Foi utilizado o sistema $L^*a^*b^*$, por meio de colorímetro Konica Minolta, modelo Color Reader CR-10 (Japão), por refletância, para concluir sobre a interferência do tratamento na coloração do produto final. Os parâmetros de cor, medidos em relação à placa branca ($L= 92,4$; $a= 0,3162$; $b=0,3326$), foram: L - claridade (0= cor preta a 100 = cor branca); a = variando da cor verde (-60,0) à vermelha (+60,0) e b= variando da cor azul (-60,0) à amarela (+60,0). O cálculo para expressar a diferença de cor foi realizado por meio da Equação 3.

$$\text{Equação 3: } \Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0,5} \quad (3)$$

em que:

ΔE^* = valor para diferença de cor;

ΔL = diferença entre a leitura L^* do padrão e a leitura L^* da amostra;

Δa^* = diferença entre a leitura a^* do padrão e a leitura a^* da amostra;

Δb^* = diferença entre a leitura b^* do padrão e a leitura b^* da amostra.

2.3.7 Atividade de água

A atividade de água dos pães foi determinada utilizando o aparelho Aqualab Model Series 3TE, Braseq, USA, na temperatura média de 25°C. No recipiente coletor de amostra do aparelho, foram colocados pedaços pequenos do pão, de maneira que a amostra fosse representada tanto por parte do miolo quanto da casca do pão. A quantidade de amostra foi suficiente para encher o recipiente do aparelho.

2.3.8 Resistência à compressão

A textura foi determinada em analisador de textura Stable Micro Systems TA XT^{plus} utilizando-se um probe cilíndrico de 36 mm de diâmetro, com compressão de 40 % e registro da resistência máxima à compressão. Avaliou-se o perfil de textura relacionado à resistência à compressão e coeficiente de consistência.

Os pães franceses foram cortados em fatias de 2,5 cm de largura e realizou-se, imediatamente, a análise no miolo dos pães, para evitar o ressecamento da crosta e do miolo. As velocidades de teste utilizadas foram: pré-teste 1.0 mm/s; teste 1.7 mm/s e pós-teste 10.0 mm/s. O parâmetro de textura do teste de compressão utilizado foi força (resultado expresso em Newton (N)). Cada tratamento foi analisado com quatro repetições, e a probe do aparelho comprimiu o centro de cada fatia.

2.3.9 Medidas da crosta e do miolo

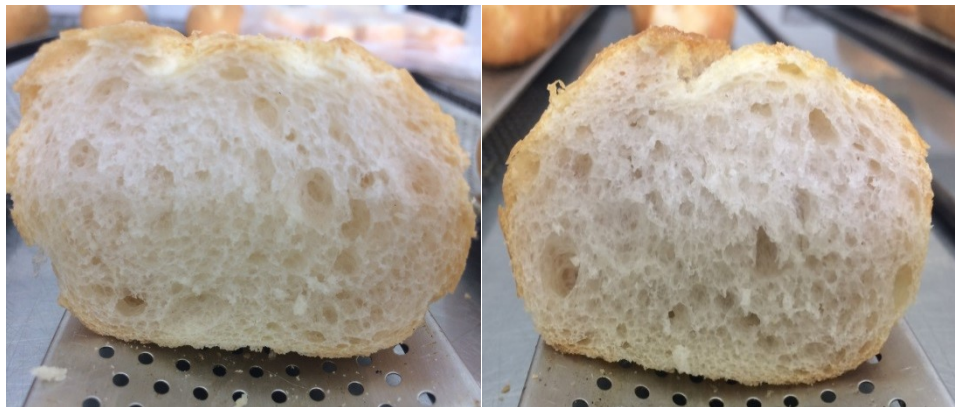
A espessura (mm) da crosta e as medidas do miolo foram realizadas com o auxílio de um paquímetro digital modelo 200MM-8, marca Marberg (China). Foram medidas tanto a crosta que fica na parte exterior do lado de cima dos pães (crosta superior) quanto a crosta que fica na parte externa inferior dos pães (lastro).

2.3.10 Características alveolares

Foram determinadas as características alveolares: área (mm²) e perímetro (mm), analisando-se assim a porosidade do pão. Foram preparadas fatias de 2,5 cm do meio do pão (FIGURA 1), as imagens foram capturadas em scanner da marca HP deskjet modelo 3040 e

salvas no computador. As imagens obtidas foram preparadas utilizando-se o software de imagens Image-Pro Plus 4.5, Media Cybernetics, Inc. (USA) (ESTELLER; LANNES, 2005). Essas imagens foram abertas no software Image J, em que se criaram imagens em escala de cinza, para que, assim, a proporção de pontos claros e escuros pudesse ser usada como um indicador da porosidade estimada do pão, conforme procedimento de WILDERJANS et al. (2008).

Figura 1 - Fatia do pão francês sem mucilagem de taro (à esquerda) e fatia do pão francês com mucilagem de taro (à direita) antes de serem escaneadas.



Fonte: Do autor (2018).

2.3.11 Aparecimento de flaking

Foi observado visualmente se houve ou não o aparecimento de *flaking* nos pães, sendo que *flaking* é o desprendimento entre a casca e o miolo do pão.

Figura 2 - Exemplo de pão francês com *flaking*.



Fonte: Do autor (2019).

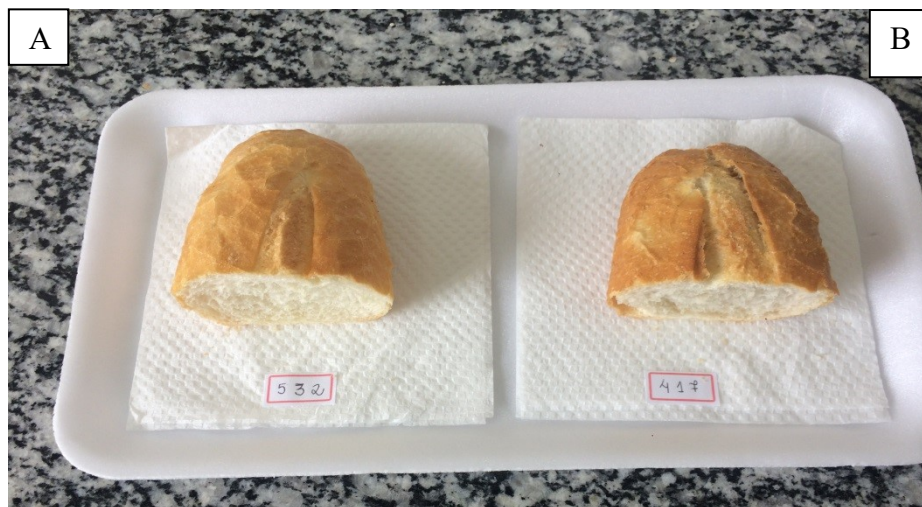
2.3.12 Análise sensorial

A análise sensorial dos pães franceses foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Ciência dos Alimentos, da UFLA, nos tempos 1, 7, 30 e 60 dias de armazenamento congelado. O teste foi realizado em cabines individuais sob luz branca, com ventilação adequada e a temperatura do laboratório fixada em 23°C. As amostras foram codificadas com números de três dígitos extraídos de uma tabela de números aleatórios.

Realizou-se a análise sensorial, nos dias 1, 7, 30 e 60 de armazenamento sob congelamento; em cada dia analisado, teve participação de 100 provadores não treinados, sendo diferentes provadores em cada dia, os quais avaliaram as amostras do PFSMT e do PFCMT em cada dia.

Primeiramente os provadores receberam uma bandeja que continha metades do pão sem mucilagem e do pão com mucilagem (FIGURA 3).

Figura 3 - Bandeja montada para a realização da etapa visual com relação ao aparecimento de *flaking* nas amostras de pão, sendo a imagem da esquerda (A) referente ao PFSMT e a imagem da direita (B) referente ao PFCMT.



Fonte: Do autor (2018).

Após serem instruídos sobre a definição de *flaking*, os participantes responderam ao questionário (FIGURA 4) sobre a presença ou não desse defeito nas amostras. Essa primeira etapa foi analisada visualmente pelos provadores.

Figura 4 - Ficha de avaliação sobre presença de *flaking* nas amostras de pães franceses sem e com adição de mucilagem de taro liofilizada pré-assados e congelados antes do assamento complementar.

FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL

Nome: _____ Data: _____ Sexo: () F () M
 Faixa etária: () 18 a 25 anos; () 26 a 45 anos; () 46 a 60 anos; () mais que 60 anos.

Você consome pão francês? () Sim () Não
 Se consome, qual a frequência do seu consumo? () 2 vezes por dia () 1 vez por dia () 3 vezes por semana
 () 1 vez por semana () Raramente

1- Analise visualmente as amostras e observe se há presença de flaking, que é o espaçamento entre a casca e o miolo.

2- Se ambas as respostas forem sim, qual amostra apresenta mais flaking?

| Nº da Amostra | Sim | Não | Nº da Amostra |
|---------------|--------------------------|--------------------------|---------------|
| _____ | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | _____ |
| _____ | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |

Fonte: Do autor (2018).

Posteriormente retirou-se a primeira bandeja e colocou-se outra que continha uma fatia do pão sem mucilagem e uma fatia do pão com mucilagem de taro liofilizada. As amostras estavam sobre guardanapos codificados com três números, à temperatura ambiente. Nessa etapa, os provadores fizeram a análise sensorial, por meio de degustação e responderam ao questionário (FIGURA 5) com o teste de aceitação realizado sobre os atributos de aparência, textura, sabor e impressão global, usando a escala hedônica de 9 pontos, sendo 1 = desgostei extremamente e 9 = gostei extremamente (STONE; SIDEL, 1993); e ainda com relação à intenção de compra, na qual a escala era de 1 a 5 pontos (5 = certamente compraria e 1 = certamente não compraria). Os participantes foram instruídos sobre o uso da escala hedônica e receberam água suficiente para enxaguar o palato entre uma amostra e outra.

Para o cálculo do Índice de Aceitabilidade (I.A) de cada preparação, foi utilizada a seguinte expressão (TEIXEIRA et al., 1987):

$$IA (\%) = A \times 100/B,$$

em que: A = nota média obtida para o produto; B = nota máxima dada ao produto.

Figura 5 - Ficha com escala hedônica para a realização do teste de aceitação e intenção de compra dos pães sem e com mucilagem de taro liofilizada, pré-assados e armazenados congelados antes do assamento complementar.

Avalie as amostras da esquerda para a direita e indique, utilizando a escala abaixo, o quanto você gostou ou desgostou, na seguinte ordem, aparência, textura, sabor e impressão global das amostras de pão francês.

| | | | | | |
|------------------------------|---------|-----------|---------|-------|-----------|
| 9 – Gostei extremamente | Nº da | Nota | Nota | Nota | Impressão |
| 8 – Gostei muito | Amostra | Aparência | Textura | Sabor | Global |
| 7 – Gostei moderadamente | | | | | |
| 6 – Gostei ligeiramente | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| 5 – Nem gostei/Nem desgostei | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| 4 – Desgostei ligeiramente | | | | | |
| 3 – Desgostei moderadamente | | | | | |
| 2 – Desgostei muito | | | | | |
| 1 – Desgostei extremamente | | | | | |

Comentários: _____

Agora, utilizando a escala abaixo, indique a sua intenção de compra com relação ao produto.

| | | |
|---------------------------------|---------|-------------|
| 5 – Certamente compraria | Nº da | Intenção de |
| 4 – Provavelmente compraria | Amostra | compra |
| 3 – Não sei | _____ | _____ |
| 2 – Provavelmente não compraria | _____ | _____ |
| 1 – Certamente não compraria | | |

Fonte: Do autor (2018).

2.4 Análise estatística

Os dados foram analisados, por meio de análise de variância (ANOVA), considerando o nível de significância de 5%. Ao avaliar que o experimento é um fatorial, os desdobramentos das interações entre os fatores significativos foram analisados, usando teste de Tukey para as variáveis qualitativas (tratamentos) e regressão para as variáveis quantitativas (tempos). Todas as análises foram feitas utilizando o software R Core Team (2019). Os modelos estatísticos foram escolhidos, de acordo com a significância dos coeficientes de regressão, pelo teste t a 5% e de determinação (R²).

Na análise sensorial, os conjuntos de dados de aceitação foram organizados em uma matriz de i linhas (amostras) e colunas j (consumidores) para cada atributo. A análise de variância (ANOVA) foi realizada para cada atributo.

Para a análise de dados, utilizou-se o programa estatístico SensoMaker, versão 1.91, UFLA, Lavras - Brasil (NUNES; PINHEIRO, 2013; PINHEIRO; NUNES; VIETORIS, 2013).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Composição centesimal

Na Tabela 3, encontram-se a composição centesimal e o valor calórico dos dois tratamentos para os pães franceses estudados.

Tabela 3 - Valores médios¹ da composição centesimal e valor calórico (base seca) do pão francês pré-assado congelado sem mucilagem de taro (PFSMT) e do pão francês pré-assado congelado com mucilagem de taro (PFCMT), após assamento, em função dos dias de armazenamento congelado.

| Tratamentos | Umidade | Extrato etéreo | Proteína | Fibra Bruta | Cinzas | Fração Glicídica | Valor calórico |
|--------------------|--------------------|--------------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|---------------------|
| | | g 100g ⁻¹ MS ² | | | | | Kcal |
| PFSMT ³ | 27,32 ^a | 0,92 ^b | 14,06 ^a | 1,98 ^a | 3,01 ^a | 52,71 ^a | 275,36 ^a |
| PFCMT ⁴ | 27,89 ^a | 0,76 ^a | 12,95 ^a | 2,13 ^a | 3,23 ^a | 53,04 ^a | 270,80 ^a |

Legenda: ¹ médias de três repetições. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F ($p > 0,05$); ² MS = matéria seca; ³ pão francês sem mucilagem de taro; ⁴ pão francês com mucilagem de taro.

Fonte: Do Autor (2019).

Os pães com mucilagem de taro (PFCMT) e os pães sem mucilagem de taro (PFSMT) não apresentaram diferença significativa com relação à umidade. A umidade observada tanto no PFSMT quanto no PFCMT aproxima-se das médias que são geralmente observadas no tradicional pão francês que é em torno de 30 % (BORGES et al., 2011; GUSMÃO et al., 2017), no entanto valores mais altos foram citados por outros autores, para pão francês pré-assado e congelado, assim como Carr et al. (2006) que, ao avaliarem a umidade do pão francês pré-assado e congelado por sete dias, obtiveram valores entre 32,22%, no primeiro dia e 34,36% no sétimo dia. Já Matsuda (2008) verificou, nesse tipo de pão, também pré-assado e congelado, umidade de 37,8 % no primeiro dia após o congelamento e 36,2 % no 46º dia de armazenamento, após assamento final. Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (2000), o valor máximo para a umidade do pão francês tradicional é de 38 g a cada 100 g, portanto os pães estudados estão com o fator de umidade na faixa estabelecida pela legislação.

Obteve-se diferença significativa, no percentual de extrato etéreo, sendo o valor mais baixo encontrado no PFCMT. Esse conteúdo menor de lipídios (0,76 %) no PFCMT deve-se à substituição da gordura hidrogenada por mucilagem de taro liofilizada em sua formulação, resultando na diminuição de 17,4% de lipídios nos PFCMT em relação ao PFSMT. Fernandes e Salas-Mellado (2017) analisaram pão francês com substituição de gordura por mucilagem

de chia em diferentes proporções e tiveram resultados parecidos com este estudo, em que, à medida que diminuíram a quantidade de gordura e aumentavam o percentual de mucilagem nas formulações, os valores do extrato etéreo caíram. Situação parecida foi encontrada, também, por Nagata et al. (2014), ao estudarem a substituição de gordura vegetal hidrogenada por mucilagem de taro liofilizada em pão de forma. Eles observaram valores mais baixos de extrato etéreo, concluindo que os níveis ótimos de mucilagem de taro liofilizada e gordura vegetal hidrogenada, na formulação de pão de forma, foram de $0,73 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ e $1,58 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, respectivamente. O pão resultante teve boa qualidade sensorial, física e nutricional; volume específico e textura e conteúdo calórico reduzido.

Com relação à proteína, não se obteve diferença significativa entre os dois tratamentos, sendo que os valores encontrados estão acima daqueles analisados por Melo et al. (2007), cujos valores variaram de 9,1 % a 11,1 % e Teixeira et al. (2016) que observaram quantidades de proteína entre 7,40 % a 7,63 %. E, ainda, ao se comparar os valores referenciados neste trabalho com os citados na Tabela de Composição de Alimentos - TACO (2011) para pão francês. Observa-se, na TACO, valor menor de proteína com $8,0 \text{ g } 100^{-1}$.

Não se observou diferença significativa entre os tratamentos com relação à quantidade de fibra bruta. Segundo Oliveira, Pirozi e Borges (2007), o pão francês possui teor de fibra bruta de 2,3 %, valor bem próximo ao obtido neste estudo.

Quanto ao teor de cinzas, verifica-se que não houve diferença estatística entre os pães. Observa-se que os valores de cinzas representam o teor de minerais presentes nas amostras avaliadas e, segundo, Teixeira (2016), os valores de cinzas de pães franceses de panificadoras de Vitória da Conquista - BA variaram de 2,15 % a 2,25 %, evidenciando valores mais baixos no teor de minerais que das amostras em estudo.

Quanto à fração glicídica das amostras analisadas, não houve diferença estatística entre os pães avaliados. O valor de carboidrato referenciado na TACO (2011) é de $58,6 \text{ g } 100^{-1}$, um pouco acima dos obtidos pelo presente estudo.

O valor calórico do PFCMT foi semelhante ao do PFSMT, porque a parcela de lipídios, a qual mais contribui no valor calórico total pelo coeficiente de $9 \text{ kcal } \text{g}^{-1}$, é muito pequena quando comparada com a parcela dos carboidratos e da proteína.

Analisou-se, ainda, a umidade do PFSMT e do PFCMT, durante o tempo de armazenamento congelado e verificou-se que o fator tempo foi significativo (valor-p = 0,00613), mas os dados não se ajustaram ao modelo estatístico proposto. Observa-se que quanto maior o tempo de armazenamento congelado, antes do assamento final, maior a umidade dos pães franceses pré-assados, que teve valor médio de $23,53 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ no dia 1 e

29,99 g 100g⁻¹ no 60° dia. Além disso, verificou-se que o tratamento não foi significativo (valor-p = 0,04207), e a interação entre ambos também não foi significativa (valor-p = 0,80150). Desta forma, pode-se verificar que não existe relação entre tempo e tratamento, considerando a umidade dos pães, no decorrer do armazenamento congelado, ou seja, os efeitos são independentes.

Segundo estudo de Salinas e Puppo (2018), no pão francês e na baguete frescos, o miolo perde água constantemente, ao longo do tempo e a umidade chega a 36 % até o sétimo dia sob estocagem congelada. O valor de umidade encontrado por esses autores é mais alto que o referenciado neste estudo e isso se deve à perda de parte da umidade na etapa de pré-assamento dos pães franceses exibindo, conseqüentemente, umidade mais baixa no produto final.

3.2 Volume, peso, volume específico e densidade

Os valores médios obtidos para peso (gramas), volume (cm³), volume específico (cm³ g⁻¹) e densidade dos pães pré-assados congelados sem e com mucilagem estão apresentados na Tabela 4. Para a variável peso, não houve efeito de interação (valor-p = 0,10), ou seja, não existe relação entre o pão francês com ou sem mucilagem e o tempo armazenamento (dias). Além disso, verificou-se que o tratamento (valor-p= 0,06) e o tempo de armazenamento (dias) sob congelamento (valor-p= 0,96) não interferiu nesse atributo. Já com relação às variáveis volume (valor-p= 0,03) e volume específico (valor-p=0,01), pode-se verificar que existe interação entre tratamento e tempo de armazenamento, assim, existe a necessidade de estudar esse efeito para verificar o seu comportamento conjuntamente.

Em relação às variáveis, volume (valor-p= 0,03) e volume específico (valor-p= 0,04), pode-se verificar que houve interação entre tratamento e tempo de armazenamento. Assim, analisou-se o efeito do desdobramento (tratamento dentro de cada dia de armazenamento), pelo teste de F e o efeito dos dias dentro de cada tratamento em estudo, por meio de regressão. Para a variável densidade ocorreu a necessidade de transformação, considera-se a raiz quadrada dessa variável, tem-se efeito de interação (valor-p=0,009) entre o tempo de armazenamento e o tratamento (com ou sem mucilagem).

Tabela 4 - Valores médios¹ de peso (g), volume (cm³), volume específico (cm³ g⁻¹) e densidade (g cm⁻³) do pão francês pré-assado com mucilagem de taro (PFSMT) e do pão francês pré-assado sem mucilagem de taro (PFCMT), após assamento (180°C/12 min), em função dos dias de armazenamento sob congelamento.

| Atributo | Tratamento | Período de armazenamento (dias) | | | | |
|--|--------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | 1 | 7 | 15 | 30 | 60 |
| Peso (g) | PFSMT ² | 37,72 ^a | 38,55 ^a | 37,07 ^a | 39,41 ^a | 37,26 ^a |
| | PFCMT ³ | 38,30 ^a | 38,72 ^a | 39,67 ^a | 37,93 ^a | 39,72 ^a |
| Volume (cm ³) | PFSMT | 353,33 ^a | 310,00 ^a | 320,00 ^a | 306,67 ^a | 280,00 ^a |
| | PFCMT | 351,67 ^a | 296,67 ^a | 306,67 ^a | 278,33 ^b | 243,33 ^b |
| Volume específico (cm ³ g ⁻¹) | PFSMT | 9,38 ^a | 8,16 ^a | 8,58 ^a | 7,36 ^a | 7,64 ^a |
| | PFCMT | 9,18 ^a | 7,69 ^a | 7,79 ^a | 8,03 ^a | 6,09 ^b |
| Densidade (g cm ⁻³) | PFSMT | 0,11 ^a | 0,12 ^a | 0,12 ^a | 0,13 ^a | 0,13 ^a |
| | PFCMT | 0,11 ^a | 0,13 ^a | 0,13 ^a | 0,14 ^a | 0,16 ^b |

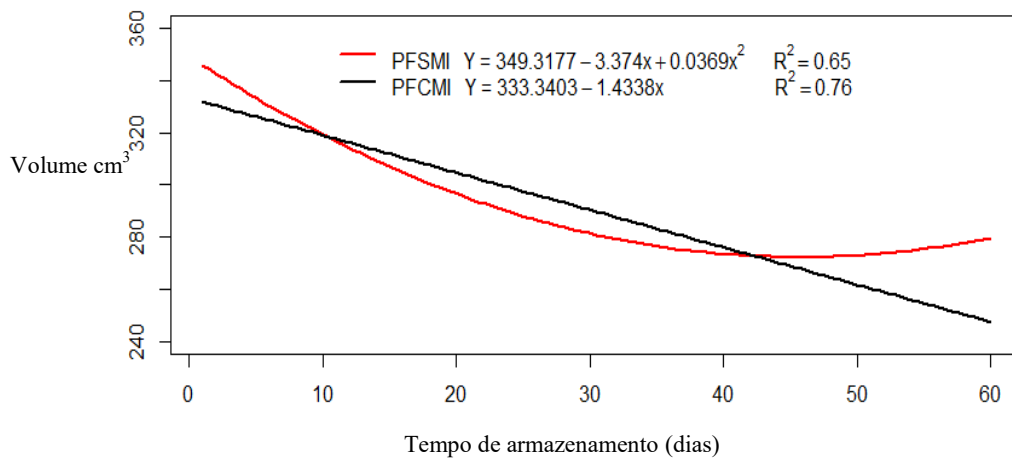
Legenda: ¹Médias de quatro repetições. ² pão francês sem mucilagem de taro; ³ pão francês com mucilagem de taro. Médias seguidas de mesma letra na coluna, dentro do mesmo atributo, não diferem entre si pelo teste F (p≥0,05).

Fonte: Do autor (2019).

Considerando a variável volume, a diferença significativa entre os dois tratamentos foi observada nos dias 30 e 60, de acordo com o teste F, sendo que as médias variaram de 278,33 cm³ no PFCMT a 306,67 cm³ no PFSMT, no 30º dia e 243,33 cm³ no PFCMT a 280,00 cm³ no PFSMT no 60º dia, após serem submetidos ao assamento final (TABELA 4).

Pela Figura 6 tem-se o comportamento dos dias dentro de cada tratamento, dessa forma, observou-se que, no tratamento com mucilagem, houve relação decrescente com relação ao tempo, pois quanto maior o tempo de armazenamento menor o volume.

Figura 6 - Estimativa do volume (cm³) do pão francês pré-assado congelado sem mucilagem de taro (PFSMT) e do pão francês pré-assado congelado com mucilagem de taro (PSCMT) após o assamento em função dos dias de armazenamento.



Fonte: Do autor (2019).

Comparando os dois tratamentos, pode-se perceber que a perda de volume do pão francês, ao longo do tempo de armazenamento, na presença de mucilagem de taro, é mais constante, em relação ao PFSMT, em que o mesmo fato ocorre, porém de maneira mais desordenada. A mucilagem de taro não evita, mas contribui para que a perda de volume seja mais gradual, talvez pelo seu efeito emulsificante.

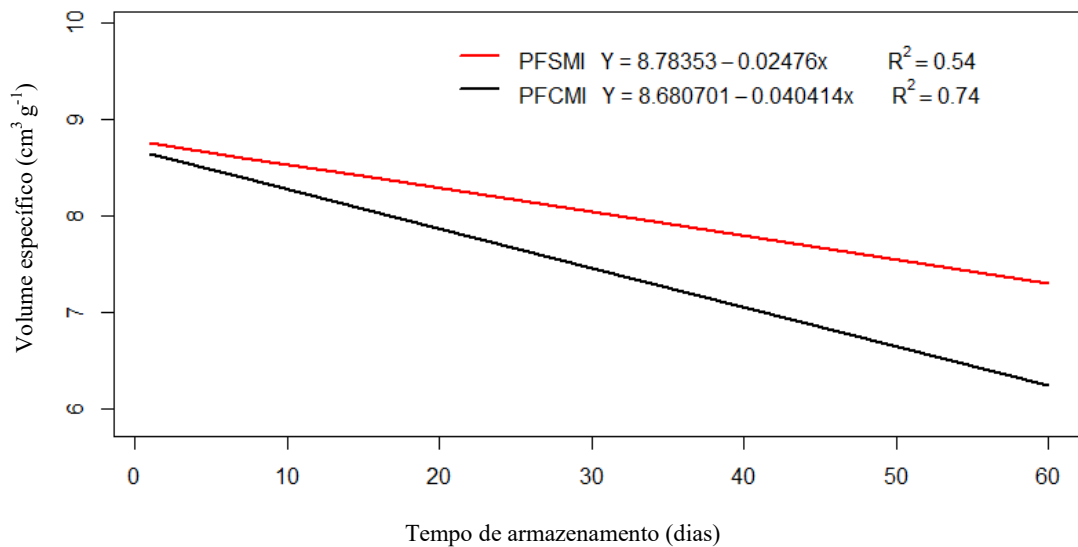
Os problemas em pães pré-assados e congelados estão relacionados com o tempo prolongado de armazenamento. Algumas alterações na estrutura e composição do pão são atribuídas, principalmente à formação e crescimento dos cristais de gelo, que causam danos à matriz de glúten e à estrutura dos grânulos de amido. A rede de glúten quando rompida retém pouco gás, reduzindo o volume do pão. Quanto mais rápido for o congelamento, menor o cristal de gelo formado e melhor será a qualidade tecnológica do pão, já que o tamanho do cristal de gelo formado é um dos principais fatores que afetam a qualidade dos alimentos, durante o congelamento, sendo esse fato um dos principais fatores que causam a redução de volume no pão congelado (CHEN et al., 2012).

Houve interação significativa (valor-p = 0,04) entre tratamentos e tempos de armazenamento para a variável volume específico (cm³). O desdobramento do tratamento dentro de cada dia de armazenamento mostrou diferença significativa (p<0,05) somente no 60º dia após a produção e congelamento (TABELA 4). Já com relação ao desdobramento dos tempos de armazenamento dentro dos tratamentos, verificou-se efeito do tempo dentro de cada tratamento (FIGURA 7). Os volumes específicos de ambos os tratamentos diminuíram com

o passar dos dias, sendo que a maior queda foi no PFCMT, conseqüentemente, pelo mesmo fato ter ocorrido no volume dos pães.

Uma hipótese do que pode ter ocorrido é que a mucilagem do taro é um material liofilizado, apesar de apresentar 12,70 g 100 g⁻¹ de umidade. Também é um material que concentra relativa quantidade de proteína. Assim, essa mucilagem presente no PFCMT pode ter absorvido a água da formulação, competindo com o amido e demais componentes da farinha. Isso não aconteceu no PFSMT, porque ele possui mais gordura que é hidrofóbica. Portanto o PFCMT teve condições de absorver mais água da formulação, formando os cristais de gelo que se desfizeram, durante o assamento complementar, diminuindo, assim, o volume e o peso dos pães e, conseqüentemente, o volume específico.

Figura 7 - Estimativa (regressão) do volume específico (cm³ g⁻¹) do pão francês pré-assado congelado sem mucilagem de taro (PFSMT) e do pão francês pré-assado congelado com mucilagem de taro (PFCMT) após o assamento em função dos dias de armazenamento.



Fonte: Do autor (2019).

Estudo realizado por Bárcenas, Benedito e Rosell (2004) mostra que o pão pré-assado, durante o armazenamento congelado, passa por mudanças e sofre efeito do congelamento, em relação ao volume específico, teor de umidade e textura. Confirmando isso, os estudos de Curic et. al. (2008) e Carr et al. (2006) mostraram que pães franceses pré-assados congelados apresentaram volume específico estatisticamente menor que pães convencionais.

Rosell e Santos (2010) verificaram que, apesar da baixa temperatura (congelamento) ser uma alternativa para estender vida útil do pão pré-assado, ela promove alterações sobre o

volume específico, a textura e o envelhecimento do pão. Os autores observaram progressiva redução do volume específico dos pães franceses, durante o primeiro mês de estocagem sob congelamento.

Resultados da pesquisa realizada por Ferreira, Watanabe e Benassi (1999) mostraram que o pão pré-assado apresentou contração de 16% no volume. Verificaram ainda que a queda no volume específico se deu, durante as primeiras 24 horas de armazenamento a -18°C e, posteriormente, o volume permaneceu praticamente inalterado por 10 dias. Essa redução do volume específico nos pães, assim como na presente pesquisa, aconteceu por diminuição do volume nos pães.

Na pesquisa de Carr e Tadini (2003), durante o armazenamento de 28 dias sob congelamento, o volume específico dos pães franceses também diminuiu, e os autores associam esse menor volume específico à cristalização de gelo que causa danos à estrutura do pão.

Além disso, em estudo realizado por Bárcenas, Benedito e Rosell (2004), foi observado maior volume específico do pão, no dia 0 de armazenamento, quando comparado com as amostras armazenadas congeladas por 42 dias. Porém, em relação ao tempo de armazenamento sob congelamento, os autores verificaram que o volume específico dos pães pré-assados, após o assamento complementar, não foi significativamente afetado pela duração do tempo de estocagem congelada. Almeida (2006) também observou que houve queda estatisticamente significativa no volume específico dos pães pré-assados congelados com 32 e 62 dias de estocagem, em relação ao dos pães convencionais, também provocada por redução do volume dos pães.

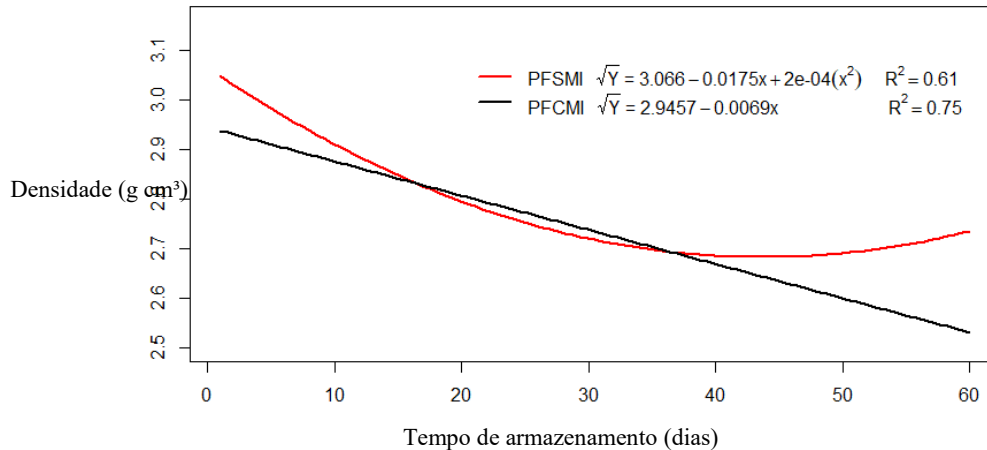
Carr e Tadini (2003) mostraram em sua pesquisa que o volume específico dos pães franceses, durante o congelamento, foi menor que no pão fresco, fato que, provavelmente, ocorreu pelos danos causados à interna do pão decorrente da formação de cristais de gelo.

Ao estudar a densidade dos pães, observou-se que existe efeito de interação (valor- $p=0,009$) entre o tempo de armazenamento e tratamento. Ao analisar os resultados da Tabela 4, observa-se que as médias da densidade foram estatisticamente iguais até o 30º dia de armazenamento sob congelamento.

Na Figura 8, pode-se visualizar o comportamento do tratamento com e sem mucilagem, de acordo com os dias de armazenamento, considerando os valores transformados para a variável densidade que é a raiz quadrada. Os pães sem mucilagem tiveram decréscimo na densidade até por volta do 44º dia de armazenamento, com certa estabilidade, seguida de pequeno aumento até o dia 60. A equação da reta para a densidade dos pães sem mucilagem

que teve melhor ajuste foi do modelo quadrático. Já os pães com mucilagem tiveram queda constante do primeiro ao último dia de estocagem, e o modelo linear foi o que melhor se ajustou aos dados obtidos.

Figura 8 - Estimativa (regressão) da densidade (g cm^3) do pão francês pré-assado congelado sem mucilagem de taro (PFSMT) e com mucilagem de taro (PFCMT), durante 60 dias armazenados, em função dos dias de armazenamento.



Fonte: Do Autor (2019).

A densidade do PFSMT diminuiu de maneira mais uniforme e constante que do PFCMT. Como o PFSMT possui maior concentração de gordura, não interfere tanto na formação de cristais de gelo. A massa do pão que pode ter sido danificada pelos cristais de gelo apresenta um máximo de dano, o que parece ter ocorrido após os 40 dias de armazenamento. E, a partir daí, o dano que resulta em menor formação de estruturas, para reter os gases da fermentação, parece se estabilizar. No PFCMT, em que aparentemente ocorre maior formação de cristais de gelo, apresenta danos maiores quanto mais o pão é armazenado sob congelamento.

A densidade do pão francês pré-assado congelado deste estudo foi bem próxima da densidade do pão fresco. Estudo conduzido por Martini, Escobar e Kaminski (2016), em que analisaram amostras de pão francês, de várias padarias no Rio Grande do Sul, foi verificado que a densidade média dos pães frescos era de $0,13 \text{ g cm}^3$.

3.3 Atividade de água (A_w)

Considerando a atividade de água, pode-se constatar que não existe relação de dependência entre o tratamento e os tempos de armazenamento, pois a interação não foi significativa (valor-p = 0,2180). O tratamento com e sem mucilagem não foi significativo pelo teste F, ou seja, as médias são estatisticamente iguais (0,8874).

As reações químicas e o desenvolvimento microbiano em alimentos estão relacionados com a água livre disponível nos alimentos, que é analisada pela A_w (PESSANHA, 2016). O mesmo autor mostrou em seu trabalho que a A_w em pão francês fresco foi de 0,97. Valor esse um pouco acima do pão francês pré-assado congelado do atual estudo, que teve média de 0,89 nos dois tratamentos, independentemente do tempo de estocagem.

Segundo Ota (2006), na etapa do pré-assamento, com o decorrer do tempo de cocção, houve redução gradativa da quantidade de moléculas de água que atingem a superfície da massa e evaporam, por isso, o pão que já foi pré-assado tende a ter menor atividade de água e, conseqüentemente, a formação de uma casca, que se torna mais espessa e rígida quanto maior for o tempo do pré-assamento.

3.4 Relação altura/comprimento (A/B)

Considerando a relação A/B dos pães franceses com ou sem mucilagem de taro pré-assados, antes do congelamento pela ANOVA, pode-se verificar que a interação (valor-p= 0,837), os tempos de armazenamento (valor-p=0,068) e os tratamentos (valor-p= 0,289) não apresentaram diferença significativa. Sendo assim considera-se que a média da relação A/B dos pães franceses com ou sem mucilagem pré-assados e congelados por 1, 7, 15, 30, 60 dias foi de 0,374.

3.5 Cor do miolo e da crosta

3.5.1 Coordenadas L^*

Os resultados da análise de cor do miolo dos pães utilizando a coordenada L^* estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Parâmetros de cor (L*) do miolo de pães franceses com (PFCMT) e sem mucilagem (PFSMT) de taro pré-assados em função do tempo de armazenamento sob congelamento¹.

| Atributo Cor | Tratamento | Período de armazenamento (dias) | | | | |
|-----------------|--------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | 1 | 7 | 15 | 30 | 60 |
| L* | PFSMT ² | 67,57 ^a | 73,47 ^a | 74,63 ^a | 71,63 ^a | 67,40 ^a |
| | PFCMT ³ | 68,23 ^a | 70,97 ^a | 68,20 ^b | 72,27 ^a | 70,70 ^a |

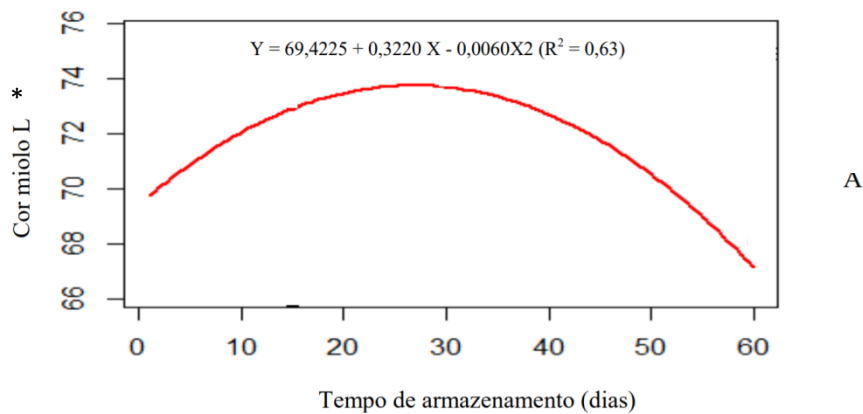
Legenda: ¹médias de quatro repetições. ²pão francês sem mucilagem de taro; ³pão francês com mucilagem de taro. Médias seguidas de mesma letra na coluna, dentro do mesmo atributo, não diferem entre si.

Fonte: Do autor (2019).

Os valores de L*, que indicam a claridade na faixa de 100 (branco ou cor clara) a 0 (preto ou cor escura), foi maior no miolo do PFSMT, nos dias 7 e 15 de armazenamento congelado, ao se comparar com o PFCMT, porém a diferença observada foi significativa entre os tratamentos apenas no dia 15 (P<0,05).

Ao analisar a cor L* com relação aos dias de armazenamento, a regressão mostrou que o miolo dos pães de ambos os tratamentos teve mais claridade até próximo o 27º dia de armazenamento os quais tenderam ao escurecimento daí em diante (FIGURA 9).

Figura 9 - Cor do miolo coordenada L* representado no decorrer dos dias de armazenamento congelado dos pães franceses com e sem mucilagem de taro.



Fonte: Do autor (2019).

Os resultados da análise de cor da crosta dos pães utilizando as coordenadas L*, a*, b* estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*) da crosta de pães franceses com (PFCMT) e sem mucilagem (PFSMT) de taro pré-assados em função do tempo de armazenamento sob congelamento¹.

| Parâmetro Cor | Tratamento | Período de armazenamento (dias) | | | | |
|------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | 1 | 7 | 15 | 30 | 60 |
| L^* | PFSMT ² | 60,70 ^a | 61,30 ^a | 62,70 ^a | 63,3 ^a | 62,4 ^a |
| | PFCMT ³ | 65,00 ^b | 62,70 ^a | 63,70 ^a | 63,4 ^a | 57,8 ^b |
| a^* | PFSMT ² | 16,80 ^a | 18,16 ^a | 17,87 ^a | 16,13 ^a | 19,07 ^a |
| | PFCMT ³ | 16,13 ^a | 16,87 ^a | 15,73 ^b | 14,53 ^a | 15,80 ^b |
| b^* | PFSMT ² | 36,43 ^a | 37,07 ^a | 38,90 ^a | 36,67 ^a | 37,67 ^a |
| | PFCMT ³ | 36,83 ^a | 38,07 ^a | 37,00 ^b | 36,70 ^a | 38,57 ^a |

Legenda: ¹médias de quatro repetições. ²pão francês sem mucilagem de taro; ³pão francês com mucilagem de taro. Médias seguidas de mesma letra na coluna, dentro do mesmo atributo, não diferem entre si.

Fonte: Do autor (2019).

Os valores de L^* , que indicam a claridade, foi maior nos pães feitos com mucilagem que naqueles sem mucilagem, exceto no dia 60 ($P < 0,05\%$). Os valores de L^* dos PFCMT diminuíram progressivamente, à medida que aumentava o tempo de armazenamento, já nos PFSMT, houve um pequeno aumento dos valores de L^* com o passar dos dias. Porém a diferença observada foi significativa entre os tratamentos apenas no dia 1 e 60 (TABELA 6).

Na Tabela 6 observa-se que houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos com relação à coordenada a^* nos dias 15 e 60. A coordenada a^* é um parâmetro importante, para o estudo de escurecimento, pois a cor marrom resultante da degradação dos açúcares (reação de caramelização) ou reações enzimáticas representam uma combinação do verde e vermelho (SANTOS et al., 2018). Um escurecimento maior é representado por um tom mais avermelhado, ou seja, maior valor de a^* , o que aconteceu nos PFSMT durante o armazenamento. Os valores de a^* do PFCMT foram menores que do PFSMT, em todos os dias analisados, o que demonstra tendência maior ao vermelho, quando não se usa a mucilagem na formulação.

Observa-se ainda na Tabela 6 que a coordenada b^* teve diferença significativa entre os dois tratamentos ($P < 0,05$) somente no dia 30.

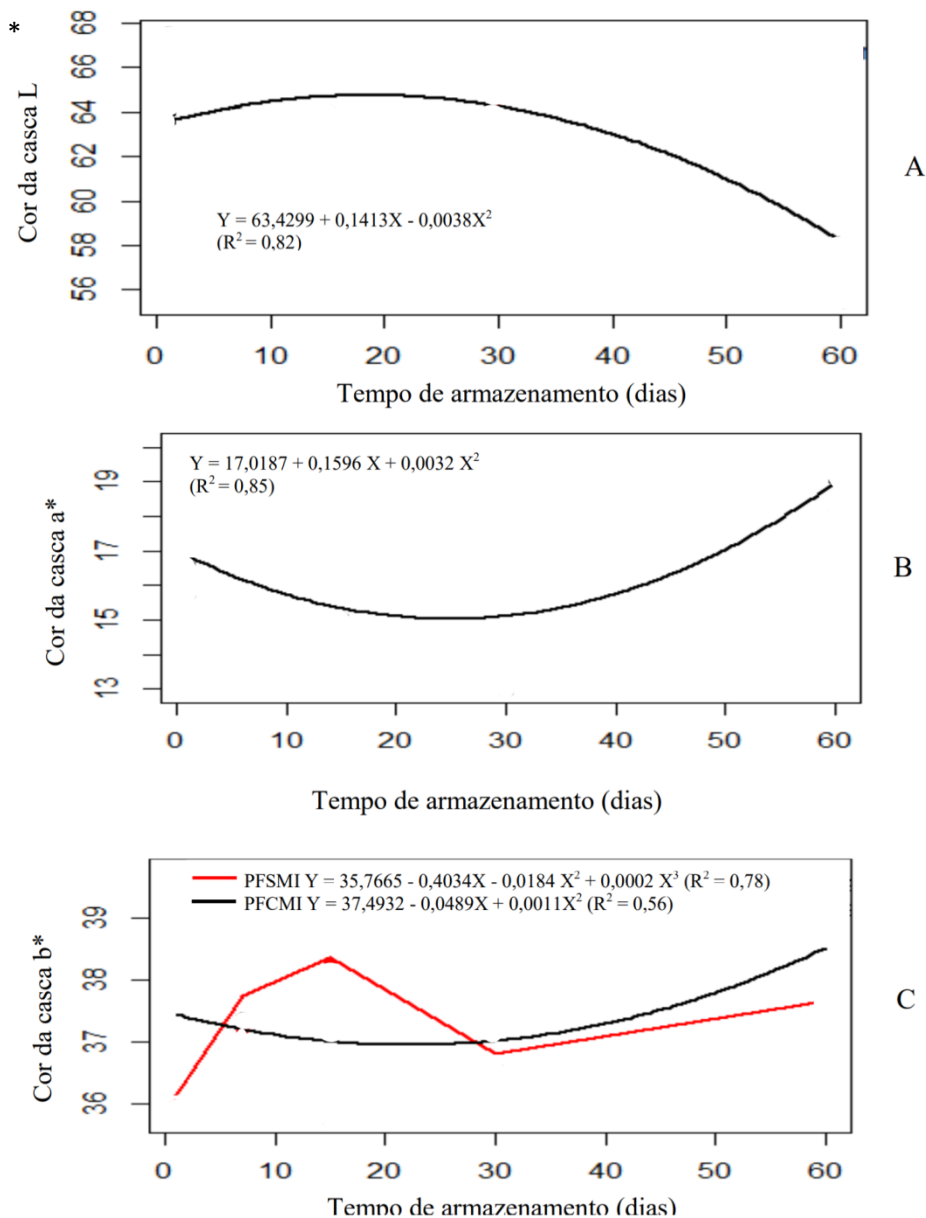
Ao analisar a claridade, com relação aos dias de armazenamento, a regressão mostrou que a crosta dos pães de ambos os tratamentos apresentou-se mais clara nos dias iniciais e depois tendeu ao escurecimento (FIGURA 10A).

Ao longo dos dias de armazenamento, foi possível observar (FIGURA 10B) que as amostras dos dois tratamentos tenderam ao tom mais avermelhado da crosta, a partir do 25º

dia, indicando que o uso de mucilagem na formulação não afetou a cor da crosta do produto final quando se refere à coordenada a*.

Na Figura 10C, é possível perceber que o ajuste linear, para o tratamento sem mucilagem, mostrou uma tendência ao amarelo com crescimento, nos primeiros dias de armazenamento, seguida de queda no valor da coordenada b* e posterior aumento até o 60º dia. Entretanto o modelo quadrático ajustado para a amostra com mucilagem demonstrou aumento mais intenso tendendo ao amarelo do dia 46 em diante. A cor da crosta das amostras do PFCMT tendeu mais ao amarelo quando comparada ao PFSMT.

Figura 10 - Cor da crosta - coordenada L*, a*, b* representado no decorrer dos dias de armazenamento congelado dos pães franceses com e sem mucilagem de taro.



Fonte: Do autor (2019).

Segundo Nagata, Andrade e Pereira (2014), a mucilagem do taro liofilizada nas quantidades testadas e o teor de gordura no pão não afetaram significativamente a claridade da crosta em pão de forma.

De acordo com CAUVAIN e YOUNG (2009), a cor da crosta resulta principalmente de reações de Maillard, na qual ocorre a temperaturas acima de 115°C. A crosta contribui para a firmeza e o sabor do produto, por isso, a formação de uma crosta satisfatória é um dos aspectos importantes do cozimento. Segundo Leuschner, O'Callaghan e Arendt (1997), foi possível estabelecer o assamento complementar do pão a temperaturas entre 200°C e 180°C.

O pão francês se caracteriza por casca crocante de cor uniforme castanho-dourada e miolo de cor branco-creme (ANVISA, 2000). Vários ingredientes têm sido utilizados em pesquisas na área de panificação, com o intuito de melhorar a qualidade tecnológica e sensorial dos pães congelados, já que são tendência no setor de panificação atual.

No pão francês congelado, pode ocorrer a descoloração da estrutura. Essa descoloração chamada snow-white (ocorrência do anel de congelamento) que surge como consequência da secagem do miolo, logo abaixo da crosta, durante o armazenamento congelado. Acontece por sublimação e difusão da umidade do centro úmido para a região de baixa umidade da crosta. Geralmente aparece depois de longo tempo no freezer (CUKELJ e NOVOTNI, 2019). Nos pães estudados, não se observou o aparecimento desse anel de congelamento.

O processo de pré-assamento do pão ocorre até o momento anterior à reação de Maillard, ou seja, durante o pré-assamento, o miolo é formado, porém a cor da crosta ainda não foi desenvolvida (BÁRCENAS e ROSELL, 2006). No segundo forneamento, após o congelamento, o objetivo é proporcionar coloração amarronzada à crosta, por meio da reação de Maillard (SLUIMER, 2005).

3.5.2 Diferença de cor (ΔE)

Os valores médios da determinação da diferença de cor (ΔE) do miolo e da casca dos pães pré-assados congelados com mucilagem de taro comparados com os pães sem mucilagem de taro estão apresentados na Tabela 7.

O ΔE mostra a diferença de cor entre o PFCMT e PFSMT. Quanto maiores os valores encontrados, mais os tratamentos se diferenciaram entre si com relação à cor do miolo e da casca.

Tabela 7 - Valores médios¹ do ΔE do miolo e da casca do pão francês pré-assado com mucilagem de taro (PFCMT), comparado ao pão francês pré-assado congelado sem mucilagem de taro (PFSMT), após assamento, em função do tempo de armazenamento sob congelamento.

| Atributo | Período de armazenamento (dias) | | | | |
|---------------------|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 7 | 15 | 30 | 60 |
| ΔE do miolo | 1,7 | 3,5 | 4,8 | 4,3 | 4,5 |
| ΔE da casca | 2,8 | 3,9 | 4,4 | 4,2 | 5,4 |

¹Média de 4 repetições.

Fonte: Do autor (2019).

A diferença de cor no miolo no PFCMT para o PFSMT apresentou variação de 1,7, no primeiro dia de armazenamento e essa diferença aumentou com o passar dos dias armazenados, sendo que no dia 60 o valor do ΔE foi de 4,5.

O mesmo ocorreu nos resultados da diferença de cor da casca do pão com mucilagem comparado com o pão sem mucilagem. O ΔE da casca no dia 1 foi de 2,8, ocorreu aumento progressivo, ao longo dos dias de armazenamento, com valor final do ΔE na casca dos pães de 5,4.

Esses baixos valores de ΔE mostram que a adição de mucilagem praticamente não interferiu na cor da casca e do miolo dos pães franceses pré-assados congelados.

Os resultados do estudo de Fonseca (2006), realizado com acréscimo de melhoradores naturais (taro *in natura*, mucilagem de taro e mucilagem de taro liofilizada), em pão de forma, mostraram que os tratamentos tiveram o mesmo comportamento, porém o taro *in natura* e a mucilagem de taro proporcionaram maior escurecimento nos pães de forma que a mucilagem de taro liofilizada.

3.6 Textura

Os parâmetros de textura utilizados foram resistência à compressão, medido por meio da força (Newtons), e o coeficiente de consistência, medido por meio da força tempo⁻¹, expresso em g seg⁻¹, conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 - Valores médios¹ da resistência à compressão (N) e do coeficiente de consistência (Kg s⁻¹) do pão francês pré-assado sem mucilagem de taro (PFSMT) e do pão francês pré-assado congelado com mucilagem de taro (PFCMT), após assamento, em função do tempo de armazenamento sob congelamento.

| Textura | Tratamento | Período de armazenamento congelado (dias) | | | | |
|---|--------------------|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | 1 | 7 | 15 | 30 | 60 |
| Resistência à compressão (N) | PFSMT ² | 3,70 ^a | 3,70 ^a | 5,20 ^a | 3,19 ^a | 3,19 ^a |
| | PFCMT ³ | 4,23 ^a | 3,74 ^a | 4,86 ^a | 3,72 ^a | 3,19 ^a |
| Coeficiente de consistência (Kg s ⁻¹) | PFSMT ² | 1,557 ^a | 1,103 ^a | 1,926 ^a | 1,414 ^a | 1,136 ^a |
| | PFCMT ³ | 1,928 ^a | 1,277 ^a | 1,894 ^a | 1,396 ^a | 1,139 ^a |

Legenda: ¹médias de quatro repetições. ²pão francês sem mucilagem de taro; ³pão francês com mucilagem de taro. Médias seguidas de mesma letra na coluna, dentro do mesmo atributo, não diferem entre si.

Fonte: Do autor (2019).

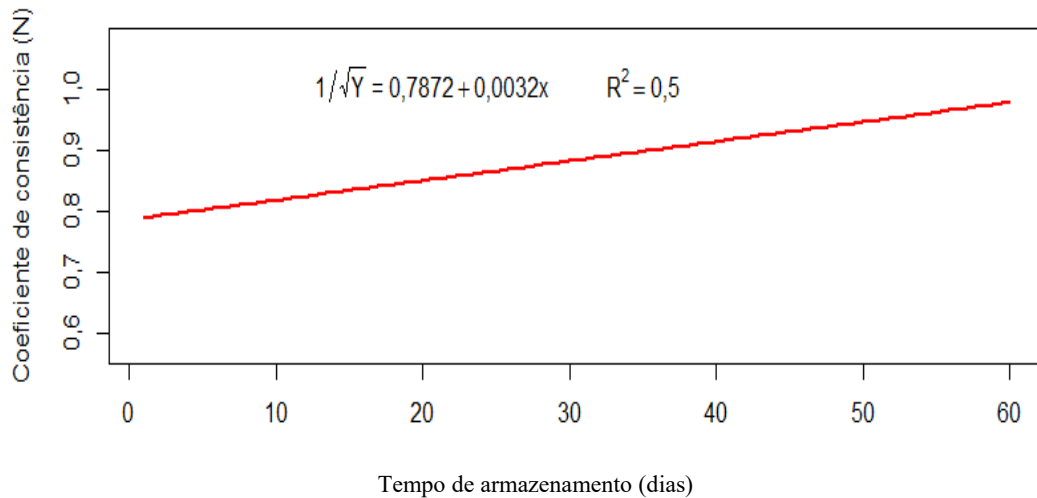
O uso da mucilagem na formulação do pão francês não alterou a resistência à compressão e o seu coeficiente de consistência, portanto estatisticamente não houve diferença significativa entre o PFSMT e o PFCMT com relação a esses atributos. Isso mostra que a mucilagem de taro liofilizada foi capaz de manter as características, quanto à textura do miolo, mesmo diminuindo a quantidade da gordura hidrogenada, que normalmente é o ingrediente responsável pela maciez do pão e, conseqüentemente textura.

A qualidade da farinha, a quantidade de açúcares, gorduras, emulsificantes, enzimas e mesmo a adição de glúten e melhoradores de farinha, além da umidade da massa e do tempo de fabricação do produto, são determinantes para definir a textura dos produtos panificados (ESTELLER; LANNES, 2005).

Pão francês contendo mucilagem de taro liofilizada na formulação, após assamento, não apresentou alteração na consistência. Contudo a consistência apresentou alterações, ao longo do tempo de armazenamento (FIGURA 11) e, para a análise dos dados, a regressão foi o modelo de melhor ajuste.

A variável coeficiente de consistência (N) não teve efeito significativo de interação (valor-p = 0,7486) e para tratamento (valor-p=0,21), porém existe efeito do tempo de armazenamento (valor-p = 0,002).

Figura 11 - Equação da reta estimada do coeficiente de consistência (N) de pão francês pré-assado congelado, após o assamento final, ao longo do tempo de armazenamento.



Fonte: Do Autor (2019)

Pela observação da equação da reta da Figura 11, tem-se que, à medida que o tempo de armazenamento congelado dos pães aumenta, o coeficiente de consistência também aumenta, ou seja, o miolo fica mais resistente. Portanto existe uma tendência linear crescente para a relação entre o coeficiente de consistência e os tempos de armazenamento congelado.

O aumento da firmeza nos pães, em razão do tempo de armazenamento, provavelmente está relacionado ao aumento da densidade e à redução do volume dos pães, causando maior compactação de sua estrutura.

Nos estudos de Carr e Tadini (2001) e Bárcenas et al. (2003), o tempo de armazenamento congelado influenciou a resistência à compressão do miolo de pães franceses, que aumentou à medida que aumentava o tempo de estocagem.

Fik e Surówka (2002) não verificaram, nos pães pré-assados e congelados, após o assamento complementar, efeito do período de estocagem na textura do miolo, mas notaram diferenças quando variaram o tempo do pré-assamento. Os autores concluíram que com o pão pré-assado armazenado congelado com 71% do tempo total de cozimento no pré-assamento, é possível obter um produto com textura próxima à do pão fresco.

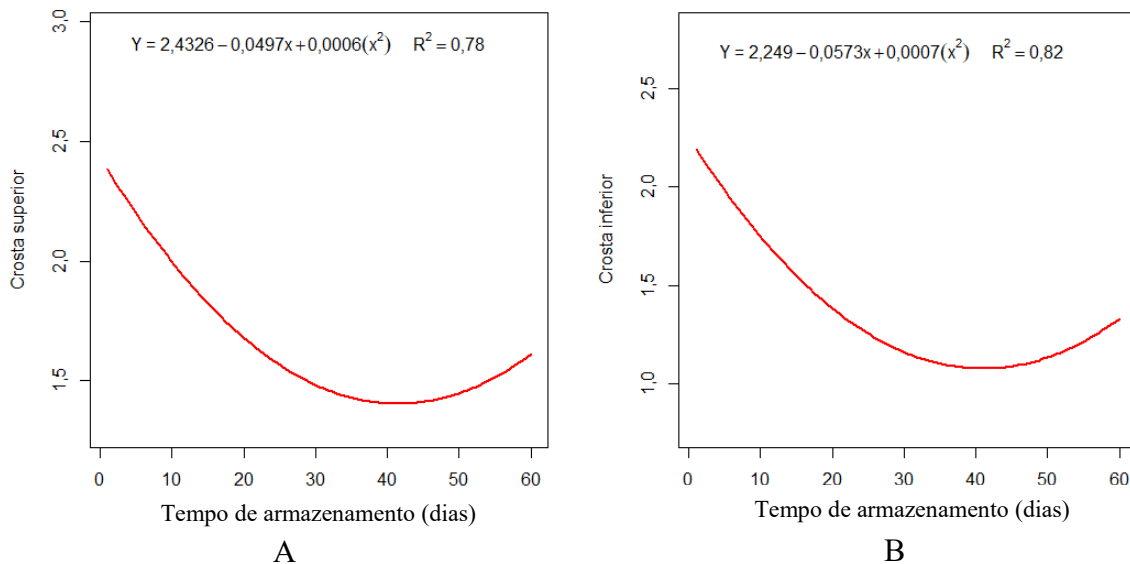
Bárcenas e Rosell (2006) relataram, durante o período de armazenamento congelado, perda de umidade e diminuição na maciez do miolo de pães franceses. Os autores associaram essas alterações ao crescimento de cristais de gelo que, conseqüentemente, rompe a rede de glúten. Esse dano parece ser o principal responsável pela perda de qualidade e envelhecimento do pão. Schiraldi e Fessas (2001) sugeriram que a formação de ligações de

hidrogênio entre os polímeros de amido e entre o amido e as proteínas, decorrente da redução no teor de umidade, resulta em diminuição da maciez no pão.

3.7 Espessura da crosta e do miolo

Por meio da ANOVA, pode-se constatar que não houve interação (valor-p = 0,3839) entre os tempos de armazenamento e tratamento (com ou sem mucilagem), ou seja, para a variável espessura da crosta superior, esse efeito tempo e tratamento agem de forma independente. O uso de mucilagem ou não (valor-p = 0,2243) também não afetou a variável estudada. Já considerando os tempos (valor-p < 0,001), pôde-se verificar que houve efeito com relação a esse fator. Considerando o comportamento dos dados, ajustou-se um modelo quadrático, conforme apresentado na Figura 12A.

Figura 12 - Estimativa (regressão) da espessura (mm) da crosta superior e inferior do pão francês pré-assado congelado sem mucilagem de taro (PFSMT) e com mucilagem de taro (PFCMT), durante 60 dias armazenados, em função dos dias de armazenamento.



Fonte: Do autor (2019).

Para a variável crosta inferior, também chamada de lastro, constatou-se que não existe interação (valor-p = 0,800) entre tempos de armazenamento e tratamentos (com ou sem mucilagem), ou seja, o efeito tempo e tratamento agem de forma independente. O uso de mucilagem ou não (valor-p = 0,65734) também não afetou essa variável em estudo; já considerando os tempos (valor-p < 0,001), pode-se verificar que existe efeito com relação a

esse fator. Considerando o comportamento dos dados, ajustou-se um modelo quadrático como se pode ver na Figura 12B.

O uso da mucilagem no pão francês pré-assado congelado não alterou a espessura da crosta medida, na parte superior e inferior das amostras, portanto, estatisticamente, não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre os tratamentos com relação à espessura da crosta. Entretanto, com relação aos dias de armazenamento, a análise de regressão mostrou como melhor ajuste, o modelo quadrático e pode-se observar que o passar dos dias influenciou na espessura tanto da crosta superior quanto da crosta inferior dos pães, sendo que o tamanho da crosta diminuiu progressivamente até o dia 40, com pequeno aumento, nos últimos dias de armazenamento, como observado na Figura 12.

Com relação ao perímetro do miolo, a interação não foi significativa, e as médias desse fator foram estatisticamente iguais para os dois tratamentos. Sendo assim, o uso da mucilagem não interferiu no tamanho do miolo e da crosta das amostras estudadas. Não houve aparecimento de *flaking*, em nenhum dos dois tratamentos, o que poderia reduzir o tamanho do miolo.

3.8 Características alveolares

Para a análise demonstrativa das características alveolares dos pães, além das observações realizadas, durante o experimento, fez-se o escaneamento das fatias dos pães em estudo. A Figura 12 apresenta imagens do PFSMT e, na Figura 13, são imagens do PFCMT.

Analisando as imagens, observa-se que existe diferença em relação ao número e tamanho dos alvéolos em função do tempo de armazenamento. Quanto mais tempo de armazenamento congelado maiores em tamanho e em números aparecem os alvéolos (FIGURA 13).

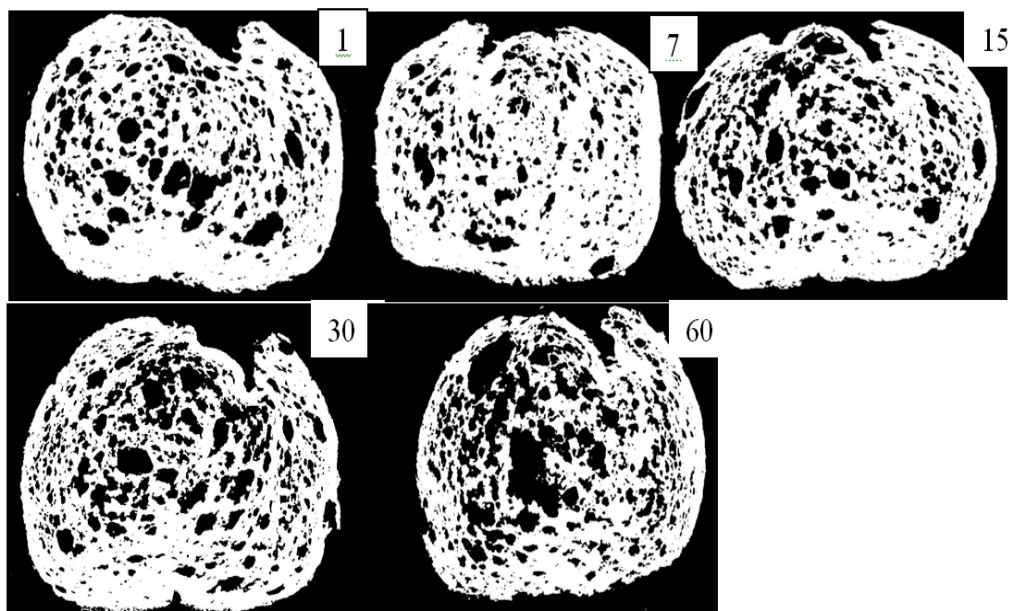
Observa-se ainda diferenças com relação ao uso ou não de mucilagem no pão francês pré-assado congelado. As imagens realizadas no scanner demonstram que o PFSMT (FIGURA 12), além de apresentar maior quantidade de alvéolos, parecem ser maiores em relação ao tamanho, enquanto a crosta se apresenta mais fina que no PFCMT (FIGURA 13).

Como o congelamento envolve a redução da temperatura e a mudança do líquido para a fase sólida, algumas alterações nas propriedades físicas e na qualidade do pão acontecem inevitavelmente. Durante a estocagem congelada, pode ter ocorrido recristalização dos cristais de gelo e alterado o número, tamanho e forma desses cristais e isso danificou a estrutura do produto final e também dos alvéolos. O congelamento rápido geralmente resulta na formação

de cristais de gelo menores, porém, mesmo utilizando o ultracongelamento, esses cristais são formados e alteram a estrutura dos alvéolos no pão francês (BÁRCENAS e ROSELL, 2006). Durante o armazenamento sob congelamento, possivelmente, os cristais de gelo cresceram, o que danificou a estrutura do miolo, ao romper as paredes das suas células, fazendo com que elas se juntassem e formassem alvéolos maiores com o passar do tempo. Observa-se, também, nas imagens da Figura 13, que no PFCMT a pestana tende a diminuir com o passar dos dias de estocagem congelada dos pães.

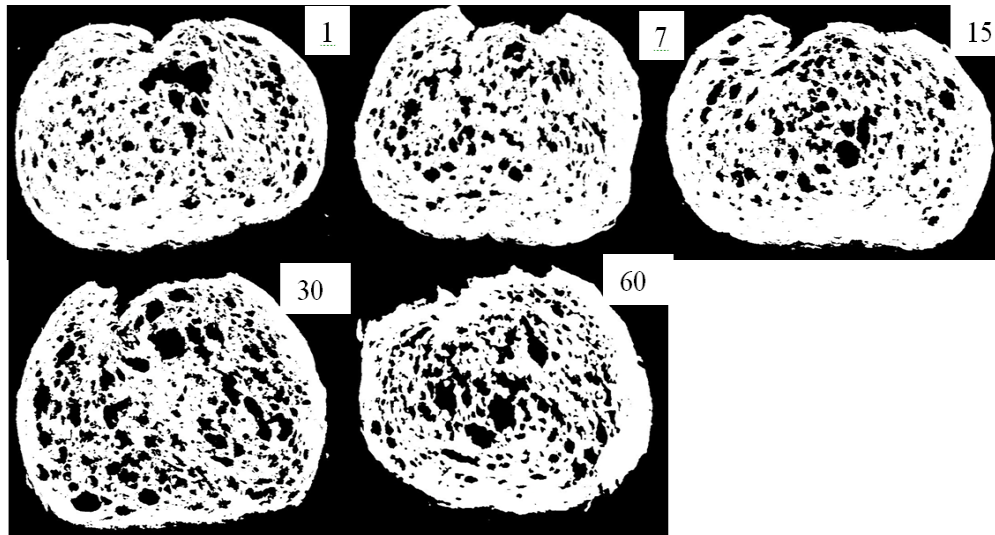
A recristalização que ocorre, durante o congelamento, em produtos armazenados congelados, provoca mudanças no tamanho, forma e números dos cristais de gelo e isso acaba danificando a estrutura do produto (BEVILACQUA e ZARITZKY, 1982) e, segundo Herjrani et al. (2017), a adição de hidrocoloides, na composição de pães congelados, fortalece e engrossa as paredes celulares e também consegue manter os alvéolos com tamanho cada vez mais regular. A mesma observação foi relatada por Mandalaa e Sotirakoglou (2005), durante a adição de gomas em pão pré-assado congelado. Assim, como pode ser visto no atual estudo, ao observar a Figura 13, tem-se que os PFCMT apresentaram tamanho de alvéolos mais regular e a camada que envolve todo o miolo mais grossa.

Figura 13 - Imagens escaneadas e tratadas do pão francês pré-assado congelado sem mucilagem de taro (PFSMT), durante 60 dias armazenados, em função dos dias de armazenamento.



Fonte: Do autor (2019).

Figura 14 - Imagens escaneadas e tratadas do pão francês pré-assado congelado com mucilagem de taro (PFCMT), durante 60 dias armazenados, em função dos dias de armazenamento.



Fonte: Do autor (2019).

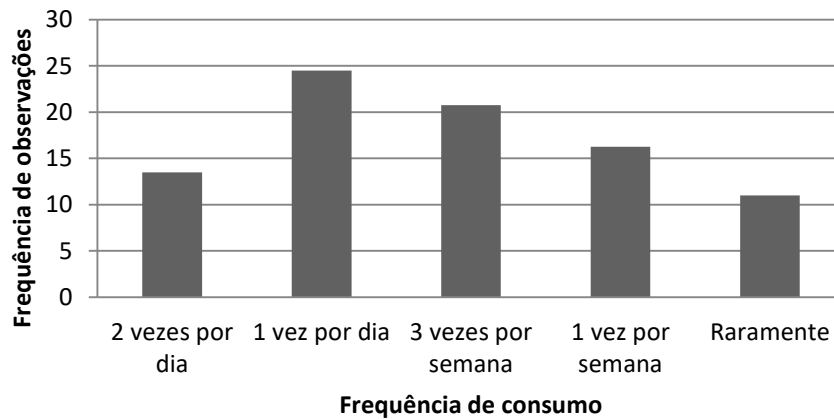
3.9 Análise sensorial

O teste foi realizado com 100 participantes por dia (58% de mulheres e 42% de homens), não treinados, entre os quais estudantes e funcionários da Universidade Federal de Lavras, entre 18 e 60 anos, sendo que 76% pertenciam à faixa etária de 18 a 25 anos, seguido de 17% de pessoas entre 26 a 45 anos e somente 2 % com 46 a 60 anos.

Com relação à frequência do consumo de pão francês pelos participantes, notou-se que esse tipo de pão continua sendo um alimento consumido diariamente por grande parte da população, como apresentado na Figura 14, a qual mostra que 24,5% dos participantes responderam consumir pão francês uma vez ao dia, 20,75 % comem três vezes por semana e somente 11 % disseram consumir raramente pão francês.

Ao responderem ao questionário sobre a presença ou não de *flaking*, nas amostras de PFSMT e PFCMT, 90 % dos provadores responderam que não identificaram a presença de *flaking* em nenhum dos dois pães analisados e 10% dos participantes disseram ter percebido *flaking* na amostra do PFSMT. Essa resposta dos provadores pode ter sido motivada, no momento da observação visual dos alvéolos, que eram maiores em tamanho e em números no PFSMT.

Figura 15 - Frequência de consumo de pão francês.



Fonte: Do autor (2019).

Na análise sensorial, os pães não apresentaram diferença significativa com relação ao sabor e textura ($p \geq 0,05$). Nos atributos aparência, impressão global e intenção de compra diferiram significativamente ($p < 0,05\%$) (TABELA 9 e TABELA 10).

Como mostrado na Tabela 9, a aceitação média dos provadores variou de “gostei ligeiramente” a “gostei muito”, sendo que a maioria das médias ficaram em “gostei moderadamente” e o índice de aceitação do PFSMT foi de 95,0 % e do PFCMT foi de 97%. Segundo Spehar e Santos (2002), para que um produto seja considerado aceitável, em termos de suas propriedades sensoriais, ele deve obter uma pontuação mínima de 70%, valor esse obtido em todas as amostras estudadas.

Contado (2009) utilizou também mucilagem de taro liofilizada como melhorador em pão de forma e observou que todos os tratamentos com mucilagem obtiveram um percentual do conceito “gostei”, assim como demonstrado neste estudo.

As características de textura e sabor dos pães franceses não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, mesmo com a diminuição de gordura em uma das formulações. A aceitação dos provadores foi igual tanto para o PFSMT quanto para o PFCMT. Verifica-se que a gordura é o ingrediente que contribui positivamente para a textura e o sabor, mesmo assim a diminuição de 21 % de gordura e a adição de mucilagem não alteraram as notas dadas pelos provadores, demonstrando, assim, ser alternativa para a redução de gordura no pão francês pré-assado congelado.

Com relação ao sabor, as médias não apresentaram diferença significativa. Isso mostra que os provadores não notaram diferença de sabor entre os dois tratamentos e que o armazenamento congelado até 60 dias não alterou esse atributo dos pães.

O teste de sabor do pão de forma, realizado por Contado (2009), mostrou que o pão sem melhorador e sem mucilagem de taro foi o mais aceito pelo público, apesar das médias terem uma variação muito pequena entre elas, assim como no atual estudo.

Carr et al. (2006) estudaram congelamento de pão francês, observando as características tecnológicas e sensoriais de pão francês pré-assado congelado por 7 dias. Os provadores, durante o período estudado, consideraram que o pão francês pré-assado congelado manteve suas características sensoriais, mesmo após sete dias estocados sob congelamento, corroborando com os resultados desta pesquisa.

Já quando se fala de aparência e impressão global, notou-se diferença significativa entre os dois tratamentos, sendo que as maiores médias foram dos pães elaborados sem mucilagem de taro, apesar dos valores numéricos não se diferenciarem com grande amplitude. Como se pode observar na Tabela 9, todas as médias de impressão global tiveram nota 7 (gostei moderadamente) e, com relação às médias de aparência, somente a PFCMT1 teve nota 6 (gostei ligeiramente) e os demais tratamentos com mucilagem tiveram nota 7 (gostei moderadamente). Apesar de estatisticamente ter diferença significativa, a variação das notas para esses atributos é pequena, o que demonstra que a mucilagem praticamente não alterou o pão francês com relação à aparência e impressão global.

Tabela 9 - Valores médios das notas recebidas para os atributos sensoriais de aparência, sabor, textura e impressão global do pão francês pré-assado congelado sem mucilagem de taro e no pão francês pré-assado congelado com mucilagem de taro em função dos dias de armazenamento congelado.

| Tratamentos | Aparência | Sabor | Textura | Impressão global |
|----------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|
| PFSMT1 ¹ | 7,87 ^{cd} | 7,37 ^a | 6,96 ^a | 7,40 ^{ab} |
| PFSMT7 ² | 8,00 ^d | 7,76 ^a | 7,47 ^a | 7,76 ^b |
| PFSMT30 ³ | 7,90 ^{cd} | 7,56 ^a | 7,51 ^a | 7,73 ^b |
| PFSMT60 ⁴ | 7,90 ^{cd} | 7,72 ^a | 7,14 ^a | 7,62 ^{ab} |
| PFCMT1 ⁵ | 6,87 ^a | 7,29 ^a | 7,00 ^a | 7,14 ^a |
| PFCMT7 ⁶ | 7,36 ^{abc} | 7,55 ^a | 7,14 ^a | 7,37 ^{ab} |
| PFCMT30 ⁷ | 7,43 ^{bc} | 7,56 ^a | 7,38 ^a | 7,53 ^{ab} |
| PFCMT60 ⁸ | 7,30 ^{ab} | 7,56 ^a | 7,38 ^a | 7,48 ^{ab} |

¹pão francês sem mucilagem de taro no primeiro dia de armazenamento; ²pão francês sem mucilagem de taro no sétimo dia de armazenamento; ³pão francês sem mucilagem de taro no trigésimo dia de armazenamento; ⁴pão francês sem mucilagem de taro no sexagésimo dia de armazenamento; ⁵pão francês com mucilagem de taro no primeiro dia de armazenamento; ⁶pão francês com mucilagem de taro no sétimo dia de armazenamento; ⁷pão francês com mucilagem de taro no trigésimo dia de armazenamento; ⁸pão francês com mucilagem de taro no sexagésimo dia de armazenamento. Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Fonte: Do autor (2019).

Na Tabela 10 encontra-se a intenção de compra dos provadores com relação aos pães franceses estudados.

Quanto à intenção de compra, houve diferença estatística entre as formulações e os períodos de estocagem congelada. Verificou-se que, apesar de existir diferença significativa entre as médias ($p \leq 0,05\%$), os participantes provavelmente comprariam os dois tipos de pães armazenados congelados por até 60 dias.

Alguns provadores deixaram comentários na ficha de avaliação. O comentário mais frequente foi referente à textura e coloração da fatia. De acordo com eles, o pão sem mucilagem estava mais seco e duro, enquanto o pão com mucilagem apresentou coloração do miolo mais escura e, apesar das diferenças entre os tratamentos, os dois pães estavam “bons”.

Tabela 10 - Valores médios das notas recebidas para o atributo intenção de compra do pão francês pré-assado congelado sem mucilagem de taro e do pão francês pré-assado congelado com mucilagem de taro em função dos dias de armazenamento congelado.

| Tratamento | Média |
|----------------------|--------------------|
| PFSMT1 ¹ | 4,27 ^{ab} |
| PFSMT7 ² | 4,41 ^b |
| PFSMT30 ³ | 4,42 ^b |
| PFSMT60 ⁴ | 4,27 ^{ab} |
| PFCMT1 ⁵ | 4,00 ^a |
| PFCMT7 ⁶ | 4,05 ^{ab} |
| PFCMT30 ⁷ | 4,23 ^{ab} |
| PFCMT60 ⁸ | 4,18 ^{ab} |

¹pão francês sem mucilagem de taro no primeiro dia de armazenamento; ² pão francês sem mucilagem de taro no sétimo dia de armazenamento; ³ pão francês sem mucilagem de taro no trigésimo dia de armazenamento; ⁴ pão francês sem mucilagem de taro no sexagésimo dia de armazenamento; ⁵pão francês com mucilagem de taro no primeiro dia de armazenamento; ⁶pão francês com mucilagem de taro no sétimo dia de armazenamento; ⁷pão francês com mucilagem de taro no trigésimo dia de armazenamento; ⁸pão francês com mucilagem de taro no sexagésimo dia de armazenamento. Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Fonte: Do autor (2019).

4 CONCLUSÃO

O uso da mucilagem no pão francês pré-assado e congelado favorece a redução do extrato etéreo, do valor calórico e não altera a umidade, a resistência à compressão do pão. O armazenamento congelado não influencia no peso, na atividade de água, na relação altura/comprimento e não altera significativamente as características sensoriais e de qualidade do pão francês pré-assado armazenado congelado por até sessenta dias.

Somente a partir do trigésimo dia de armazenamento que o PFCMT revela menor volume e densidade que o PFSMT. Sendo assim, concluiu-se que a mucilagem de taro liofilizada pode ser utilizada em substituição à gordura vegetal, na quantidade estabelecida neste estudo, sem alterações nas características tecnológicas e de qualidade de pães franceses pré-assados até trinta dias de armazenamento sob congelamento.

AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG pelo financiamento do projeto, à Capes pela concessão da bolsa de estudo e à UFLA por disponibilizar espaço físico, laboratórios equipados e materiais para a realização deste estudo.

REFERÊNCIAS

ABIP, ITPC e SEBRAE. Painel de Mercado da Panificação e Confeitaria, 2015. Disponível em: <https://www.abip.org.br/site/wp-content/uploads/2016/04/PaineldeMercado2015.pdf>. Acesso em: 09 de setembro de 2020.

ANVISA, AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Legislação Específica de Alimentos. Regulamentos Técnicos por Assunto**. Resolução. Pão - RDC nº 90, de 18 de outubro de 2005.

ANVISA, AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Portaria RDC nº 90, de 18 de outubro de 2000**. Aprova regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade do pão, 2000.

ALMEIDA, E. L. **Efeito da adição de fibra alimentar sobre a qualidade de pão pré-assado congelado**. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006, 328p.

ALMEIDA, E. L.; CHANG, Y. K. Structural changes in the dough during the pre- baking and re-baking of French Bread made with whole wheat flour. **Food Bioprocess Technol.** v. 6, n.10, p.2808- 2819, 2013.

ANDRADE, L. A.; NUNES, C. A.; PEREIRA, J. Relationship between the chemical components of taro rhizome mucilage and its emulsifying property. **Food Chemistry**, v. 178, p. 331-338, 2015.

ANDRADE, L. A. **Mucilagem do rizoma de taro: técnicas de extração e de caracterizações físicas e químicas**. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos), Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2016. 88 p.

AOAC (2000) Métodos Oficiais de Análise. 17ª Edição, Associação de Químicos Analíticos Oficiais, Gaithersburg, MD, EUA. Métodos 925.10, 65.17, 974.24, 992.16.

BÁRCENAS, M. E.; ROSELL, C. M. Effect of frozen storage time on the bread crumb and aging o par-baked bread. **Food Chemistry**, v. 95, p. 438-445, 2006.

BÁRCENAS, M. E.; BENEDITO, C.; ROSELL, C. M. Use of hydrocolloids as bread improvers in interrupted baking process with frozen storage. **Food Hydrocolloids**, v. 18, p. 769-774, 2004.

BÁRCENAS, M. E.; HAROS, M.; BENEDITO, C.; ROSELL, C. M. Effect of freezing and frozen storage on the staling of part-baked bread. **Food Research International**, v. 36, p. 863-869, 2003.

BÁRCENAS, M. E.; HAROS, M.; ROSELL, C. M. An approach to studying the effect of different bread improvers on the staling of pre-baked frozen bread. **European Food Research Technology**, v. 218, p. 56-61, 2003.

BEVILACQUA, A. E., ZARITZKY, N. E. Ice recrystallization in frozen beef. **Journal of**

Food Science, v. 47, p. 1410-1414, 1982.

BORGES, J.T.S. et al. Caracterização físico-química e sensorial de pão de sal enriquecido com farinha integral de linhaça. **Boletim CEPPA**, v.29, n.1, p.83-96, 2011.

BRO, R. 1997. PARAFAC. Tutorial and applications. *Chemom. Intell. Lab. Syst.* 38, 149-171.

CAUVAIN, S. P.; YOUNG, L. S. *Tecnologia da Panificação*, 2nd edn., 2009. 418 p.

CARR, L.G.; TADINI, C.C. **Influência da quantidade de levedura e gordura vegetal sobre os parâmetros físicos e de textura no pão tipo francês pré assado congelado**. Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia Química, Laboratório de Engenharia de Alimentos. 2001.

CARR, L. G., TADINI, C. C. Influence of yeast and vegetable shortening on physical and texture parameters of frozen part baked French bread. **Food Science and Technology**, v. 36, n. 6, p. 609- 614, 2003.

CARR, L. G.; RODAS, M. A. B.; DELLA TORRE, J. C. M.; TADINI, C. C. Physical, textural and sensory characteristics of 7-day frozen part-baked French bread. **LWT** v.39, p. 540-547, 2006.

CALLEJO, M. J. et al. Effect of gluten addition and storage time on white pan bread quality: instrumental evaluation. **Zeitschrift für Leb und -forsch**, v. 208, p.27-32, 1999.

CHEN, G. et al. Formation and distribution of ice upon freezing of different formulations of wheat bread. **Journal of Cereal Science**, v.55, n.3, p. 279-284, 2012.

CONTADO, E.W.L.F.; PEREIRA, J.; EVANGELISTA, S. R.; JÚNIOR, F. A. L.; ROMANO, L. M.; COUTO, E. M. Composição centesimal da mucilagem do inhame (*Dioscorea spp.*) liofilizada comparado a de um melhorador comercial utilizado na panificação e avaliação sensorial de pães de forma. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, Edição Especial, p. 1813 -1818, 2009.

CUKELJ, N.; NOVOTNI, D. Freezing of Bread. **Encyclopedia of Food Security and Sustainability**, v. 2, p.498-502, 2019.

CURIC, D., NOVOTNI, D., SKEVIN, D., ROSELL, C.M., COLLAR, C., LE BAIL, A., GABRIC, D. Design of a quality index for the objective evaluation of bread quality: Application to wheat breads using selected bake off technology for bread making. **Food Research International**, v. 41, p. 714-719, 2008.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Despesas, Rendimentos e Condições de Vida. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Pesquisa de orçamentos familiares, 2008-2009, 2010.

ECKARDT, J., ÖHGREN, C., ALP, A., EKMAN, S., ÅSTRÖM, A., CHEN, G., SWENSON, J., JOHANSSON, D., & LANGTON, M. Long-term frozen storage of wheat bread and dough-Effect of time, temperature and fibre on sensory quality, microstructure and state of water. **Journal of Cereal Science**, v. 57, n. 1, p. 125-133, 2013.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2012.10.007>

ESTELLER, M. S.; LANNES, S. C. S. Parâmetros complementares para fixação de identidade e qualidade de produtos panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 802-806, 2005.

FERNANDES, S. S.; SALAS-MELLADO, M. M. Addition of chia seed mucilage for reduction of fat content in bread and cakes. **Food Chemistry**, v. 227, p. 237-244, 2017.

FERREIRA, S. M. R., OLIVEIRA, P. V., & PRETTO, D. Parâmetros de qualidade do pão francês. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v.19, n.2, p.1-11, 2001. <http://dx.doi.org/10.5380/cep.v19i2.1240>

FIK, M.; SUROWKA, K. Effect of prebaking and frozen storage on the sensory quality and instrumental texture of bread. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 82, n. 11, p. 1268-1275, 2002.

FONSECA, E. W. N. **Utilização da mucilagem de inhame (*Dioscorea spp.*) como melhorador na produção de pão de forma**. Dissertação (Mestrado) Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006. 79p.

FUNAMI, T., KATAOKA, Y., OMOTO, T., GOTA, Y., ASAI, I., & NISHINARI, K. Effects of non-ionic polysaccharides on the gelatinization and retrogradation behavior of wheat starch. **Food Hydrocolloids**, v. 19, p. 1-13, 2005.

GANDRA, K.M. et al. Aplicação de lipase e monoglicerídeo em pão de forma enriquecido com fibras. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p.182-192, 2008.

GOMES-RUFFI, C. R., CUNHA, R. H., ALMEIDA, E. L., CHANG, Y. K., & STEEL, C. J. Effect of the emulsifier sodium stearoyl lactylate and of the enzyme maltogenic amylase on the quality of pan bread during storage. **Lebensmittel-Wissenschaft Technologie**, v. 49, n.1, p. 96-101, 2012.

GRISWOLD, R.M. **Estudo experimental dos alimentos**. São Paulo. Editora da USP, 1972.

GUSMÃO, T. A. S. et al. Substituição parcial de cloreto de sódio por cloreto de potássio na formulação de pão francês: efeito nos parâmetros físicos, físico-químicos e sensoriais. **Food Science Technology**, v. 37, supl. 1, p. 55-62, 2017.

HARWALKAR, V. R.; MA, C. -Y. **Thermal Analysis of Food**. London: Elsevier, 1990. 362p.

HEJRANI, T.; SHEIKHOLESAMI, Z.; MORTAZAVI, A.; DAVOODI, M. G. The properties of part baked frozen bread with guar and xanthan gums. **Food Hydrocolloids**, v. 71, p.252-257, 2017.

- HUANG, C.C.; LAI, P.; CHEN, H.; LIU, Y.F.; WANG, C.C.R. Effects of mucilage on the thermal and pasting properties of yam, taro, and sweet potato starches. **LWT - Food Science and Technology**, v. 43, n. 6, p. 849-855, 2010.
- KIM, C. S., & WALKER, C. E. Effects of sugars and emulsifiers on starch gelatinization evaluated by differential scanning calorimetry. **Cereal Chemistry**, v. 69, p. 212-217, 1992.
- KROG, N. Theoretical aspects of surfactants in relation to their use in breadmaking. **Cereal Chemistry**, v. 1, n. 1, p.1-11, 1981.
- LIU, H., ESKIN, N. A. M., & CUI, S. W. Effect of yellow mustard mucilage on functional and rheological properties of buckwheat and pea starches. **Food Chemistry**, v. 95, p. 83-93, 2006.
- LE-BAIL, A.; NICOLITCH, C.; VUILLOD, C. Fermented frozen dough: impact of pre-fermentation time and of freezing rate for a pre-fermented frozen dough on final volume of the bread. **Food and Bioprocess Technology**, v.3, p. 197-203, 2010.
- LEUSCHNER, R. G. K.; O'CALLAGHAN, M. J. A.; ARENDT, E. K. Optimization of baking parameters of part-baked and rebaked Irish brown soda bread by evaluation of some quality characteristics. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 32, p. 487-493, 1997.
- MAMAT, H. et al. The effect of seaweed composite flour on the textural properties of dough and bread. **Journal of Applied Phycology**, v.26, n.2, p.1057-1062, 2014.
- MANDALA, I. G.; SOTIRAKOGLU, K. Effect of frozen storage and microwave reheating on some physical attributes of fresh bread containing hydrocolloids. **Food Hydrocolloids**, v. 19, p. 709-719, 2005.
- MATUDA, T. G. **Análise térmica da massa de pão francês durante os processos de congelamento e descongelamento: Otimização do uso de aditivos**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Química. São Paulo, 2004. 142p.
- MATOS, F.C. **Estudos da decomposição térmica de ácidos graxos através da Calorimetria Exploratória Diferencial**. Campinas, 107 p. Tese (Mestrado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2012.
- MOTHÉ, C. G. AZEVEDO, A. D. **Análise Térmica de Materiais**. EditoraI editora; São Paulo, 2002.
- MARTINI, N.O.; ESCOBAR, T.D.; KAMINSKI, T.A. Caracterização físico-química de pães do tipo francês, bolacha e de cachorro quente. **Revista Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo, v.75, n.1708, 2016.
- MELO, L.P. et al. Análises físico-químicas do pão enriquecido com mesocarpo de babaçu. In: Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, II, 2007, João Pessoa, PB. CONNEP, p.2, 2007.

- NAGATA, C. L. P.; ANDRADE, L. A.; PEREIRA, J. Optimization of taro mucilage and fat levels in sliced breads. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 9, p. 5890-5897, 2015. Doi: 10.1007/s13197-014-1655-5
- NUNES, C.A., & PINHEIRO, A.C.M.. SensoMaker, version 1.91. Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras - MG, 2013.
- NUNES, C.A., PINHEIRO, A.C.M. and BASTOS, S.C. Evaluating consumer acceptance tests by three-way internal preference mapping obtained by parallel factor analysis (PARAFAC). **Journal of Sensory Studies**, v. 26, p. 167-174, 2011.
- OLIVEIRA, T.M.; PIROZI, M.R.; BORGES, J.T.S. Use of flaxseed and wheat composite flour in bread making. **Alimentos e Nutrição**, v. 18, n. 3, p. 141-150, 2007.
- OLIVEIRA, T.M.; PIROZI, M.R.; BORGES, J.T.S. Elaboração de pão de sal utilizando farinha mista de trigo e linhaça. **Alimentos e Nutrição**, v.18, n.2, p.141-150, abr.-jun. 2007.
- O'BRIEN R. **Fats and oils: formulating and processing for applications**, 3rd edn. CRC Press, Boca Raton, 2009,
- OSBORNE, D.R.; VOOGT, P. **The Analysis of Nutrients in Foods**. Academic Press, 1978. 251 p.
- OTA, E. M. **Influência das variáveis de processo de congelamento na qualidade final de pão tipo francês pré-assado**. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006. 160p.
- PESSANHA, M. D. F. **Propriedades reológicas da massa de pão francês adicionada de fibra alimentar e características sensoriais do produto após assamento**. Dissertação (mestrado) Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2016. 119p.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15.ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451p.
- PINHEIRO, A. C. M., NUNES, C. A., & VIETORIS, V. SensoMaker: a tool for sensorial characterization of food products. **Ciência e Agrotecnologia**, 37(1), 199-201, 2013.
- PITLAK BAKERY SOLUTIONS. **Pães congelados: soluções para seu negócio**, 2020. Disponível em: <http://pitlak.com.br/paes-congelados-a-solucao/>. Acesso: 24 de setembro de 2020.
- PROPAN - PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DA ALIMENTAÇÃO, CONFEITARIA E PANIFICAÇÃO. **Desempenho das Panificadoras e Confeitarias Brasileiras em 2018**. Disponível em: <http://www.propan.com.br/?pagina=indicadores> Acesso em: 08 de junho, 2020.
- PHIMOLSIRIPOL, Y. et al. Effects of freezing and temperature fluctuations during frozen storage on frozen dough and bread quality. **Journal of Food Engineering**, v. 84, p. 48-56, 2008.

R Core Team (2019) R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org>.

RAHMAN, S. **Food Properties Handbook**, New York: CRC Press, 1995. 500p.

REID, D. S. Fundamental physicochemical aspects of freezing. **Food Technology**. p.111-115, abr. 1983.

RIBOTTA, P. D., PÉREZ, G. T., LEÓN, A. E., & AÑÓN, M. C. Effect of emulsifier and guar gum on micro structural, rheological and baking performance of frozen bread dough. **Food Hydrocolloids**, v.18, n.2, p. 305-313, 2004. [http://dx.doi.org/10.1016/S0268-005X\(03\)00086-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0268-005X(03)00086-9)

RHEINBOLDT, M. M. et al. Análise descritiva quantitativa de pão francês enriquecido com linhaça irradiado. **Bioenergia em revista: diálogos**, ano 4, n. 1, p. 71-81, jan./jun. 2014.

ROSELL, C. M.; SANTOS, E. Impact of fibers on physical characteristics of fresh and staled bake off bread. **Journal of Food Engineering**, v. 98, p. 273-281, 2010.

SALINAS, M.; PUPPO, M.C. Bread Staling: Changes During Storage Caused by the Addition of Calcium Salts and Inulin to Wheat Flour. **Food and Bioprocess Technology**, v.11, p. 2067-2078, 2018.

SANTOS, C. M.; ROCHA, D. A.; MADEIRA, R. A. V.; QUEIROZ, E. R.; MENDONÇA, M. M.; PEREIRA, J.; ABREU, C. M. P. Preparação, caracterização e análise sensorial de pão integral enriquecido com farinha de subprodutos de mamão. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 21, e2017120, p. 1-9, 2018.

SCHIRALDI, A.; FESSAS, D. Mechanism of staling: an overview. In: CHINACHOTI, P.; VODOVOTZ, P. Y. (Eds.). **Bread staling**. Boca Raton: CRC Press LLC, 2001.

SLUIMER, P. **Principles of breadmaking: functionality of raw materials and process steps**. St. Paul: The American Association of Cereal Chemists, Inc., 2005. 212 p.

SOUZA, V. R. et al. Multivariate approaches for optimization. **Journal of Sensory Studies**, n.27, p.417-424, 2012.

SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. B. Quinoa BRS Piabiru: alternativa para diversificar os sistemas de produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 6, p. 889-893, 2002.

STONE, H.S. and SIDEL, J.L. **Sensory Evaluation Practices**, Academic Press, San Diego, CA, 1993.

TACO. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. Tabela de Composição de Alimentos. NEPA - UNICAMP.- 4. ed. rev. e ampl. Campinas: NEPAUNICAMP, 2011. 161 p.

TAVARES, S. A. et al. Caracterização físico-química da mucilagem de inhame liofilizada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 5, p. 973 -979, set./out., 2011.

TEIXEIRA et al. Caracterização físico-química do pão francês tradicional e integral comercializados em duas panificadoras de Vitória da Conquista-BA. **Revista de Inovação, Tecnologia e Ciências (RITEC)**, v. 2, n. 2, p. 84-90, 2016.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E.; BARBETA, P. A. **Análise sensorial dos alimentos**. Florianópolis: UFSC, 1987.182 p.

WANG, S.; TIAN, X.; LI, M.; NI, Y.; LI, J.; LI, H.; WANG, S.; CHEN, Y.; GUO, C.; ZHAO, A. Water and nitrogen management on micronutrient concentrations in winter wheat. **Agronomy Journal**, v. 106, p.1003-1010, 2014.

WILDERJANS, E., PAREYT, B., GOESAERT, H., BRIJS, K., & DELCOUR, J. A. The role of gluten in a pound cake system: a model approach based on lutenestarch blends. **Food Chemistry**, v. 110, p. 909-915, 2008.

ANEXO A - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
LAVRAS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ESTUDO DO EFEITO DA UTILIZAÇÃO DE MUCILAGEM DE TARO EM PÃO PRÉ-ASSADO CONGELADO

Pesquisador: Camila Teodoro Rezende Picinin

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 92664418.8.0000.5148

Instituição Proponente: Universidade Federal de Lavras

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.843.202

Apresentação do Projeto:

O projeto prevê a análise sensorial de pães congelados elaborados com mucilagem de taro

Objetivo da Pesquisa:

Avaliar o efeito da adição de mucilagem de taro na qualidade dos pães congelados

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os benefícios e riscos foram avaliados, bem como foram previstos formas para minimização dos riscos.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Os pesquisadores garantem a confidencialidade dos dados e preveem indenização, caso seja necessário.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos foram apresentados

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

As pendências apontadas foram sanadas pela pesquisador.

Recomendo a aprovação!

Considerações Finais a critério do CEP:

Ao Final do experimento o pesquisador deverá enviar relatório final, indicando ocorrências e efeitos adversos quando houver.

Endereço: Campus Universitário Cx Postal 3037

Bairro: PRP/COEP

CEP: 37.200-000

UF: MG

Município: LAVRAS

Telefone: (35)3829-5182

E-mail: coep@nintec.ufla.br

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE
LAVRAS**



Continuação do Parecer: 2.843.202

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

| Tipo Documento | Arquivo | Postagem | Autor | Situação |
|---|---|------------------------|--------------------------------|----------|
| Informações Básicas do Projeto | PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1161211.pdf | 24/07/2018 16:33:33 | | Aceito |
| Outros | CARTA_RESPOSTA.docx | 24/07/2018 13:47:57 | Camila Teodoro Rezende Picinin | Aceito |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | TCLE.docx | 24/07/2018 13:27:41 | Camila Teodoro Rezende Picinin | Aceito |
| Folha de Rosto | folhaderosto.docx | 01/07/2018 11:39:10 | Camila Teodoro Rezende Picinin | Aceito |
| Outros | folhaderosto.jpg | 01/07/2018 11:35:06 | Camila Teodoro Rezende Picinin | Aceito |
| Outros | RequerimentoGraduacao.pdf | 01/07/2018 11:10:07 | Camila Teodoro Rezende Picinin | Aceito |
| Outros | RequerimentoPosGraduacao.pdf | 01/07/2018 11:09:18 | Camila Teodoro Rezende Picinin | Aceito |
| Declaração de Pesquisadores | Declaracaodospesquisadores.pdf | 01/07/2018 11:08:15 | Camila Teodoro Rezende Picinin | Aceito |
| Outros | Solicitacao.pdf | 01/07/2018 11:07:14 | Camila Teodoro Rezende Picinin | Aceito |
| Outros | Comentarios_eticos.docx | 01/07/2018 09:20:19 | Camila Teodoro Rezende Picinin | Aceito |
| Projeto Detalhado / Brochura Investigador | Projeto.docx | 01/07/2018 09:11:42 | Camila Teodoro Rezende Picinin | Aceito |

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

LAVRAS, 24 de Agosto de 2018

**Assinado por:
Giancarla Aparecida Botelho Santos
(Coordenador)**

Endereço: Campus Universitário Cx Postal 3037

Bairro: PRP/COEP

CEP: 37.200-000

UF: MG

Município: LAVRAS

Telefone: (35)3829-5182

E-mail: coep@nintec.ufla.br

ANEXO B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE

Prezado(a) Senhor(a), você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa de forma totalmente voluntária da Universidade Federal de Lavras. Antes de concordar, é importante que você compreenda as informações e instruções contidas neste documento. Será garantida, durante todas as fases da pesquisa: sigilo; privacidade; e acesso aos resultados.

I - Título do trabalho experimental: Estudo do efeito da utilização de mucilagem de taro em pão pré-assado congelado.

Pesquisador(es) responsável(is): Profª. Dra. Joelma Pereira e Camila Teodoro Rezende Picinin.
Cargo/Função: Professor do Departamento de Ciência dos Alimentos e Doutoranda do Programa de Pós Graduação do Departamento de Ciência dos Alimentos.

Instituição/Departamento: Universidade Federal de Lavras/Departamento de Ciência dos Alimentos

Telefone para contato: (35) 3829 - 1397 / (35) 99808-2055.

Local da coleta de dados: Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras (UFLA)

II - OBJETIVOS: Estudar os efeitos da utilização da mucilagem de taro liofilizada sobre a qualidade tecnológica e sensorial de pães tipo francês pré-assados congelados durante seu armazenamento.

III - JUSTIFICATIVA: O pão é um dos alimentos mais consumidos no mundo e o seu congelamento é uma tendência de mercado. Contudo um dos principais defeitos de qualidade de pães produzidos com essa tecnologia é chamado de *flaking*, que é o desprendimento da casca do miolo. Neste sentido os hidrocolóides têm sido amplamente utilizados para modificar a textura, melhorar a retenção de umidade, controle da mobilidade da água e manter a qualidade geral do produto durante o armazenamento. Com a finalidade de reduzir o teor de lipídeos em produtos alimentares sem afetar suas características tecnológicas e sensoriais a mucilagem do Taro (*Colocasia esculenta*) é um exemplo de um hidrocoloide que pode ser utilizado para a produção de pão.

IV - PROCEDIMENTOS DO EXPERIMENTO

AMOSTRA: Serão elaborados pães francês conforme a formulação: 3% de fermento biológico fresco, 2% de sal e 60% de água potável (8°C) com base em 100% de farinha de trigo, e adição de gordura hidrogenada (1,58%) e de mucilagem liofilizada de taro (0,73%). A análise sensorial será realizada na UFLA e contará com os estudantes de graduação e pós-graduação, do sexo feminino e masculino, com idade superior a 18 anos. Os indivíduos deverão gozar de boa saúde, terem interesse e disponibilidade em participar, sem alergia ou intolerância a qualquer um dos ingredientes (trigo, taro, gordura hidrogenada etc.) utilizados, não ter qualquer restrição quanto ao consumo de nenhum dos ingredientes e devidamente esclarecidos e concordantes com os termos da pesquisa. Os indivíduos que não se enquadrarem em qualquer uma destas características serão excluídos do estudo. Os ingredientes serão adquiridos no comércio local da cidade de Lavras - MG, estando estes dentro do prazo de validade, registrados em órgãos de inspeção e fiscalização sanitária. Destaca-se que em nenhuma circunstância os provadores irão ingerir quantidades que excedam o limite máximo de consumo diário de qualquer um dos ingredientes. Realizará o teste sensorial discriminativo composto por 100 provadores e o teste de aceitação com 100 provadores utilizando duas amostras: uma amostra controle com gordura hidrogenada e outra amostra com substituição parcial da gordura hidrogenada por mucilagem de taro.

EXAMES Não se aplica.

V - RISCOS ESPERADOS: A avaliação dos riscos da pesquisa está relacionados com a possibilidade do provador no MÍNIMO não gostar do produto e o risco MAIOR é de apresentar alguma manifestação alérgica, aversão ao produto ou intolerância com algum dos ingredientes utilizados na formulação do pão, sendo que os ingredientes alimentícios estudados na presente pesquisa são permitidos pela legislação brasileira. E desta forma, nenhum dos ingredientes nas amostras não serão tóxicos e estarão em concentrações adequadas. Cabe ressaltar que se necessário for, o participante da pesquisa receberá a assistência integral e imediata, de forma gratuita (pelo patrocinador), pelo tempo que for necessário, em caso de danos decorrentes da pesquisa.

VI - BENEFÍCIOS: O presente projeto contribuirá para sociedade e para indústria de alimentos pois contará com a diminuição do flaking, um defeito que acontece nesse tipo de produto, e ainda terá a redução do teor de lipídeos no pão francês pré-assado congelado.

VII - CRITÉRIOS PARA SUSPENDER OU ENCERRAR A PESQUISA: A pesquisa poderá ser suspensa caso o provador voluntário apresente algum sintoma alérgico a qualquer um dos produtos utilizados que até o momento fosse de desconhecimento do mesmo por nunca ter tido o contato, também a partir do instante que houver desinteresse do participante. Em relação ao encerramento da pesquisa, será realizado após a coleta de todos os dados descritos pelo pesquisador e que contribuirão para conclusão do trabalho de tese e de um retorno à população estudada.

VIII - CONSENTIMENTO PÓS-INFORMAÇÃO

PARTICIPANTE MAIOR DE IDADE

Após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Projeto de Pesquisa. Lavras, ____ de _____ de 20__.

Nome (legível) / RG

Assinatura

ATENÇÃO! Por sua participação, você: não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira; será ressarcido de despesas que ocorrerem (tais como gastos com transporte, que serão pagos pelos pesquisadores aos participantes ao início dos procedimentos); será indenizado em caso de eventuais danos decorrentes da pesquisa; e terá o direito de desistir a qualquer momento, retirando o consentimento, sem nenhuma penalidade e sem perder quaisquer benefícios. Em caso de dúvida quanto aos seus direitos, escreva para o Comitê de Ética em Pesquisa em seres humanos da UFLA. Endereço - Campus Universitário da UFLA, Pró-reitoria de pesquisa, COEP, caixa postal 3037. Telefone: 38295182. **Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada com o pesquisador responsável e a outra será fornecida a você.**

No caso de qualquer emergência entrar em contato com o pesquisador responsável no Departamento de Ciência dos Alimentos. Telefones de contato: (35) 3829 1397.