

ELABORAÇÃO DE MASSAS FRESCAS E PÃES DE FARINHA DE TRIGO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BETERRABA COMO FONTE DE BETALAÍNAS

Data de submissão: 08/02/2024

Data de aceite: 01/04/2024

Bianca Bonaita de Oliveira

Universidade do Estado de Minas Gerais,
Unidade de Passos, Departamento de
Ciências Biomédicas e Saúde
Passos- Minas Gerais
<https://lattes.cnpq.br/7384290426572047>
<https://orcid.org/0009-0009-4402-6687>

Carolina Natsumi Watanabe

Universidade do Estado de Minas Gerais,
Unidade de Passos, Departamento de
Ciências Biomédicas e Saúde
Passos- Minas Gerais
<https://lattes.cnpq.br/4558211778934149>
<https://orcid.org/0009-0006-5529-7501>

Leticia da Silva Sartori

Universidade do Estado de Minas Gerais,
Unidade de Passos, Departamento de
Ciências Biomédicas e Saúde
Passos- Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/3130125657445729>
<https://orcid.org/0009-0004-5985-6679>

Damiana Diniz Rosa

Docente do Curso de Nutrição da
Universidade Federal do Mato Grosso,
Unidade Cuiabá
Cuiabá- Mato Grosso
<http://lattes.cnpq.br/1145163296557852>
<https://orcid.org/0000-0002-2106-456X>

Gislaine Ferreira Nogueira

Universidade do Estado de Minas Gerais,
Unidade de Passos, Departamento de
Ciências Biomédicas e Saúde
Passos- Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/5672887698003683>
<https://orcid.org/0000-0003-4829-0425>

RESUMO: A beterraba (*Beta vulgaris* L.), é uma hortaliça tuberosa que possui rica composição nutricional, além de coloração avermelhada intensa devido à presença predominante de betalaínas, um pigmento natural, antioxidante com alta atividade biológica. A inclusão da beterraba em produtos de panificação, como os pães, apresenta-se como uma estratégia potencial para torná-los mais saudáveis e atraentes ao consumidor. Assim, o objetivo dessa pesquisa foi elaborar massas frescas de pães incorporados com 0 %, 50 % e 100 % de beterraba como fonte de betalaínas, em relação a massa de farinha de trigo, com e sem adição de canela. Foi avaliada a influência da concentração de beterraba no peso e no crescimento da massa após a fermentação e forneamento quanto às características visuais e táteis, cor e teor de água, além do valor nutricional dos

pães elaborados. As massas cruas de pães incorporados com beterraba apresentaram cor avermelhada, aspecto úmido, pegajoso e elástico, enquanto que, a massa controle apresentou-se mais seca e com textura mais rígida ao manuseio. Todos os pães produzidos e testados eram macios e flexíveis ao contato manual, apresentavam alvéolos no miolo sem uniformidade e bem distribuídos indicando a formação e a retenção de gases. Quanto mais beterraba incorporada, mais úmida e fluídica era a massa e esse comportamento se deve ao alto teor de água presente na beterraba. A adição de 100 % beterraba na formulação 0 % reduziu 17 % o valor calórico (165 kcal para 137 kcal), 16 % o teor de carboidratos (30 g para 26 g), 21,5 % de gorduras totais (2,8 g para 2,2 g) e aumentou em 28,5 % (0,7 g para 0,9 g) a quantidade de fibras totais. O pão 100 % beterraba pode ser classificado como um produto de baixo teor de açúcares (< 5 g por porção) e baixo teor em gorduras saturadas (<1,5 g, somatória de gorduras saturadas e trans por porção).

PALAVRAS-CHAVE: Panificação. Pigmento Natural. Nutrientes. Cor. Vida de Prateleira.

PREPARATION OF FRESH PASTA AND WHEAT FLOUR BREADS WITH DIFFERENT CONCENTRATIONS OF BEET AS A SOURCE OF BETAAINS

ABSTRACT: Beetroot (*Beta vulgaris* L.) is a tuberous vegetable that has a rich nutritional composition, in addition to an intense reddish color due to the predominant presence of betalains, a natural pigment, antioxidant with high biological activity. The inclusion of beetroot in bakery products, such as bread, presents itself as a potential strategy to make them healthier and more attractive to the consumer. Thus, the objective of this research was to prepare fresh bread dough incorporated with 0 %, 50 % and 100 % beetroot as a source of betalains, in relation to wheat flour dough, with and without the addition of cinnamon. The influence of beetroot concentration on the weight and growth of the dough after fermentation and baking was evaluated in terms of visual and tactile characteristics, color and water content, in addition to the nutritional value of the breads prepared. The raw bread dough incorporated with beetroot had a reddish color, a moist, sticky and elastic appearance, while the control dough was drier and had a more rigid texture when handled. All of the breads produced and tested were soft and flexible when touched by hand, with non-uniform and well-distributed alveoli in the crumb, indicating the formation and retention of gases. The more beetroot incorporated, the wetter and more fluid the dough was and this behavior is due to the high water content present in the beetroot. The addition of 100 % beetroot in the 0 % formulation reduced the caloric value by 17 % (165 kcal to 137 kcal), 16 % the carbohydrate content (30 g to 26 g), 21.5 % of total fat (2.8 g to 2.2 g) and increased the amount of total fiber by 28.5 % (0.7 g to 0.9 g). 100 % beetroot bread can be classified as a product low in sugar (< 5 g per portion) and low in saturated fats (<1.5 g, sum of saturated and trans fats per portion).

KEYWORDS: Bakery. Natural Pigment. Nutrients. Color. Shelf Life.

INTRODUÇÃO

A alimentação saudável e adequada tem sido cada vez mais discutida, como tendo um papel primordial na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis, por proporcionar nutrientes essenciais à vida e à manutenção do estado nutricional, bem como, benefícios funcionais e de saúde. Diante disso, pesquisas tem centrado em promover a melhora da ingestão individual de nutrientes como forma de reduzir a progressão de doenças crônicas (Bruins; Van Dael; Eggersdorfer, 2019).

Com base nesse contexto e a diante da divulgação dessas informações na mídia, os consumidores estão cada vez mais buscando alimentos com propriedades funcionais, na busca de saúde e bem-estar (Costa, 2019). Esta mudança no comportamento alimentar têm influenciado as indústrias de alimentos a investir na elaboração de produtos saudáveis, mais próximos aos naturais e ambientalmente amigáveis, e para isto, estas têm buscado cada vez mais a incorporação aos seus produtos de ingredientes naturais como fonte de fibras alimentares, vitaminas e minerais, pigmentos com atividade antioxidantes entre outros (Cosmo; Galeriani, 2021; Puliglunda; Mok, 2021).

Neste sentido, a beterraba (*Beta vulgaris*, L. - Família Amaranthaceae), uma raiz tuberosa amplamente produzida e comercializada no Brasil, principalmente na forma *in natura* e minimamente processada tem se destacado. Este tubérculo contém uma alta quantidade de compostos biologicamente ativos, incluindo as betalainas, carotenoides, fenóis, vitaminas do complexo B (B1, B2, B5, B6, B9), A e C, além de possuir em sua composição fibras alimentares, proteínas, potássio, cálcio, magnésio, ferro, sódio, zinco e fósforo (Liliana/ Oana-Viorela, 2020).

As beterrabas possuem coloração vermelho-arroxeadada resultante da alta concentração de betalainas, uma classe de pigmentos nitrogenados hidrossolúveis (Carreón-Hidalgo et al., 2022). O pigmento presente na beterraba tem sido utilizado pela a indústria como corantes naturais em alimentos dada a sua alta solubilidade em água e ausência de toxicidade, com aplicações múltiplas, tais como forma de se evitar a descoloração, ou ainda para o enriquecimento dos alimentos, como fortificantes nutricionais de alimentos processados e suplementos antioxidantes em suplementos para atletas (Bangar et al., 2022).

As betalainas são compostos funcionais importantes para a saúde humana, principalmente no que diz respeito às suas atividades antioxidante, anti-inflamatória, antiviral e até antitumoral (Guerrero-Rubio et al., 2020; Madadi et al., 2020). Atuam principalmente na inibição da peroxidação lipídica, aumentando a resistência de lipoproteínas de baixa densidade (LDL) à oxidação (Li, 2019; Cui; Fei; Zhu, 2022). Ainda, estas substâncias apresentam potencial quimiopreventivo do câncer e efeito antitumoral, devido a sua capacidade de neutralizar o estresse oxidativo, uma vez que se mostram capazes de modular o desequilíbrio entre as espécies oxidantes e o sistema de defesa antioxidante,

envolvido na origem e agravamento do câncer. Estas substâncias apresentam ainda efeito protetor do DNA, diminuindo os danos ocasionados pelo peróxido de hidrogênio nas células, assim como ação antiproliferativa com a indução de apoptose celular (Castelló et al., 2022). Dessa forma, o seu consumo tem sido associado a benefícios para a saúde física e mental humana (antioxidante, anticancerígeno, anti-inflamatório).

A inclusão da beterraba em produtos de panificação, como os pães, pode se mostrar como forma estratégica para seu enriquecimento nutricional e para a geração de uma pigmentação avermelhada específica (devido à betalaína e ferro) de modo a tornar o produto atraente aos consumidores acessível e de baixo custo, além de proporcionar condição favorável a inclusão na dieta da população, já que o pão é um produto bem aceito pela maioria das pessoas (Goldman; Janick, 2021).

O pão é um alimento classificado como um alimento energético, uma vez que é um alimento fundamental no fornecimento de energia na alimentação da população brasileira. O consumo per capita de pão no Brasil por habitante no ano de 2017 foi de 22,61 kg, deixando claro, a importância deste alimento para os brasileiros (Sebrae, 2017). Segundo as pesquisas realizadas pela Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria (ABIP, 2021) no ano de 2020, o segmento obteve o faturamento de R\$ 91,94 bilhões.

No entanto, essa incorporação de beterraba na formulação de pães envolve desafios tecnológicos inerentes, pois a adição de um novo ingrediente rico em nutrientes ou alteração quantitativa ou qualitativa dos ingredientes pode alterar as características do alimento, como o sabor, textura e aparência, e seu tempo de prateleira. Por exemplo, a adição de 0,5 % - 2 % de fibra de beterraba açucareira de (Fibrex) na massa de pão de forma integral aumentou a sua absorção de água em torno de 6%, mantendo o volume do pão e consequentemente produzindo um pão mais úmido por mais tempo (Rocha, 2012).

Diante disso, o objetivo dessa pesquisa foi elaborar e caracterizar as propriedades físico-químicas de pães incorporados com beterraba em diferentes concentrações para a produção de um produto rico nutricionalmente, com propriedades tecnológicas aprimoradas.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Materiais

Para a preparação das novas formulações de pães, foram utilizados os seguintes ingredientes: beterraba *in natura*, ovo, fermento biológico seco, margarina, açúcar, sal, farinha integral, água e canela. Todos os ingredientes foram adquiridos no comércio local da cidade de Passos, Minas Gerais, observando-se a adequação de apresentação e o prazo de validade.

Elaboração das Formulações dos pães

Foram elaboradas 6 formulações de pães, sendo estas resultantes do acréscimo de alguns ingredientes, como pode ser descrito a seguir:

- I. Formulação controle (F0%), sem adição de beterraba;
- II. Formulação controle (F0%), sem adição de beterraba e com adição de canela (F0% C);
- III. F0% com adição de 50 % de beterraba (peso da beterraba cozida) em relação ao peso da farinha de trigo (F50% S);
- IV. F0% com adição de 50 % de beterraba (peso da beterraba cozida) em relação ao peso da farinha de trigo com canela (F50% C);
- V. F0% com adição de 100 % de beterraba (peso da beterraba cozida) em relação ao peso da farinha de trigo (F50% S);
- VI. F0% com adição de 100 % de beterraba (peso da beterraba cozida) em relação ao peso da farinha de trigo com canela (F50% C);

A composição das 6 formulações de pães elaboradas pode ser verificada na **Tabela 1**.

Ingredientes	F0% S	F0% C	F50% S	F50% C	F100% S	F100% C
Ovo	50g	50g	50g	50g	50g	50g
Fermento biológico	10g	10g	10g	10g	10g	10g
Margarina	40g	40g	40g	40g	40g	40g
Açúcar	60g	60g	60g	60g	60g	60g
Sal	6,5g	6,5g	6,5g	6,5g	6,5g	6,5g
Farinha de trigo	500g	500g	500g	500g	500g	500g
Beterraba	0g	0g	250g	250g	500g	500g
Água	200 mL	200 mL	200 mL	200 mL	200 mL	200 mL
Canela	0g	3,0g	0g	3,0g	0g	3,0g

Tabela 1- Formulações dos pães elaborados com e sem beterraba.

O procedimento de elaboração dos pães seguiu o fluxograma apresentado na **Figura 1**. Primeiramente todos ingredientes foram pesados. Em seguida, a beterraba cozida foi triturada em liquidificador com água, até a obtenção de uma massa homogênea. Posteriormente foi adicionado o fermento biológico, o açúcar, a manteiga derretida, o ovo e o sal, sendo então, homogeneizados por cerca de 5 min, até atingir a consistência de um creme. Em um *bow*l, foi misturado o creme de beterraba a farinha de trigo, até obter-se uma massa homogênea. Após, a massa obtida foi deixada em repouso por 20 min.

Em seguida foi adicionada canela nas formulações correspondentes. As massas de pães foram colocadas em uma forma previamente untada com margarina e polvilhadas com farinha de trigo e deixados em repouso por 30 minutos à 30 °C, tempo necessário para a massa dobrar de volume. Após o processo de fermentação, os pães foram assados em

forno pré-aquecido à temperatura de 180 °C por 30 minutos. Após a retirada do forno, foi aguardado um tempo de 3 horas para o seu resfriamento, em temperatura ambiente. Os pães foram armazenados em sacos plásticos para as análises posteriores.

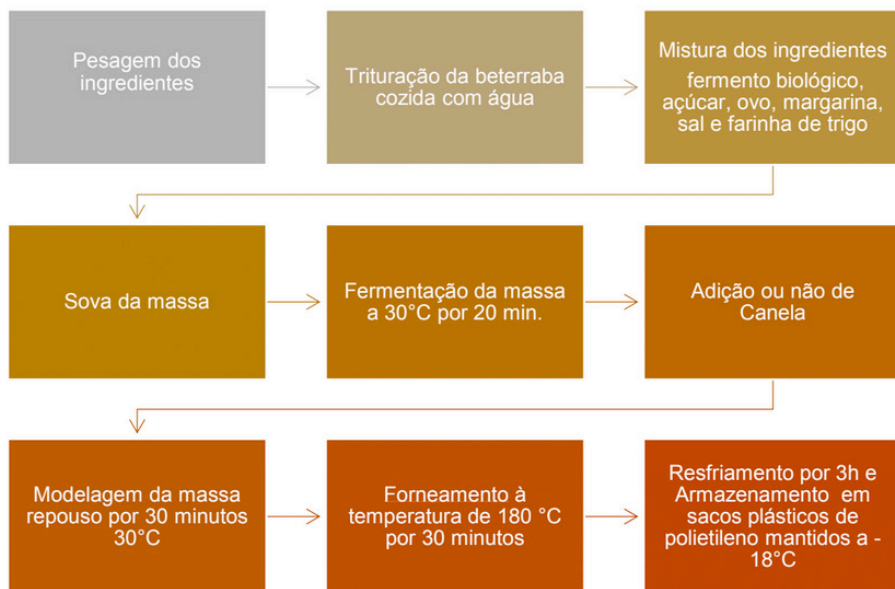


Figura 1. Fluxograma do processo de preparo dos pães com e sem beterraba.

Análises Físico-químicas

Determinação do volume e peso da massa de pão crua

Durante a elaboração dos pães foram realizadas análises de cor e de volume na massa crua para verificação da influência da concentração de beterraba na sua cor e no seu crescimento.

A análise de volume foi determinada por diferença de espaço ocupado. Para fazer a medição do volume foram utilizados um copo, água e a proveta. Primeiramente foi colocada 50 g de cada massa em plástico filme. O copo foi enchido de água, então a massa foi colocada dentro do copo, a água que transbordou foi então medida na proveta para determinação do volume da massa inicial. Após a sua fermentação, essa análise foi repetida para a determinação do seu volume final e verificação do crescimento da massa. Essa análise foi realizada para as formulações F0% S, F50% S e F100% S, com a incorporação de beterraba e antes da inclusão da canela, visto que a canela tem efeito antimicrobiano, o que poderia comprometer a validade das leveduras responsáveis pela fermentação.

Adicionalmente, as massas foram pesadas em balanças digitais para verificação de diferença de peso em três momentos: recém processadas, após o período de fermentação e após forneamento, para comparação dos parâmetros em relação a massa crua.

Avaliação do aspecto visual das massas cruas e pães após forneamento

As massas frescas e os pães após o processo de forneamento foram analisadas quanto ao aspecto visual. As análises visuais e táteis foram realizadas para verificar a homogeneidade da coloração visual e características de manuseio (se apresentam zonas propensas a quebra, maciez, flexibilidade e compactação dos pães).

Determinação do valor nutricional dos pães com e sem beterraba

O valor nutricional dos pães produzidos com e sem beterraba foi determinado avaliando-se o valor energético total, macronutrientes (proteínas, carboidratos e lipídeos), fibras torais e sódio utilizando-se as informações nutricionais contidas na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (2011) e, nos rótulos de seus respectivos ingredientes. Para o cálculo do valor calórico foram utilizados os coeficientes de Atwater, ou seja: $Kcal = (4 \times g \text{ proteína}) + (4 \times g \text{ de carboidratos}) + (9 \times g \text{ lipídeos})$ (Bistriche Giuntini; Lajolo; Wenzel de Menezes, 2006).

Avaliação da estabilidade da cor e teor de água das massas cruas e pães forneados durante a vida de prateleira

Em triplicata, as massas frescas recém-processadas e forneadas foram embaladas em sacos plásticos de polietileno individuais, mantidas a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, e avaliadas quanto a cor e teor de água nos dias 1, 7, 14^o de estocagem. Para a análise de cor das massas frescas e pães forneados foram retiradas 3 amostras de 3 partes diferentes do pão formulado. Os parâmetros de cor das amostras da massa de pão foram determinados por refletância, usando um colorímetro Ultra Digitalize Vis 1043 (Hunter Lab, Reston, Virgínia, EUA) com Escala CIELab (L^* , a^* , b^*). As medidas serão realizadas a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, e expressas em termos de luminosidade L^* ($L^*=0$ para preto e $L^*=100$ para branco) e cromaticidade, definido por a^* ($+a^*$ para vermelho e $-a^*$ para verde) e b^* ($+b^*$ para amarelo e $-b^*$ para azul). A diferença de cor (DE^*) entre a formulação controle e as formulações de pães com beterraba foram calculadas de acordo com Nogueira, Fakhouri e de Oliveira (2019).

O teor de umidade dos pães foi determinado em triplicata por secagem forçada a $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ até peso constante, seguindo os Métodos oficiais de análise da AOAC (Horwitz; Latimer, 2005).

Análise estatística

Os resultados foram avaliados quanto a média e desvio padrão e uma análise descritiva dos resultados foi realizada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Volume e peso da massa de pão crua

Todas as massas apresentaram crescimento, sendo capazes de reter os gases produzidos durante a fermentação. Todavia, o aumento da concentração de beterraba (0 % para 100 %) incorporada na massa crua resultou numa diminuição do seu crescimento (de 184,96 para 115,96 %) conforme observado na **Tabela 2**. Acredita-se que a incorporação da beterraba a massa da formulação controle possa ter prejudicado o desenvolvimento da rede de glúten e conseqüentemente diminuído o seu crescimento após o processo de fermentação biológica, devido ao provável aumento da sua densidade e rigidez pela inclusão de outros nutrientes como fibras alimentares e minerais provenientes da própria composição da beterraba.

O aumento de sólidos na massa pode ter saturado o sistema da massa de sólidos com a adição crescente de beterraba, o que pode ter levado a diminuição da elasticidade da rede de glúten, resultando na baixa estabilização da célula de gás, e conseqüentemente menor expansão da massa (Kloek, 2001).

Formulação	Volume Inicial (mL)	Volume Final (mL)	Crescimento (%)
F0%S	37,67±2,08	69,67±2,75	184,96±7,31
F50%S	55,00±1,73	87,17±2,75	158,48±5,01
F100%S	55,33±1,53	64,17±4,80	115,96±8,68

Tabela 2. Taxa de crescimento das formulações de pães após o processo de fermentação.

Após o processo de fermentação, todos os pães apresentaram redução de peso insignificante, ficando abaixo de 1 % (**Tabela 3**). A levedura *Saccharomyces cerevisiae*, utilizada como fermento biológico na elaboração das massas de pães, metaboliza açúcares como glicose, frutose, sacarose e maltose, sob condições anaeróbias, produzindo gás carbônico, o qual é necessário para o crescimento da massa e para a obtenção de compostos aromáticos característicos de produtos de panificação fermentados (Halal et al., 2011). Essa metabolização dos açúcares e produção de gás está associada a redução do peso da massa durante o seu crescimento.

Formulação	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Redução de peso (%)
F0%S	0,799	0,797	0,25
F50%S	0,987	0,981	0,61
F100%S	1,223	1,218	0,41

Tabela 3. Perda de peso das formulações de pães após o processo de fermentação.

Aspecto visual das massas cruas e dos pães após forneamento

As massas cruas de pães incorporados com beterraba apresentaram aspecto úmido, pegajoso e elástico, enquanto que, a massa controle apresentou-se mais seca e com textura mais rígida ao manuseio. Quanto mais beterraba incorporada, mais úmida e fluídica era a massa e esse comportamento se deve ao alto teor de água presente na beterraba (**Figura 2**). Corroborando com os nossos achados, Lara e Kmiecik (2018) observaram comportamento similar quando desenvolveram uma nova formulação de pão sem glúten utilizando farinha de linhaça, fécula de batata, goma xantana e feijão cozido.

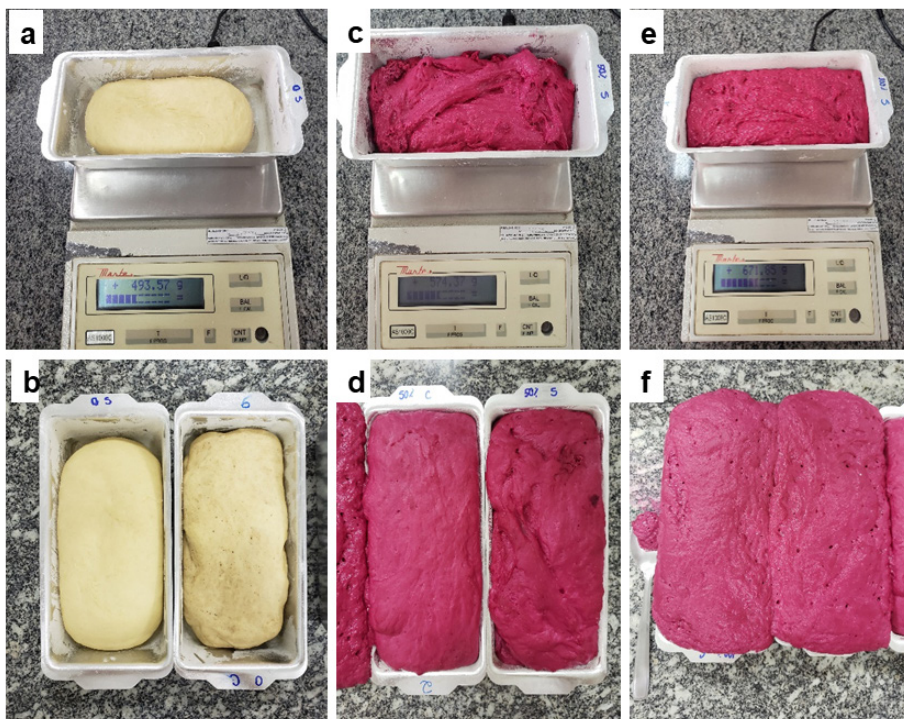


Figura 2. Imagens das massas frescas com e sem beterraba antes e após da fermentação: (a e b) F0% S, (c e d) F50% S, (e e f) F100% S.

A após o forneamento todos os pães produzidos e testados eram macios e flexíveis ao contato manual, apresentavam alvéolos no miolo sem uniformidade e bem distribuídos indicando a formação e a retenção de gases (**Figura 3**). Já na parte externa dos pães, as cascas, eram levemente mais rígidas, crocantes e mais escuras em relação à parte interna. Quanto mais beterraba incorporada mais intensa foi a sua coloração avermelhada devido a presença de betalaínas, em comparação com a formulação controle.

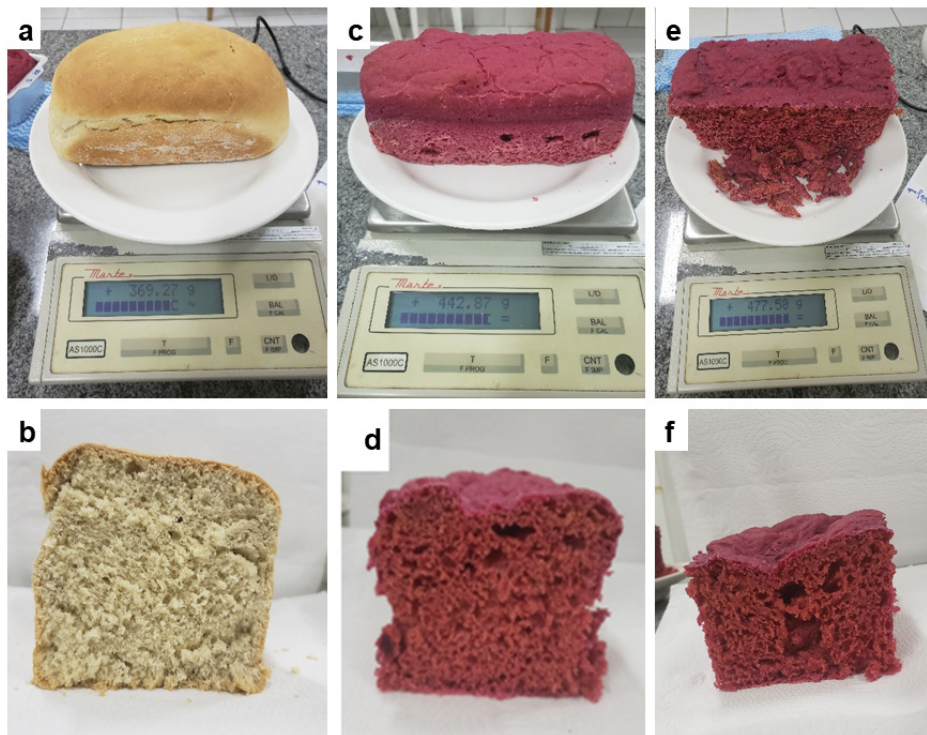


Figura 3. Imagens dos pães com e sem beterraba após forneamento: (a e b) F0% S, (c e d) F50% S, (e e f) F100% S.

Informação Nutricional

A adição de beterraba na formulação controle melhorou o perfil nutricional dos pães produzidos. Analisando a porção padrão de pão (50 g), quando comparado a formulação 100 % em relação à 0 % de beterraba, houve uma redução de 17 % no valor calórico (164,9 kcal para 136,8 kcal), 16 % de carboidratos (30,1 g para 25,5 g), 21,5 % de gorduras totais (2,8 g para 2,2 g), além de contribuir para o aumento da quantidade de fibras em 28,5% (0,7 g para 0,9 g) e ferro em 20 % (0,5 mg para 0,6 mg), conforme demonstrado na **Tabela 4**.

O pão com incorporação de beterraba, apesar de não se enquadrar à categoria de alimento light, pode ser classificado como um produto de baixo teor de açúcares adicionados, com quantidade menor à 5 gramas por porção, e baixo teor em gorduras saturadas, devido a somatória de gorduras saturadas e trans serem inferiores a 1,5 gramas por porção, segundo a Instrução Normativa - IN N° 75, de 08 de outubro de 2020.

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL	Pão F0%S			Pão F50%S			Pão F100%S		
	Porções por embalagem: 15 Porção: 50 g (2 fatias)			Porções por embalagem: 18 Porção: 50 g (2 fatias)			Porções por embalagem: 19 Porção: 50 g (2 fatias)		
	100 g	50 g	%VD(*)	100 g	50 g	%VD(*)	100 g	50 g	%VD(*)
Valor Energético (kcal)	330	165	8	284	142	7	274	137	7
Carboidratos (g)	60	30	10	52	26	9	52	26	9
Açúcares adicionados (g)	8	4	8	6,6	3,3	7	6,2	3,1	6
Proteínas (g)	8,4	4,2	8	7,2	3,6	7	7,2	3,6	7
Gorduras totais (g)	5,6	2,8	4	4,8	2,4	4	4,4	2,2	3
Gorduras saturadas (g)	1,4	0,7	4	1,2	0,6	3	1	0,5	3
Gorduras trans (g)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fibra alimentar (g)	1,4	0,7	3	1,6	0,8	3	1,8	0,9	4
Sódio (mg)	386	193	10	336	168	8	332	166	8
Ferro (mg)	1	0,5	4	1	0,5	4	1,2	0,6	4
Vitamina A (mcg)	38	19	2	32	16	2	30	15	2

* Percentual de valores diários fornecidos pela porção.

Tabela 4. Informação Nutricional dos pães com e sem beterraba.

Avaliação da estabilidade da cor e teor de água das massas cruas e pães forneados durante a vida de prateleira

O teor de água está diretamente ligado à estabilidade e estrutura do alimento, sendo sua medição extremamente relevante para avaliar a estrutura, as propriedades nutricionais e a qualidade do produto. A **Tabela 5** apresenta o teor de água das massas frescas e pães elaborados.

1º dia de Armazenamento			
Formulações	Massas frescas		
	F0%	F50%	F100%
Sem Canela	26,02 ± 0,60	33,16 ± 3,04	48,49 ± 0,32
Com Canela	28,11 ± 0,61	38,89 ± 1,10	48,69 ± 0,81
Pães forneados			
Sem Canela	23,88 ± 1,87	39,80 ± 1,80	45,81 ± 0,90
Com Canela	25,68 ± 7,74	37,90 ± 2,00	46,79 ± 1,36
7º dia de Armazenamento			
Formulações	Massas frescas		
	F0%	F50%	F100%
Sem Canela	27,10 ± 0,61	39,05 ± 0,42	43,76 ± 5,96
Com Canela	26,58 ± 1,52	34,78 ± 4,65	45,73 ± 1,54
Pães forneados			
Sem Canela	25,91 ± 2,24	31,91 ± 4,59	46,68 ± 2,42

Com Canela	21,82 ± 2,11	30,72 ± 2,50	43,68 ± 2,95
14° dia de Armazenamento			
Formulações	Massas frescas		
	F0%	F50%	F100%
Sem Canela	27,69 ± 0,51	38,03 ± 1,10	45,17 ± 1,05
Com Canela	27,12 ± 0,34	38,85 ± 1,11	46,96 ± 1,84
Pães forneados			
Sem Canela	23,17 ± 2,02	34,64 ± 0,63	44,29 ± 3,56
Com Canela	22,02 ± 2,41	33,75 ± 1,88	47,78 ± 0,43

Tabela 5. Teor de umidade (%) das massas frescas e forneadas durante 14 dias de armazenamento.

O teor de água da massa fresca aumentou de $26,02 \pm 0,60$ % para $48,49 \pm 0,32$ % com o maior teor de beterraba em comparação a massa controle, o que demonstra que o teor de água está diretamente ligado com a quantidade de beterraba incorporada na massa (**Tabela 5**). Este comportamento está relacionado a composição físico-química da beterraba, uma vez que a beterraba é uma hortaliça com um alto teor de água, cerca de 92 % (Crocetti et al., 2017).

Apesar disso, os pães com ou sem beterraba, produzidos após o forneamento apresentaram diminuição do teor de água em comparação com as suas massas frescas iniciais, devido a secagem das massas pela vaporização térmica da água livre. Pires et al. (2018) encontraram valor de 38% de teor de água para pães elaborados com beterraba, valor este próximo ao encontrado no presente estudo. Segundo Moreth (1987), dois fenômenos ocorrem simultaneamente durante o processo de forneamento: a transferência de calor, que é a transferência de calor para dentro do alimento através de superfícies quentes e do ar no forno; e a transferência de massa, que é a transferência de umidade para o ar que o circunda, a qual é, posteriormente, removida do forno.

A **Tabela 6** apresenta os parâmetros de cor obtidos para as massas frescas e forneadas armazenadas por 14 dias a -18 °C. A cor é um importante fator de qualidade para alimentos. Está diretamente relacionada com a atratividade sensorial, particularmente para produtos adicionados com beterraba, que também é amplamente utilizada pela indústria alimentícia como pigmento natural. Culturalmente, esperasse que produtos com beterraba apresentem coloração avermelhada característica desta hortaliça. Por isso neste trabalho a cor das massas cruas e dos pães foi avaliada durante 14 dias de armazenamento.

O valor de L^* é a variação de luminosidade, que varia entre o 0 que significa cor preta e 100 que representa a cor branca, e define as cores como mais claras e escuras. O a^* é uma das coordenadas de cromaticidade, onde a cor vermelha é mostrada em valores positivos (+) e a cor verde por valores negativos (-). O b^* indica a intensidade ou pureza da cor e é definido em amarelo para valores positivos e azuis para negativos.

Com relação a cor, observou-se que o aumento da concentração de 50% para

100% beterraba, resultou na redução dos valores de luminosidade (L^*) e de b^* e aumento dos valores de a^* , mostrando uma tendência para a coloração vermelho brilhante devido a presença de betalaínas, diferindo da massa controle que apresentou tendência para a coloração branca amarelada. A coordenada a^* está diretamente relacionada com o pigmento da beterraba, a betalaínas.

Massas fresca							
Formulação	F0%						
	1° dia					7° dia	14° dia
	L^*	a^*	b^*	ΔE^* (com canela/sem canela)	ΔE^* (com beterraba/sem beterraba)	ΔE^*	ΔE^*
Sem canela	73,26±5,06	2,62±0,94	23,74±0,83	-	-	3,47±0,48	4,23±0,51
Com canela	67,95±1,18	3,96±0,50	21,46±0,70	6,01±0,92	-	9,63±5,57	7,29±6,28
F50%							
Sem canela	44,36±2,05	30,61±2,09	8,64±1,98	-	43,04±2,02	4,87±3,03	3,39±0,43
Com canela	49,18±1,15	32,50±1,51	5,42±0,64	6,28±0,82	37,76±1,45	4,63±2,65	4,23±3,14
F100%							
Sem canela	41,09±2,12	32,79±1,08	4,06±0,20	-	48,32±1,03	3,01±1,20	6,44±1,14
Com canela	42,84±1,46	34,75±1,49	3,84±0,68	2,92±1,57	43,50±0,79	2,90±0,46	4,71±0,40
Pão forneado							
Formulação	F0%						
	1° dia					7° dia	14° dia
	L^*	a^*	b^*			ΔE^*	ΔE^*
Sem canela	70,56±3,10	1,88±0,46	21,02±1,47	-	-	2,65±1,42	2,81±1,91
Com canela	70,09±2,25	1,94±0,26	19,36±1,20	2,37±1,62	-	5,93±2,28	1,38±1,01
F50%							
Sem canela	52,77±2,24	14,21±0,57	22,04±0,91	-	21,69±2,12	5,83±2,34	5,31±4,54
Com canela	52,88±5,63	11,86±0,84	21,24±0,78	5,04±2,04	20,09±5,01	3,91±0,64	3,37±1,83
F100%							
Sem canela	46,51±4,12	21,06±0,50	16,13±0,44	-	31,21±3,35	5,04±1,71	2,38±0,38
Com canela	38,34±3,52	21,16±1,16	15,12±1,26	5,72±3,17	37,42±2,65	5,72±3,17	3,23±0,69

Tabela 6. Parâmetros (L^* , a^* e b^*) de cor das massas frescas e forneadas durante 14 dias de armazenamento.

A presença da canela na massa diminuiu os valores de b^* positivos, mostrando uma diminuição da coloração amarelada. Além disso, após o forneamento, notou-se uma tendência à diminuição dos valores de L^* e de a^* , seguido de um simultâneo aumento dos valores de b^* , mostrando uma tendência para a cor vermelho alaranjado escuro para os pães contendo beterraba e amarelo dourado escuro para o pão controle devido a caramelização e a reação de Maillard, e a possível degradação das betalaínas.

Quando se têm aquecimento do açúcar e esse leva a sua degradação e a produção

de pigmentos escuros denominados caramelo, acontece a caramelização. Já a reação de Maillard é caracterizada pela junção do grupo carbonila dos açúcares redutores com o grupo amínico das proteínas, de peptídeos ou de aminoácidos, quando o alimento é aquecido, gerando pigmentos de coloração escura, chamados de melanoidinas (Modi et al., 2021).

Todas as formulações de massas frescas e pães forneados com beterraba apresentaram variações da cor total após 7 e 14 dias de armazenamento, sem diferenças com as formulações sem beterraba, sugerindo estabilidade no pigmento betalaínas. Isso porque durante os 14 dias de armazenamento das massas congeladas observou-se pouca variação da cor das massas de pão com beterraba, demonstrando que o pigmento betalaínas se manteve estável, independentemente do tipo de embalagem utilizada. Provavelmente a estrutura da massa formada foi capaz de proteger o pigmento contra a fotodegradação.

CONCLUSÃO

A beterraba, devido a presença de betalaínas, pigmento natural possui elevado potencial de uso como corante natural em produtos de panificação. Nós comprovamos que, quanto mais beterraba incorporada na massa de pão, mais intensa foi a sua coloração avermelhada e maior foi o seu teor de água, em comparação com a formulação controle. As massas de pão com beterraba após forneamento ainda apresentaram coloração vermelho-arroxeadas escuras. Quanto maior a concentração de beterraba, menor os valores de luminosidade e de b^* , e maior a^* , confirmando a sua tendência para a cor vermelha observada visualmente.

A adição de beterraba na formulação controle melhorou o perfil nutricional dos pães produzidos. O pão 100% beterraba pode ser classificado como um produto de baixo teor de açúcares (< 5 g por porção) e baixo teor em gorduras saturadas (< 1,5 g, somatória de gorduras saturadas e trans por porção). Conclui-se, portanto, que a adição da beterraba foi capaz de enriquecer a qualidade nutricional e gerar cor inovadora no produto elaborado.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento especial ao Laboratório de Tecnologia de Pós-Colheita e de Secagem da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas e a Universidade do Estado de Minas Gerais - Passos pela parceria que possibilitou o desenvolvimento desse trabalho. Ao Programa Institucional de Apoio a Pesquisa (PAPq/UEMG) pela concessão da bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

ABIP. Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria. **Indicadores da Panificação e Confeitaria Brasileira.**, 2021. Disponível em: <<https://www.abip.org.br/site/wp-content/uploads/2021/01/Indicadores2020-abip.pdf>>. Acesso em: 27 fev. 2022

BISTRICHE GIUNTINI, E.; LAJOLO, F. M.; WENZEL DE MENEZES, E. **Composição de alimentos: um pouco de história.** ALAN, Caracas, v. 56, n. 3, p. 295-303, sept. 2006. Disponível em <http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222006000300014&lng=es&nrm=iso>. Acesso em 07 fev. 2024.

BRUINS, M. J.; VAN DAEL, P.; EGGERSDORFER, M. **The Role of Nutrients in Reducing the Risk for Noncommunicable Diseases during Aging.** *Nutrients*, v. 11, n. 1, p. 85, 4 jan. 2019.

CARREÓN-HIDALGO, J. P.; FRANCO-VÁSQUEZ, D. C.; GÓMEZ-LINTON, D. R.; PÉREZ-FLORES, L. J. **Betalain plant sources, biosynthesis, extraction, stability enhancement methods, bioactivity, and applications.** *Food Res Int.* 2022 Jan;151:110821. doi: 10.1016/j.foodres.2021.110821. Epub 2021 Nov 25. PMID: 34980373.

COSMO, B. M. N.; GALERIANI, T. M. **Composição bromatológica de beterraba, capim elefante e farinha de peixe.** *Revista Brasileira Multidisciplinar*, v. 24, n. 3, p. 53–69, 2021.

COSTA, M. M. **Sucos funcionais: percepções, compreensão e comportamento do consumidor.** 2019. p. 319. Dissertação (Mestrado Profissional em Comportamento do Consumidor). Escola Superior de Propaganda e Marketing, São Paulo, 2019.

CROCETTI, A. et al. Determinação da composição centesimal a partir de dois métodos de secagem para a produção da farinha de beterraba (*Beta vulgaris*, L. - Família Amaranthaceae). *Visão Acadêmica*, [S.l.], v. 17, n. 4, mar. 2017. ISSN 1518-8361. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/academica/article/view/51359/31867>>. Acesso em: 03 ago. 2022. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/acd.v17i4.51359>.

CUI, R.; FEI, Y.; ZHU, F. **Physicochemical, structural and nutritional properties of steamed bread fortified with red beetroot powder and their changes during breadmaking process.** *Food Chem.* 2022 Jul 30;383:132547. doi: 10.1016/j.foodchem.2022.132547. Epub 2022 Feb 25. PMID: 35413753.

GOLDMAN, I.L.; JANICK, J. **Evolution of Root Morphology in Table Beet: Historical and Iconographic.** *Front Plant Sci.* 2021 Aug 10;12:689926. doi: 10.3389/fpls.2021.689926. PMID: 34447400; PMCID: PMC8384405.

GUERRERO-RUBIO, M. A.; HERNÁNDEZ-GARCÍA, S.; ESCRIBANO, J.; JIMÉNEZATIÉNZA, M.; CABANES, J.; GARCÍA-CARMONA, F.; GANDÍA-HERRERO, F. **Betalain health-promoting effects after ingestion in *Caenorhabditis elegans* are mediated by DAF-16/FOXO and SKN-1/Nrf2 transcription factors.** *Food Chemistry*, v. 330, 127228, 2020

HALAL, S. L. M. El. Avaliação Tecnológica de Pães Elaborados com Diferentes Porções de Açúcar. In: VII Simpósio de Alimentos Para a Região Sul., 2011, Passo Fundo, Artigo, Passo Fundo: Engenharia de Alimentos da Universidade de Passo Fundo, 2011. p 1 – 4. Disponível em: https://www.upf.br/_uploads/Conteudo/simposio-sial-anais/2011/tecnologia/115.pdf. Acesso em: 07 Jan. 2024.

HORWITZ, W.; LATIMER, G. W. **Official methods of analysis of AOAC International.** Gaithersburg, Md.: AOAC International, 2005.

KLOEK, W.; van VLIET, T., MEINDERS, M. **Effect of Bulk and Interfacial Rheological Properties on Bubble Dissolution.** *J Colloid Interface Sci*, San Diego, v. 237, n. 2, p.158- 166, 2001.

LARA, C. F. de; KMIČEK, H. Elaboração e caracterização de pães sem glúten. 2018. 32f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná Departamento Acadêmico de Tecnologia em Alimentos, Ponta Grossa, 2018.

LI, G.; MENG, X.; ZHU, M.; LI, Z. **Research Progress of Betalain in Response to Adverse Stresses and Evolutionary Relationship Compared with Anthocyanin.** *Molecules.* 2019 Aug 24;24(17):3078. doi: 10.3390/molecules24173078. PMID: 31450587; PMCID: PMC6749444.

LILIANA, C.; OANA-VIORELA, N. **Red Beetroot: Composition and Health Effects - A Review**. Journal of Nutritional Medicine and Diet Care, v. 5, n. 2, 18 jun. 2020.

MADADI, E.; MAZLOUM-RAVASAN, S.; YU, J. S.; HA, J. W.; Hamishehkar, H.; Kim, K. H. **Therapeutic Application of Betalains: A Review**. Plants, v. 9, 1219, 2020.

MINISTERIO DA SAÚDE. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Instrução Normativa – IN Nº 75, de 08 de outubro de 2020**. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional dos alimentos embalados. Diário Oficial da União. ed.195, 09 out. 2020.

MODI, B.; TIMILSINA, H.; BHANDARI, S.; ACHHAMI, A.; PAKKA, S.; SHRESTHA, P.; KANDEL, D. G. C. D. B.; KHATRI, S.; CHHETRI, P. M.; PARAJULI, N. **Current Trends of Food Analysis, Safety, and Packaging**. Int J Food Sci. 2021 Aug 24;2021:9924667. doi: 10.1155/2021/9924667. PMID: 34485507; PMCID: PMC8410450.

MORETH, N. W. **Cookie and cracker ovens – Part I**. American Institute of Baking Bulletin, Donald Dubois Ed., 9(6), 1987. 8 p

NOGUEIRA, G. F. et al. **Bioactive films of arrowroot starch and blackberry pulp: Physical, mechanical and barrier properties and stability to pH and sterilization**. Food Chemistry, v. 275, p. 417–425, mar. 2019.

PIRES, P. S.; QUADROS, G. S. L.; GADELHA, G. G. P. **Desenvolvimento e caracterização de pão sem glúten à base de farinha de vegetais**. e-xacta, v. 11, n. 1, p. 85–95, 2018.

PULIGUNDLA, P., MOK, C. **Valorization of sugar beet pulp through biotechnological approaches: recent developments**. Biotechnol Lett. 2021 Jul;43(7):1253-1263. doi: 10.1007/s10529-021-03146-6. Epub 2021 May 12. PMID: 33978884.

PUNIA BANGAR, S.; SHARMA, N.; SANWAL, N.; LORENZO, J. M.; SAHU, J. K. **Bioactive potential of beetroot (Beta vulgaris)**. Food Res Int. 2022

ROCHA, P. G. **Aplicação de fibra de beterraba em pão integral**. 2012.

SEBRAE. **Indústria: Panificação**. 2017. Disponível em: <[https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/BA/Anexos/Ind%20C3%BAstri a%20da%20panifica%C3%A7%C3%A3o.pdf](https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/BA/Anexos/Ind%20C3%BAstri%20da%20panifica%C3%A7%C3%A3o.pdf)>. Acesso em: 27 fev. 2022

Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO). Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação – NEPA, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Campinas/SP, 4ª edição revisada e ampliada, 2011. Disponível em: https://www.cfn.org.br/wp-content/uploads/2017/03/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf. Acesso em: 23 julho 2023