

**FROZEN YOGURT POTENCIALMENTE SIMBIÓTICO ADICIONADO DE GENGIBRE:
 ESTABILIDADE DURANTE O ARMAZENAMENTO**

Arthur de Oliveira Quintão¹, Maria Cecília Evangelista Vasconcelos Schiassi², Paula Nogueira Curi³
 Michelle Barbosa Lima⁴, Gabriel Vargas de Freitas¹, Kelly Moreira Bezerra Gandra¹
 Luciana Rodrigues da Cunha¹, Patrícia Aparecida Pimenta Pereira¹

RESUMO

Introdução: Frozen yogurt pode ser um meio adequado para a entrega de produtos simbióticos aos consumidores. Objetivo: elaborar frozen yogurt potencialmente simbióticos adicionados de gengibre e avaliar a estabilidade físico-química, dos compostos bioativos, da atividade antioxidante e a viabilidade das bactérias lácticas em condições de armazenamento. Materiais e Métodos: Foram elaboradas três formulações de frozen yogurt: F1, 2% de inulina, F2, 1% de inulina e 1% de polidextrose, e em F3, 1,36% de polidextrose, 0,32% de inulina e 0,32% de aveia e avaliadas quanto à acidez, pH, teores de compostos fenólicos totais, atividade antioxidante (método do sistema β -caroteno/ácido linoleico) e viabilidade das bactérias lácticas por 90 dias. Os resultados foram avaliados por análise de regressão. Resultados: As formulações de frozen yogurt potencialmente simbióticos adicionados de gengibre apresentaram estabilidade quanto a acidez e o pH durante o período de armazenamento. Em relação aos teores de compostos bioativos, o tempo de armazenamento fez com que aumentasse os valores de compostos fenólicos totais e diminuísse a porcentagem de proteção, sendo que a utilização de diferentes prebióticos não influenciaram esses fatores. Ao longo do armazenamento a quantidade de bactérias lácteas diminuiu, mas manteve-se acima de 10^6 UFC/g⁻¹ até os 60 dias de armazenamento. Conclusão: Conclui-se que é viável armazenar frozen yogurt simbióticos adicionado de gengibre por até 60 dias e que a utilização de diferentes prebióticos (tanto de forma isolada como de forma combinada) não altera as características do produto.

Palavras-chave: Gengiber officinale. Prebióticos. Probióticos.

1 - Departamento de Alimentos, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto-MG, Brasil.
 2 - Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, Brasil.

ABSTRACT

Frozen yogurt potentially symbiotic added from ginger: stability during storage

Introduction: Frozen yogurt can be an appropriate means of delivering symbiotic products to consumers. Objective: to prepare potentially symbiotic frozen yogurt added with ginger and to evaluate the physicochemical stability, bioactive compounds, antioxidant activity and viability of lactic acid bacteria under storage conditions. Materials and Methods: Three frozen yogurt formulations were prepared: F1, 2% inulin, F2, 1% inulin and 1% polydextrose, and in F3, 1.36% polydextrose, 0.32% inulin and 0.32% of oats and evaluated for acidity, pH, content of total phenolic compounds, antioxidant activity (β -carotene/linoleic acid method) and viability of lactic acid bacteria for 90 days. The results were evaluated by regression analysis. Results: Potentially symbiotic frozen yogurt added with ginger formulations showed stability in acidity and pH during the storage period. Regarding the contents of bioactive compounds, the storage time increased the values of total phenolic compounds and decreased the percentage of protection, and the use of different prebiotics did not influence these factors. During storage, the amount of milk bacteria decreased, but remained above 10^6 CFUg⁻¹ until 60 days of storage. Conclusion: It is concluded that it is feasible to store symbiotic frozen yogurt added to ginger for up to 60 days and that the use of different prebiotics (both alone and in combination) does not alter the characteristics of the product.

Key words: Gengiber officinale. Prebiotics. Probiotics.

3 - Departamento de Agricultura, Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, Brasil.
 4 - Programa de Pós-Graduação em Saúde e Nutrição, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto-MG, Brasil.

INTRODUÇÃO

O frozen yogurt, também conhecido como sorvete de iogurte (Skryplonek e colaboradores, 2019), é definido por Kosikowski (1977) como sendo um iogurte flavorizado, congelado em equipamentos próprios com a introdução de ar para obter cerca de 50% de “overrun” (incorporação de ar).

Contém pelo menos 2,7% de proteína do leite e não mais do que 10% de gordura, e tem uma acidez titulável de 0,3% de ácido láctico, no mínimo (Skryplonek e colaboradores, 2019).

Além das culturas *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus*, bactérias probióticas, pertencentes aos gêneros *Bifidobacterium* e *Lactobacillus*, têm sido incorporadas ao iogurte a fim de ampliar seu apelo de alimento funcional (Alves e colaboradores, 2009; Ferreira e colaboradores, 2014).

Nos últimos anos, os consumidores mudaram seus hábitos alimentares, optando por consumir alimentos que agem de forma benéfica em uma ou mais funções do corpo, além de adequar à nutrição e de certo modo melhorando a saúde e bem-estar, ou reduzindo o risco de doenças (Roberfroid, 1993; Abdullah, Cheng, 2000; Skryplonek e colaboradores, 2019).

Diante disso, o frozen yogurt é visto como uma alternativa mais saudável em comparação com sorvetes convencionais, pois combina os atributos sensoriais de uma sobremesa congelada com benefícios nutricionais, como baixo teor de gordura e a presença de bactérias viáveis (Akin, Akin, Kirmaci, 2007; Isik e colaboradores, 2011).

Frozen yogurt pode ser um meio adequado para a entrega de probióticos e prebióticos aos consumidores (Hashemi, Hosseini, 2021).

Probióticos são microrganismos viáveis que podem conferir um efeito benéfico para o consumidor quando administrados em quantidades adequadas (superior a 10^6 UFC/g⁻¹ ou mL⁻¹) (Terpou e colaboradores, 2019).

Vários benefícios à saúde têm sido atribuídos aos probióticos, tais como efeito antimutagênico e anticarcinogênico, estimulação do sistema imunológico, ação antagonista ao crescimento de patógenos, redução dos níveis de colesterol sérico e dos distúrbios intestinais em indivíduos intolerantes a lactose (Munhoz e colaboradores, 2018). Já

os prebióticos são substâncias compostas principalmente de oligossacarídeos não digeríveis, que podem ser utilizadas seletivamente como um substrato apropriado por probióticos (Manning, Gibson, 2004).

Quando os prebióticos são combinados com probióticos, sua relação é classificada como simbiótica (Hamilton-Miller, 2004; Allgeyer, Miller, Lee, 2010).

Esta associação beneficia o hospedeiro, pois há introdução direta de bactérias viáveis no organismo pela ingestão das culturas probióticas, e promoção do crescimento de bactérias benéficas já existentes no cólon por meio da fermentação seletiva do prebiótico (Pimentel, Prudencio, Rodrigues, 2011).

Fuchs e colaboradores (2006) e Castañeda (2018) consideram o consumo de alimentos simbióticos como sendo uma estratégia dietética para aumentar os microrganismos benéficos da microbiota intestinal, além de exercerem uma ação benéfica na saúde.

Atualmente, os prebióticos mais amplamente aceitos incluem inulina, polidextrose e β -glucanas (Costa e colaboradores, 2015; Arruda e colaboradores, 2020). A inulina é um dos prebióticos mais amplamente estudado e utilizado, com vantagens tecnológicas e propriedades nutricionais (Paseephol, Small, Sherkat 2008).

A capacidade prebiótica da inulina é explicada por sua estrutura química (Arruda e colaboradores, 2020). As ligações glicosídicas β -(2 \leftarrow 1) frutossil-frutose da inulina não pode ser hidrolisadas por enzimas digestivas humanas, permitindo que esse carboidrato chegue ao cólon, onde é degradado pelas enzimas β -frutanosidases que são prevalentes em *Bifidobacterium* e *Lactobacillus*, e metabolizado por esses microrganismos, proporcionando vários benefícios para a saúde (Arruda, Pereira, Pastore, 2017; Gibson e colaboradores, 2017).

Já a polidextrose é um polissacarídeo sintetizado pela polimerização randômica da glicose (Craig e colaboradores, 1998; Paucar-Menacho e colaboradores, 2008), sendo também fermentado seletivamente no intestino grosso, conferindo benefícios à saúde do hospedeiro, tais como aumento da velocidade do trânsito intestinal e a atenuação da absorção da glicose (Flood, Auerbach, Craig, 2004; Roberfroid, 2007; Herfel e colaboradores, 2009).

As β -glucanas são polissacarídeos lineares e estão presentes em maior concentração no farelo de aveia e essa possui uma importante ação na redução do colesterol sanguíneo em indivíduos com hipercolesterolemia, além de resistência aos processos digestivos humanos (De Sá, Francisco, Soares, 1998).

Ainda, segundo Chen e colaboradores (2018), a utilização de farelo de aveia em produtos alimentícios pode contribuir na neutralização de espécies reativas de oxigênio (ROS) uma vez que contém elevado conteúdo de compostos fenólicos.

Além de produtos com propriedades funcionais, os consumidores estão cada vez mais à procura de alimentos com sabores sui generis e o uso de gengibre (*Zingiber officinale*) na elaboração de produtos possui potencialidade de sucesso (Pizzatto e colaboradores, 2010; Souza e colaboradores, 2010, Amorim, Lelis, Costa, 2018).

Além disso, o gengibre possui várias propriedades comprovadas tais como atividade anti-inflamatória, antiemética, antináusea, antimutagênica, antiúlcera, hipoglicêmica, antibacteriana, antioxidante e antitumoral (Zarate, Sukrasno; Yeoman, 1992, Tomaino e colaboradores, 2005; Ghafoor e colaboradores, 2020).

Diante disso, o objetivo deste estudo foi elaborar frozen yogurt potencialmente simbióticos adicionados de gengibre e avaliar a estabilidade físico-química, dos compostos bioativos, da atividade antioxidante e a viabilidade das bactérias lácticas em condições de armazenamento.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Para a realização do estudo foram utilizados os seguintes materiais: leite integral UHT (Italac®); cultura bacteriana mista liofilizada pronta para uso que continha *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus* (FD-DVS CH-1-Yo-Flex®, Chr. Hansen); creme de leite (Itambé®); cultura liofilizada probiótica a qual possuía bifidobactérias e lactobacilos vivos (Bio Rich®, Chr. Hansen); açúcar refinado (União®); emulsificante e estabilizante (Selecta®); Emustab DR (emulsificante e estabilizante neutro - Selecta®); base para gelados comestíveis (Selecta®); inulina (Frutafit IQ-

Metachem®); polidextrose (Nutramax®) e farelo de aveia OAT BRAN (Quaker®).

Processamento do gengibre

Os gengibres in natura (adquiridos no comércio local da cidade de Ouro Preto-MG) foram lavados em água corrente para remoção das sujidades e imersos em solução de hipoclorito a 2,5% por 15 min.

Após processo de higienização, os gengibres in natura foram armazenados em recipientes plásticos e estocados em freezer a -18 °C.

Preparo do iogurte

O iogurte foi preparado segundo metodologia de Ferreira (2001). Inicialmente foi adicionado o açúcar (2,25%) ao leite (80%) e em seguida a mistura foi homogeneizada e submetida a tratamento térmico a 90 °C por 5 min. Posteriormente, a mistura foi resfriada até 43 °C para inoculação (0,01%) do fermento láctico (*Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus*). Por fim, foi realizada a incubação a 43 °C até atingir acidez de 0,68%. Após a fermentação, o iogurte foi levado para maturação em refrigerador (10 °C) por 48 h.

Preparo do frozen yogurt potencialmente simbiótico adicionado de gengibre

Foram elaboradas três diferentes formulações de frozen yogurt simbiótico adicionados de gengibre contendo prebióticos isolados ou em combinações. As quantidades foram determinadas por meio de testes prévios.

Inicialmente o prebiótico (2%) foi pesado de acordo com cada amostra, sendo adicionado em F1, 2% de inulina, F2, 1% de inulina e 1% de polidextrose, e em F3, 1,36% de polidextrose, 0,32% de inulina, e 0,32% de aveia. Em seguida, foram adicionados 1% de emulsificante/estabilizante e 13% de base para gelados comestíveis.

Estes aditivos foram homogeneizados em 20% de leite UHT e, posteriormente, sofreram tratamento térmico a 90 °C por 5 min. Posteriormente, a mistura foi resfriada a 4 °C e foi adicionada em liquidificador industrial 20% de iogurte inoculado com 0,8% de cultura probiótica, 60% de iogurte, 1% de Emustab e 1% de gengibre sendo homogeneizados por 1 min.

Por fim, a mistura sofreu maturação por 2 h sob refrigeração, sendo em seguida aerada e congelada a $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. As formulações foram armazenadas sob refrigeração a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ em recipientes de polipropileno.

Avaliação da acidez titulável e do pH das diferentes formulações de frozen yogurt potencialmente simbiótico adicionados de gengibre

A acidez titulável e o pH foram realizados segundo IAL (2008) e AOAC (2005) respectivamente, em triplicata.

Avaliação dos compostos bioativos e da atividade antioxidante das diferentes formulações de frozen yogurt potencialmente simbiótico adicionados de gengibre

Obtenção dos extratos

A extração foi adaptada da metodologia de Larrauri, Rupérez, Saura-Calixto (1997).

Foram pesados em Erlenmeyer 10 g de cada formulação sendo adicionados 40 mL de solução metanol/água (50:50 v/v), mantidos sob agitação (200 rpm) à temperatura ambiente por 60 min.

Após esse período, a solução foi mantida em repouso em ambiente refrigerado (8°C) por 30 min e, em seguida, o sobrenadante foi recuperado e transferido para um balão volumétrico de 100 mL, onde foram adicionados 40 mL de acetona/água (70:30 v/v) ao resíduo, sob agitação (200 rpm) à temperatura ambiente durante 60 min. Posteriormente, a solução foi mantida em repouso em ambiente refrigerado ($8\text{ }^{\circ}\text{C}$) por 30 min.

Completado o período, transferiu-se o sobrenadante para o balão volumétrico contendo o primeiro sobrenadante e completou-se o volume para 100 mL com água destilada.

Todo o preparo dos extratos foi realizado ao abrigo de luz, sendo que os extratos foram mantidos à temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ até o momento das análises.

Compostos fenólicos totais

Os teores de compostos fenólicos totais foram quantificados de acordo com o método adaptado de Folin-Ciocalteu (Waterhouse, 2002), em triplicata. Foram pipetados 0,5 mL da solução do extrato em tubos de ensaio, em seguida, foram adicionados 2,5 mL do reagente de Folin-Ciocalteu 10% (v/v) e 2,0 mL da solução de carbonato de sódio 4% (p/v).

Homogeneizaram-se os tubos mantendo-os em repouso por 120 min, ao abrigo de luz, e a absorbância foi determinada 750 nm, tendo o etanol absoluto como branco.

A determinação do teor de fenólicos totais foi realizada por meio da interpolação da absorbância das amostras contra a curva de calibração construída com padrões de ácido gálico (5, 10, 15, 20, 30 e $40\text{ }\mu\text{g/mL}$). Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico equivalente (GAE)/g.

Avaliação da atividade antioxidante pelo sistema β -caroteno/ácido linoleico

A atividade antioxidante foi determinada pelo método do β -caroteno, seguindo o procedimento relatado por Marco (1968), com algumas modificações. Resumidamente, uma alíquota ($50\text{ }\mu\text{L}$) da solução de clorofórmio e β -caroteno (20 mg mL^{-1}) foi adicionada a um frasco contendo $40\text{ }\mu\text{L}$ de ácido linoleico, 1,0 mL de clorofórmio e $530\text{ }\mu\text{L}$ de Tween 40 e então misturadas. O clorofórmio foi evaporado usando um oxigenador.

Após o processo de evaporação, foi adicionada água destilada oxigenada (aproximadamente 100 mL) para obter uma absorbância de $0,65 \pm 0,5$ unidades a 470 nm. Uma alíquota (0,4 mL) de solução de Trolox (200 mg L^{-1}) ou extrato de frozen yogurt diluído (200 mg L^{-1}) foi adicionada a 5 mL da solução de β -caroteno e incubada em banho-maria a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

As medições foram realizadas após 2 min e 120 min a uma absorbância de 470 nm usando um espectrofotômetro. A atividade antioxidante foi calculada como o percentual de proteção em relação ao controle.

Avaliação da viabilidade das bactérias lácticas presentes no frozen yogurt potencialmente simbiótico adicionados de gengibre durante armazenamento sob refrigeração a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$

A viabilidade das bactérias lácticas foi avaliada por meio de plaqueamento em profundidade em ágar MRS (De Man, Rogosa, Sharpe, 1960). As placas foram incubadas à $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 48 h.

Em seguida, realizou-se a contagem em contador de colônias e os resultados foram expressos em UFC/g de frozen yogurt, sendo todos os testes realizados em triplicata.

Delineamento experimental e análise dos resultados

Para a avaliação da estabilidade, os frozen yogurt potencialmente simbiótico adicionados de gengibre foram analisados durante 6 tempos (1, 7, 15, 30, 60 e 90 dias) e armazenados em temperatura de congelamento (-18 °C). O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), com um fatorial 6x1, com 3 repetições.

Os resultados foram avaliados por meio de análise de regressão em Excel.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Avaliação da acidez titulável e do pH das diferentes formulações de frozen yogurt potencialmente simbióticos adicionados de gengibre

Na Figura 1 estão apresentados os teores de acidez titulável das diferentes formulações de frozen yogurt potencialmente simbióticos adicionados de gengibre durante armazenamento.

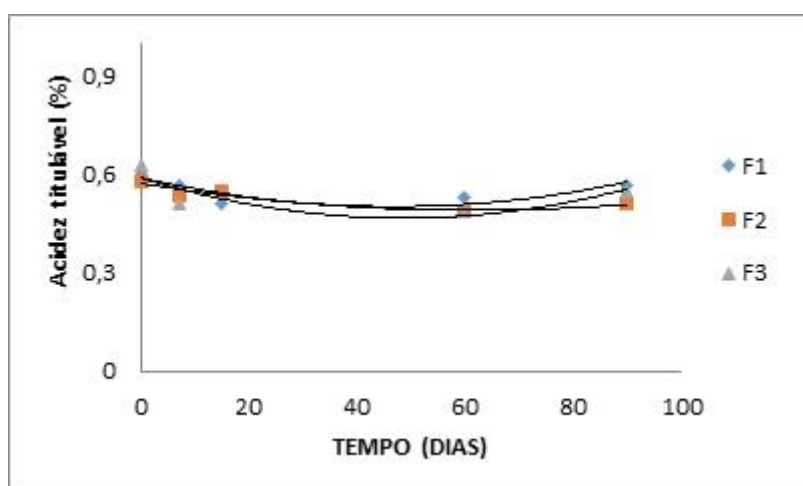


Figura 1 - Teores de acidez titulável das diferentes formulações de frozen yogurt potencialmente simbióticos adicionados de gengibre em função do armazenamento. F1, 2% de inulina, F2, 1% de inulina e 1% de povidexrose, e em F3, 1.36% de povidexrose, 0.32% de inulina, e 0.32% de aveia.

Observa-se que de um modo geral, as formulações de frozen yogurt potencialmente simbiótico adicionados de gengibre não apresentaram variações de acidez (%) ao longo do tempo de armazenamento, com valores em torno de 0,60% de ácido láctico.

Segundo Hui (1992) e Skryplonek e colaboradores (2019), o frozen yogurt requer

uma acidez mínima de 0,30% calculada em ácido láctico no produto.

Dessa forma, a utilização de diferentes prebióticos não influenciaram os teores de acidez do presente estudo.

Na Figura 2 estão os valores médios de pH das diferentes formulações de frozen yogurt potencialmente simbióticos adicionados de gengibre durante armazenamento.

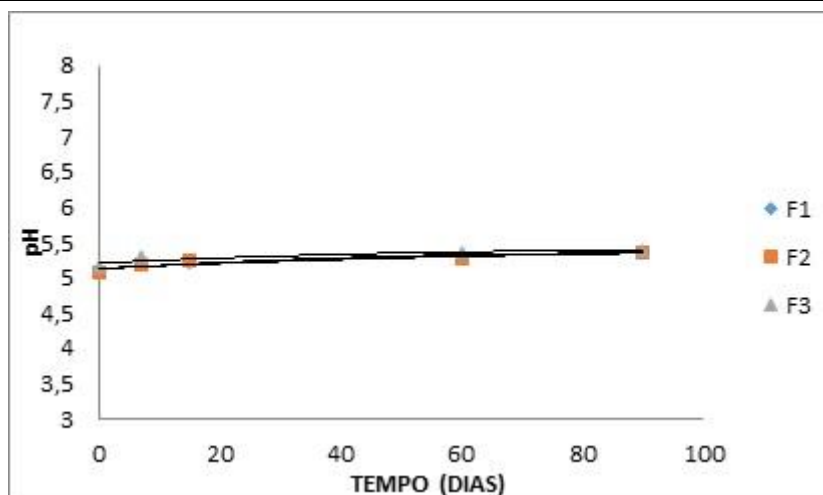


Figura 2 - Valores de pH das diferentes formulações de frozen yogurt potencialmente simbióticos adicionados de gengibre em função do armazenamento. F1, 2% de inulina, F2, 1% de inulina e 1% de polidextrose, e em F3, 1.36% de polidextrose, 0.32% de inulina, e 0.32% de aveia.

Observa-se que o pH se manteve estável ao longo do tempo de armazenamento nas 3 formulações em estudo (Figura 2).

Segundo Guner e colaboradores (2007) é esperado uma diminuição do pH e, conseqüentemente, um aumento na acidez em frozen yogurt durante o armazenamento visto que as proteínas e os carboidratos são degradados pelos microrganismos presentes produzindo ácido láctico.

Acredita-se que tal estabilidade deve-se a adição de gengibre, podendo estar ocorrendo uma possível migração dos biocompostos presentes no gengibre para o frozen yogurt ao longo tempo, causando uma possível inibição das bactérias ácido lácticas, diminuindo, assim, a produção de ácido láctico durante o armazenamento.

Juliano e colaboradores (2015) avaliando o pH e acidez de suas formulações, obtiveram valores de pH variando de 5,20 a 5,80, resultados próximos aos obtidos neste estudo.

Além disso, o pH encontrado está próximo do encontrado por Pinto e colaboradores (2012) em frozen yogurt com *Bifidobacterium* BB-12 microencapsulada.

Avaliação dos compostos bioativos e da atividade antioxidante das diferentes formulações de frozen yogurt potencialmente simbióticos adicionados de gengibre

Na Figura 3 estão apresentados os teores de compostos fenólicos totais das diferentes formulações de frozen yogurt potencialmente simbióticos adicionados de gengibre durante armazenamento.

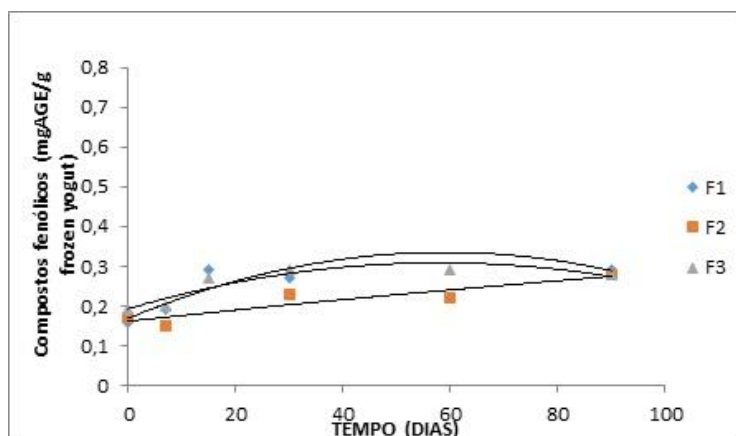


Figura 3 - Teores de compostos fenólicos totais das diferentes formulações de frozen yogurt potencialmente simbióticos adicionados de gengibre em função do armazenamento. F1, 2% de inulina, F2, 1% de inulina e 1% de polidextrose, e em F3, 1.36% de polidextrose, 0.32% de inulina, e 0.32% de aveia.

Os compostos fenólicos, além da capacidade antioxidante como bloqueadores dos radicais na reação em cadeia, são capazes de eliminar o radical hidroxila, superóxido e oxigênio singlet (Beal, 2006).

Assim, observa-se na Figura 3, o comportamento semelhante das formulações F1, F2, e F3 mantendo um teor de compostos fenólicos bem próximo ao fim do período de armazenamento sob refrigeração, não apresentando diferença significativa entre as amostras.

Porém, observa-se que para formulação F2, houve um aumento gradativo e constante da quantidade de compostos fenólicos durante o período de armazenamento.

Acredita-se que os prebióticos adicionados a essa formulação (1% de inulina e 1% de povidona), de alguma maneira possa ter influenciado nesse aumento constante dos compostos fenólicos.

Segundo Tomas e colaboradores (2018), uma dieta rica em fibras dietéticas, tais como inulina e povidona, e compostos fenólicos oferece benefícios incomparáveis por causa de seus efeitos positivos na saúde humana.

No entanto, suas bioatividades podem ser afetadas por interações entre si, sendo benéficas ou prejudicial para as bioatividades associadas aos compostos fenólicos (González-Sarrías, Espín, Tomás-Barberán, 2017).

Compostos fenólicos têm anéis aromáticos hidrofóbicos e grupos hidroxila hidrofílicos com a capacidade de se ligar a polissacarídeos e proteínas em vários locais da superfície da parede celular (Jakobek, 2015).

As interações entre fibra alimentar e compostos fenólicos podem ocorrer por pontes de hidrogênio (entre o grupo hidroxila dos

compostos fenólicos e átomos de oxigênio das ligações glicosídicas de polissacarídeos), interações hidrofóbicas e formação de ligações covalentes como ligações éster entre ácidos fenólicos e polissacarídeos (Tomas e colaboradores, 2018).

Karaaslan e colaboradores (2011) na tentativa de fortificar o iogurte com compostos fenólicos por meio da adição de uva, obtiveram resultados de compostos fenólicos ainda abaixo dos encontrados no presente estudo, sendo para a formulação de maior conteúdo fenólico encontrado $0,078 \pm 0,0049$ mg GAE/g de iogurte.

Fagnani e Silva (2020) verificaram que um iogurte concentrado enriquecido com farinha de semente de uva atende aos parâmetros de qualidade exigidos pela legislação brasileira e ao mesmo tempo com potencial comercial devido à boa capacidade antioxidante e presença de fenólicos.

Segundo Vasco, Ruales, Kamal-Eldin (2008), para frutas, pode-se classificá-las em teores baixo (<1 mg GAE/g), médio (1-5 mg de GAE/g) e alto (> 5 mg GAE/g).

Dessa forma, ao final do tempo de armazenamento, as três formulações de frozen yogurt potencialmente simbióticos adicionados de gengibre podem ser classificadas como baixo teor de compostos fenólicos. Isso pode ser em decorrência da quantidade de gengibre adicionado nos produtos (1%) o qual não foi capaz de elevar os teores de compostos fenólicos totais.

Em relação a porcentagem de proteção, observa-se comportamento semelhante das três formulações de frozen yogurt potencialmente simbiótico adicionados de gengibre (Figura 4), indicando que não houve influência da adição de prebióticos isolados ou em combinações na atividade antioxidante.

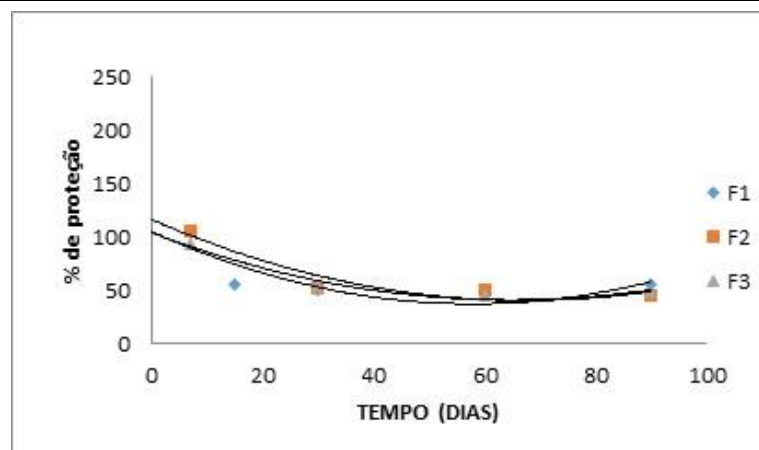


Figura 4 - Porcentagem de proteção das diferentes formulações de frozen yogurt potencialmente simbióticos adicionados de gengibre em função do armazenamento. F1, 2% de inulina, F2, 1% de inulina e 1% de polidextrose, e em F3, 1.36% de polidextrose, 0.32% de inulina, e 0.32% de aveia.

Galvão e colaboradores (2008) avaliando a atividade antioxidante pelo método do sistema β -caroteno/ácido linoleico em óleo de linhaça, observou uma porcentagem de proteção de 58,02% para o extrato aquoso. Segundo o autor, esses resultados indicam um bom percentual de proteção contra oxidação lipídica.

Assim, estima-se que o pequeno aumento da porcentagem de proteção após 60 dias, deve à migração de compostos antioxidante presentes gengibre adicionado (1%) ocasionando um pequeno aumento no percentual de proteção contra oxidação lipídica, sendo que, segundo Jelled e colaboradores (2015), os compostos fenólicos

contribuem significativamente para as propriedades antioxidantes, o que pode ser observado das Figuras 3 e 4.

Avaliação da viabilidade das bactérias lácticas presentes nas diferentes formulações de frozen yogurt simbiótico adicionado de gengibre

De acordo com Cocolin e colaboradores (2018), os microrganismos em produtos lácteos têm papéis muito importantes e são essenciais para as características físico-químicas e sensoriais do produto.

Da mesma forma, a estabilidade microbiana é crucial para a manutenção das características dos produtos (Terpou e colaboradores, 2019).

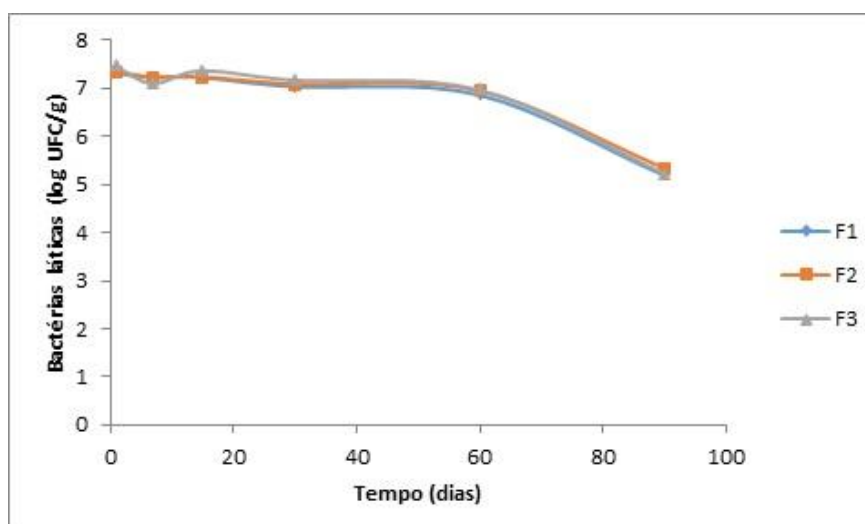


Figura 5 - Viabilidade das bactérias ácido láticas presentes diferentes formulações de frozen yogurt simbiótico adicionados de gengibre em função do armazenamento. F1, 2% de inulina, F2, 1% de inulina e 1% de polidextrose, e em F3, 1.36% de polidextrose, 0.32% de inulina, e 0.32% de aveia.

De acordo com a Figura 5, pode-se observar que durante o período de armazenamento a -18 °C, as formulações F1, F2 e F3 de frozen yogurt apresentaram uma pequena redução na contagem das bactérias ácido láticas até 60 dias, apresentando quantidade de células viáveis na faixa de 10⁷ UFC/g de frozen yogurt. Após 60 dias, houve maior redução (aproximadamente 2 ciclos log) na população de bactérias láticas, apresentando valor abaixo de 10⁶ UFC/g⁻¹.

Observa-se também que as contagens para as diferentes formulações foram bem próximas, indicando que não houve influência dos prebióticos, isolados ou em combinação sobre a viabilidade das bactérias ácido láticas.

Este resultado pode ter ocorrido devido a lesões por congelamento nas células, que eventualmente levam à redução de contagens de células bacterianas, conforme também relatado por outros estudos (Akin, Akin, Kirmaci, 2007; Pinto e colaboradores, 2012).

Rutella, Tagliacuzzi, Solieri (2016) também obteve elevada viabilidade de bactérias láticas em iogurte armazenado sob refrigeração por 28 dias, indicando resultados compatíveis com os obtidos nesse estudo.

CONCLUSÃO

As formulações de frozen yogurt potencialmente simbióticos adicionados de gengibre apresentaram estabilidade quanto a acidez, pH, teores de compostos fenólicos e porcentagem de proteção durante o período de armazenamento apresentando uma pequena redução na contagem das bactérias ácido láticas até 60 dias, com valores acima de 10⁶ UFC/g⁻¹.

Dessa forma, pode-se concluir que é viável armazenar frozen yogurt simbióticos adicionado de gengibre por até 60 dias e que a utilização de diferentes prebióticos (tanto de forma isolada como de forma combinada) não altera as características do produto.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UFOP e à FAPEMIG pelo apoio financeiro, à Nutramax® pela doação da polidextrose e à Metachem® pela doação da inulina.

REFERÊNCIAS

- 1-Abdullah, A.; Cheng; T.C. Optimization of reduced calorie tropical mixed fruits jam. Food Quality and Preference. Vol. 12. 2000. p. 63-68.
- 2-Akin, M.B.; Akin, M.S.; Kirmaci, Z. Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice cream. Food Chemistry. Vol. 104. 2007. p. 93-99.
- 3-Allgeyer, L.C.; Miller, M.J.; Lee, S.Y. Sensory and microbiological quality of yogurt drinks with prebiotics and probiotics. Journal of Dairy Science. Vol. 93. Num. 10. 2010. p. 4471-4479.
- 4-Alves, L.L.; Richerds, N.S.P.S.; Becker, L.V.; Andrade, D.F.; Milani, L.I.G.; Rezer, A.P.S.; Scipioni, G.C. Aceitação sensorial e caracterização de frozen yogurt de leite de cabra com adição de cultura probiótica e prebiótica. Ciência Rural. Vol. 39. Num. 9. 2009. p. 2595-2600.
- 5-AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of the AOAC International. In G. Horwitz, Latimer (Eds.). (18th ed.). Gaithersburg, MD: AOAC International, 2005.
- 6-Amorim, A.M.; Lelis, V.G; Costa, Y.A. Elaboração e análise sensorial de uma bebida com propriedades antioxidantes à base de chá verde, gengibre, hortelã e abacaxi. Revista UniScientiae. Vol. 1. 2018. p. 1-12.
- 7-Arruda, H.S.; Pereira, G.A.; Pastore, G.M. Oligosaccharide profile in Brazilian Cerrado fruit araticum (*Annona crassiflora* Mart.). LWT - Food Science and Technology. Vol. 76. 2017. p. 278-283.
- 8-Arruda, H.S.; Silva, E.K.; Pereira, G.A.; Meireles, M.A.A.; Pastore, G.M. Inulin thermal stability in prebiotic carbohydrate-enriched araticum whey beverage. LWT - Food Science and Technology. Vol. 128. 2020. p. 109418.
- 9-Beal, B.H. Atividade antioxidante e identificação dos ácidos fenólicos do gengibre (*Zingiber officinale* Roscoe). Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2006.

- 10-Castañeda, G.C. Probióticos, puesta al día. Revista Cubana de Pediatría. Vol. 90. 2018. p. 286-298.
- 11-Chen, C.; Wang, L.; Wang, R.; Luo, X.; Li, Y.; Li, J.; Li, Y.; Chen, Z. Phenolic contents, cellular antioxidant activity and antiproliferative capacity of different varieties of oats. Food Chemistry. Vol. 239. 2018. p. 260-267.
- 12-Cocolin, L.; Dolci, P.; Alessandria, V.; Rantsiou, K. Microbiology of fermented dairy products. Reference module in life sciences. Elsevier. 2018.
- 13-Costa, M.P.; Frasco, B.S.; Silva, A.C.O.; Freitas, M.Q.; Franco, R.M.; Conte-Junior, C.A. Cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) pulp, probiotic, and prebiotic: Influence on color, apparent viscosity, and texture of goat milk yogurts. Journal of Dairy Science. Vol. 98. Num. 9. 2015. p. 5995-6003.
- 14-Craig, S.A.S.; Holden, J.F.; Troup, J.P.; Auerbach, M.H.; Frier, H.I. Polydextrose as soluble fiber: physiological and analytical aspects. Cereal Foods World. Vol. 43. Num. 5. 1998. p. 370-376.
- 15-De Man, J.C.; Rogosa, M.; Sharpe, M.E. A medium for the cultivation of lactobacilli. Journal of Applied Bacteriology. Vol. 23. Num. 1. 1960. p. 130-135.
- 16-De Sá, R.M.; Francisco, A.; Soares, F.C. Concentração de β -glucanas nas diferentes etapas do processamento da aveia (*Avena sativa* L.). Ciência e Tecnologia de Alimentos. Vol. 18. Num. 4. 1998. p. 425-427.
- 17-Fagnani, R.; Silva, P.M. Formulação de iogurte concentrado enriquecido com farinha de semente de uva: atividade antioxidante e cinética de fermentação. Ensaios. Vol. 24. 2020. p. 189-193.
- 18-Ferreira, C.L.L.F. Produtos lácteos fermentados - aspectos bioquímicos e tecnológicos. Viçosa. Editora UFV. 2001.
- 19-Ferreira, C.M.; Vieira, A.T.; Vinolo, M.A.R.; Oliveira, F.A.; Curi, R.; Martins, F.D.S. The central role of the gut microbiota in chronic inflammatory diseases. Journal of Immunology Research. Vol. 2014. 2014. p. 1-12.
- 20-Flood, M.T.; Auerbach, M.H.; Craig, S.A.S. A review of the clinical toleration studies of polydextrose in food. Food and Chemical Toxicology. Vol. 42. 2004. p. 1531-1542.
- 21-Fuchs, R.H.B.; Tanamati, A.A.C.; Antonioli, C.M.; Gasparello, E.A.; Doneda, I. Utilização de *Lactobacillus casei* e cultura iniciadora na obtenção de iogurte suplementado com inulina e oligofrutose. Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos. Vol. 24. Num. 1. 2006. p. 83-98.
- 22-Galvão, E.L.; Silva, D.C.F.; Silva, J.O.; Moreira, A.V.B.; Souza, E.M.B.D. Avaliação do potencial antioxidante e extração subcrítica do óleo de linhaça. Ciência e Tecnologia de Alimentos. Vol. 28. Num. 3. 2008. p. 551-557.
- 23-Ghafoor, K.; Al Juhaimi, F.; Özcan, M.M.; Uslu, N.; Babiker, E.E.; Ahmed, I.A.M. Total phenolics, total carotenoids, individual phenolics and antioxidant activity of ginger (*Zingiber officinale*) rhizome as affected by drying methods. LWT - Food Science and Technology. Vol. 126. 2020. p. 109354.
- 24-Gibson, G.R.; Hutkins, R.; Sanders, M.E.; Prescott, S.L.; Reimer, R.A.; Salminen, S.J.; Scott, K.; Stanton, C.; Swanson, K.S.; Cani, P.D.; Verbeke, K.; Reid, G. Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology. Vol. 14. Num. 8. 2017. p. 491-502.
- 25-González-Sarrías, A.; Espín, J.C.; Tomás-Barberán, F.A. Non-extractable polyphenols produce gut microbiota metabolites that persist in circulation and show antiinflammatory and free radical-scavenging effects. Trends in Food Science & Technology. Vol. 69. 2017. p. 281-288.
- 26-Guner, A.; Ardic, M.; Keles, A.; Dogruer, Y. Production of yogurt ice cream at different acidity. International Journal of Food Science and Technology. Vol. 42. 2007. p. 948-952.
- 27-Hamilton-Miller, J.M.T. Probiotics and prebiotics in the elderly. Postgraduate Medical Journal. Vol. 80. 2004. p. 447-451.
- 28-Hashemi, K.; Hosseini, E. The stabilizing and prebiotic potential of water-soluble phase

- of bitter almond gum exudate in probiotic yogurt drink. *Carbohydrate Polymers*. Vol. 255. Num. 1. 2021. p. 117395.
- 29-Herfel, T.M.; Jacobi, S.K.; Lin, X.; Walker, D.C.; Jouni, Z.E.; Odle, J. Safety evaluation of polydextrose in infant formula using a suckling piglet model. *Food and Chemical Toxicology*. Vol. 47. 2009. p. 1530-1537.
- 30-Hui, Y.H. *Dairy science and technology handbook*. New York: VCH Publ. Vol. 2. 1992. p. 159.
- 31-IAL. Instituto Adolfo Lutz. *Normas Analíticas do IAL (1st ed. dig.)*. São Paulo. 2008. p. 567-587.
- 32-Isik, U.; Boyacioglu, D.; Capanoglu, E.; Erdil, D.N. Frozen yogurt with added inulin and isomalt. *Journal of Dairy Science*. Vol. 94. 2011. p. 1641-1656.
- 33-Jakobek, L. Interactions of polyphenols with carbohydrates, lipids and proteins. *Food Chemistry*. Vol 175. 2015. p. 556-567.
- 34-Jelled, A.; Fernandes, A.; Barros, L.; Chahdoura, H.; Achour, L.; Ferreira, I.C.F.R.; Cheikh, H.B. Chemical and antioxidant parameters of dried forms of ginger rhizomes. *Industrial Crops and Products*. Vol. 77. 2015. p. 30-35.
- 35-Juliano, R.S.; Sarkis, S.S.J.; Pinheiro, A.C.; Fear, A.C.; Zambelli, C.A.; Augusto, M.M. Desenvolvimento de sobremesa láctea tipo frozen yogurt com características funcionais. *Blucher Chemical Engineering Proceedings*. Vol. 1. Num. 2. 2015. p. 3464-3471.
- 36-Karaaslan, M.; Ozden, M.; Vardin, H.; Turkoglu, H. Phenolic fortification of yogurt using grape and callus extracts. *LWT-Food Science and Technology*. Vol. 44. Num. 4. 2011. p. 1065-1072.
- 37-Kosikowski, F.V. The evolution and technology of frozen yogurt. *Dairy Ice Cream Field*. Vol.160. 1977. p. 84-84F.
- 38-Larrauri, J.A.; Rupérez, P.; Saura-Calixto, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 45. 1997. p. 1390-1393.
- 39-Manning, T.S.; Gibson, G.R. Prebiotics. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*. Vol. 18. Num. 2. 2004. p. 287-298.
- 40-Marco, G.I. Rapid method for evaluation of antioxidants. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. Vol. 45. 1968. p. 594-598.
- 41-Munhoz, C.L.; Borges, G.S.; Silva, M.L.F.; Oliveira, R.F. Avaliação sensorial de iogurtes de jambo vermelho. *Revista Inova Ciência & Tecnologia*. Vol. 4. 2018. p. 25-31.
- 42-Paseephol, T.; Small, D.M.; Sherkat, F. Rheology and texture of set yogurt as affected by inulin addition. *Journal of Texture Studies*. Vol. 39. 2008. p. 617-634.
- 43-Paucar-Menacho, L.M.; Silva, L.H.; Barretto, P.A.A.; Mazal, G.; Fakhouri, F.M.; Steel, C.J.; Collares-Queiroz, F.P. Desenvolvimento de massa alimentícia fresca funcional com a adição de isolado protéico de soja e polidextrose utilizando páprica como corante. *Ciência de Tecnologia de Alimentos*. Vol. 28. Num. 4. 2008. p. 767-778.
- 44-Pimentel, T.C.; Prudencio, S.H.; Rodrigues, R.S. Néctar de pêssego potencialmente simbiótico. *Alimentos e Nutrição*. Vol. 22. Num. 3. 2011. p. 455-464.
- 45-Pinto, S.S.; Fritzen-Freire, C.B.; Muñoz, I.B.; Barreto, P.L.M.; Prudêncio, E.S.; Amboni, R.D.M.C. Effects of the addition of microencapsulated *Bifidobacterium* BB-12 on the properties of frozen yogurt. *Journal of Food Engineering*. Vol. 111. Num. 4. 2012. p. 563-569.
- 46-Pizzatto, M.; Luckmann, D.; Moura, C.A.M.; Paulus, D.; Smaniotto, L. Avaliação sensorial de raízes de rabanete (*Raphanus sativus* L.) minimamente processadas em forma de pickles. I Congresso de Ciência e Tecnologia da UTFPR. 2010. p. 111-114.
- 47-Rutella, G.S.; Tagliazucchi, D.; Solieri, L. Survival and bioactivities of selected probiotic lactobacilli in yogurt fermentation and cold storage: New insights for developing a bi-functional dairy food. *Food Microbiology*. Vol. 60. 2016. p. 54-61.

48-Roberfroid, M. Dietary fiber, inulin and oligofrutose: a review comparing their physiological effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Vol. 33. Num. 2. 1993. p. 103-148.

49-Roberfroid, M. Prebiotics: the concept revisited. *Journal of Nutrition*. Vol. 137. 2007. p. 830S-837S.

50-Skryplonek, K.; Henriques, M.; Gomes, D.; Viegas, J.; Fonseca, C.; Pereira, C.; Dmytrów, I.; Mituniewicz-Małek, A. Characteristics of lactose-free frozen yogurt with κ-carrageenan and corn starch as stabilizers. *Journal of Dairy Science*. Vol. 102. Num. 9. 2019. p. 7838-7848.

51-Souza, P.H.M.; Ramos, A.M.; Maia, G.A.; Brito, E.S.; Garruti, D.S.; Fonseca, A.V.V. Adição de extratos de Ginkgo biloba e Panax ginseng em néctares mistos de frutas tropicais. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Vol. 30. Num. 2. 2010. p. 463-470.

52-Terpou, A.; Papadaki, A.; Bosnea, L.; Kanellaki, M.; Kopsahelis, N. Novel frozen yogurt production fortified with sea buckthorn berries and probiotics. *LWT - Food Science and Technology*. Vol. 105. 2019. p. 242-249.

53-Tomaino, A.; Cimino, F.; Zimbalatti, V.; Venuti, V.; Sulfaro, V.; De Pasquale, A. Influence of heating on antioxidant activity and chemical composition of some spice essential oils. *Food Chemistry*. Vol. 89. 2005. p. 549-554.

54-Tomas, M.; Beekwilder, J.; Hall, R.D.; Simon, C.D.; Sagdic, O.; Capanoglu, E. Effect of dietary fiber (inulin) addition on phenolics and in vitro bioaccessibility of tomato sauce. *Food Research International*. Vol. 106. 2018. p. 129-135.

55-Vasco, C.; Ruales, J.; Kamal-Eldin, A. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chemistry*. Vol. 111. 2008. p. 816-823.

56-Zarate, R.; Sukrasno; Yeoman, M.M. Application of two rapid techniques of column chromatography to separate the pungent principles of ginger, *Zingiber officinale* Roscoe. *Journal of Chromatography*. Vol. 609. 1992. p. 407-413.

57-Waterhouse, A.L. Polyphenolics: Determination of total phenolics. In: Wrolstad, R.E. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. Vol. 11. 2002. p. 111-118.

E-mail dos autores:

arthurquintao2@hotmail.com
 vasconcelosmariaufila@gmail.com
 paulanogueiracuri@yahoo.com.br
 michelle.lima@aluno.ufop.edu.br
 gabriel.vargas@aluno.ufop.edu.br
 kelly.gandra@ufop.edu.br
 lrcunha@ufop.edu.br
 patricia.pereira@ufop.edu.br

Autor para correspondência:

Patrícia Aparecida Pimenta Pereira.
 Departamento de Ciência dos Alimentos,
 Escola de Nutrição (ENUT).
 Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).
 Rua Dois, Campus Morro do Cruzeiro.
 Ouro Preto-MG, Brasil.
 CEP: 35400-000.

Recebido para publicação em 11/05/2021
 Aceito em 12/08/2021