

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE IOGURTE SEM LACTOSE ADICIONADO DE CHIA (*Salvia hispanica* L.)

DEVELOPMENT AND PHYSICAL-CHEMICAL CHARACTERIZATION OF LACTOSE FREE YOGURT WITH ADDED CHIA (*Salvia hispanica* L.)

EVERTON RIBEIRO¹, MATEUS FLÓRIDO CUBO^{1,2}, RENATA DINNIES SANTOS SALEM^{1,2*}

¹ Universidade Estadual de Ponta Grossa, Departamento de Engenharia de Alimentos, Ponta Grossa/PR.

² Universidade Estadual de Ponta Grossa, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Ponta Grossa/PR.

* Universidade Estadual de Ponta Grossa, Departamento de Engenharia de Alimentos, Avenida Carlos Cavalcanti, nº 4748 – Uvaranas, CEP: 84030-900, Ponta Grossa – PR. E-mail: renatadinnies@gmail.com.

RESUMO

O desenvolvimento de produtos lácteos visando atender as necessidades das pessoas portadoras de intolerância à lactose é recente, e de certa forma, incipiente. A fração fibrosa das sementes de Chia (*Salvia hispanica* L.) apresenta alta capacidade de retenção de água, melhorando características de consistência quando aplicado em formulações de alimentos. Os objetivos deste trabalho foram desenvolver um produto lácteo fermentado (iogurte) sem lactose e adicionado de farinha desengordurada de Chia e avaliar os parâmetros físico-químicos e reológicos do produto final durante o período de armazenamento. As sementes de chia foram trituradas, desengorduradas e aplicadas em três concentrações diferentes (0, 0,5 e 1,0%) no leite com lactose hidrolisada. Após fermentação, as formulações de iogurte foram armazenadas em temperatura de refrigeração (4°C) e caracterizadas quanto ao teor de proteína, gordura e fibra bruta. A cada 7 dias, durante 21 dias, foram monitorados os valores de pH, acidez e viscosidade. Houve diferença significativa entre os tratamentos (Fisher LSD, $p < 0,05$) apenas quanto ao teor de proteína e fibra bruta. Variações significativas no pH e na acidez ocorreram, para os três tratamentos, durante a primeira semana de armazenamento, não apresentando variações significativas nas semanas subsequentes. As amostras com 1,0% de farinha desengordurada de chia apresentaram os maiores valores de viscosidade, seguidas das amostras adicionadas de 0,5% e 0%. Não houve alteração significativa de viscosidade durante todo o período de armazenamento, sendo este um parâmetro importante no que diz respeito à estabilidade física do produto durante o período avaliado.

Palavras-chave: β -galactosidase. Fibra. Intolerância. Viscosidade.

ABSTRACT

Developing dairy products for people with lactose intolerance is recent and, certainly, incipient. The fibrous fraction of chia seeds (*Salvia hispanica* L.) has high water retention capacity, enriching consistency characteristics when used in

food formulation. The main goal of this work was to develop a fermented milk product (yogurt) lactose free using chia flour and analyzing the physicochemical and rheological parameters of the final product during the storage time. The chia seeds were grinded, defatted and applied in three different concentrations (0, 0.5 and 1.0%) using milk with hydrolyzed lactose. Afterwards the fermentation, the yogurt was stored in low temperature of refrigeration (4 °C) and was separated as three contents: protein, fat and raw fiber. Every seven days, during 21 days, it was controlled all the pH values, acidity and viscosity. There was a significant difference between treatments (Fisher LSD, $p < 0.05$) only regarding protein and raw fiber content. Significant instability of pH and acidity occurred, in all three treatments, during the first week of storage, with no significant variations in subsequent weeks. The samples with 1.0% chia defatted flour had the highest viscosity values, followed by 0.5% and 0% added samples. There wasn't change in viscosity over the entire storage period, which is an important parameter with regard to the physical stability of the product during the evaluated period.

Keywords: β -galactosidase. Fiber. Intolerance. Viscosity.

INTRODUÇÃO

A lactose é um dissacarídeo formado pela ligação glicosídica β (1,4) entre as moléculas de glicose e galactose, e é o açúcar predominante no leite. O conteúdo de lactose no leite é relativamente constante podendo variar de 4,8 a 5,2% na forma mono-hidratada. A lactose compreende aproximadamente 52% dos sólidos não gordurosos presentes no leite, cerca de 70% da composição do soro do leite, e mais de 90% dos sólidos presentes no leite ultrafiltrado (PERRONE *et al.*, 2016). Fisiologicamente, está relacionada ao estímulo da absorção de micronutrientes como cálcio e magnésio. O baixo índice glicêmico (46) quando comparado com outros açúcares como glicose (100) e sacarose (60), reforçam o forte potencial de emprego em formulações alimentícias de indivíduos em situações especiais como os diabéticos, e os adeptos de dietas de controle de peso corporal (CHANDAN, 2011). Apresenta baixa solubilidade em água (cerca de 20% a 20 °C) e baixo poder adoçante, quando comparado com outros açúcares. Em relação à sacarose, sua solubilidade é cerca de dez vezes menor e apresenta também um poder edulcorante seis vezes inferior (MAHAUT, 2004). A utilização da lactose pelos mamíferos só é possível mediante o desdobramento em seus constituintes monossacarídeos, glicose e galactose, os quais são absorvidos no intestino delgado. A enzima β -galactosidase é o biocatalisador responsável pela hidrólise da lactose, a qual ocorre pela clivagem da ligação glicosídica β (1,4) (INGRAM; SWALLOW, 2009).

A intolerância à lactose é uma incapacidade para digerir completamente a lactose, já que sua absorção requer hidrólise prévia no intestino delgado pela enzima β -galactosidase, comumente chamada lactase. A deficiência de β -galactosidase conduz à má-digestão da lactose e à consequente intolerância. A lactose não digerida, conforme passa pelo cólon, é fermentada por bactérias colônicas, havendo produção de ácidos orgânicos de cadeia curta e gases. Isto resulta em cólicas, flatulência, dor e diarreia osmótica (TÉO, 2002). Segundo Berne (2004), mais de 50% da população adulta do mundo apresenta condição

de deficiência na produção de β -galactosidase. No Brasil, 58 milhões de pessoas apresentam alguma dificuldade em digerir a lactose pela deficiência desta enzima no intestino. Esta intolerância pode ser classificada de acordo com a natureza das causas que levam à redução da atividade da β -galactosidase na mucosa intestinal. A intolerância primária é aquela congênita, relacionada à redução geneticamente programada e irreversível da atividade da enzima β -galactosidase em indivíduos recém-nascidos, estabelecendo-se, portanto, como uma condição permanente. A intolerância secundária é adquirida por inflamações ou doenças que danificam a parede da mucosa intestinal, os quais podem ser permanentes ou transitórios, sendo que nesta última situação, a produção de β -galactosidase é restabelecida após o reparo do dano causado (KOCIÁN, 1988; WANG *et al.*, 1998; TÉO, 2002). Em recém-nascidos normais a atividade de β -galactosidase continua a aumentar por algum tempo após o parto, devido ao aumento da área intestinal. No entanto, no fim da infância, a atividade total diminui, e em cerca de 70% da população mundial, diminui a uma taxa que pode ocasionar intolerância, na idade adulta (FOX; McSWEENEY, 1998).

A β -galactosidase é aplicada industrialmente na elaboração de produtos lácteos como doce de leite, misturas para sorvetes, leite condensado, iogurtes, prevenindo a cristalização e melhorando características de cremosidade, como em sorvetes, e aumentando a digestibilidade, solubilidade e o poder adoçante dos açúcares (RIBEIRO *et al.*, 2004; LONGO, 2006). A aplicação da enzima β -galactosidase no tratamento do leite e seus derivados tem se constituído um método adequado para aumentar seus usos potenciais. Particularmente, à população que possui intolerância à lactose, permite o consumo de tais produtos com redução ou ausência dos sintomas desagradáveis (MAHONEY, 2003). Nesse sentido, o consumo de leite com baixo teor de lactose e de produtos lácteos fermentados tornam-se alternativas para a população que apresenta intolerância à lactose. Dentre tais produtos, o iogurte ganha destaque devido a sua grande aceitabilidade (SWAGERTY; WALLING; KLEIN, 2002).

Por definição, o iogurte é o produto obtido pela fermentação láctica do leite, pela adição de *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* e *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*. Segundo a legislação brasileira, podem-se acompanhar, de forma complementar, outras bactérias lácticas que, por sua atividade, contribuam para a determinação das características do produto final (BRASIL, 2007). O iogurte possui um alto valor nutritivo, representando uma importante contribuição em qualquer dieta. Durante a fermentação, a proteína, a gordura e a lactose do leite sofrem hidrólise parcial, tornando o produto facilmente digerível, sendo considerado agente regulador das funções digestivas (TAMIME; ROBINSON, 1991; RODAS *et al.*, 2001). Destacam-se ainda como benefícios que o mesmo traz ao organismo humano: facilitar a absorção de cálcio e fósforo, ser fonte de vitaminas (especialmente as do complexo B) e de galactose (importante na síntese de tecidos nervosos e cerebrosídeos em crianças), bem como ser uma fonte indireta de se consumir leite (FERREIRA, 1997).

A Chia (*Salvia hispanica* L.) é uma planta herbácea anual, de verão, pertencente à família *Lamiaceae*, nativa do sul do México e norte da Guatemala. Suas sementes foram largamente utilizadas pelas tribos Astecas, principalmente como alimento, mas também como medicamento e para fabricação de tintas

(COATES; AYERZA, 1996; CAPITANI *et al.*, 2012). Desde 1991, o cultivo desta planta tem sido desenvolvido com sucesso na Argentina, principalmente no norte do país, mais especificamente nas províncias de Salta e Jujuy, onde se transformou numa atividade econômica de grande destaque para a região (MARTÍNEZ *et al.*, 2012).

A semente de chia tem sido relatada por ser uma excelente fonte de proteínas, e vitaminas do complexo B (LEE *et al.*, 2009; AYERZA; COATES, 2011). Ela possui uma quantidade significativa de óleo (cerca de 40% do peso total da semente), sendo que aproximadamente 60% dessa quantidade é encontrada na forma de ácido linolênico (ômega 3) (PEREIRA *et al.*, 2013). Apresenta também fibra alimentar em proporções acima de 30% do peso total, e proteínas de alto valor biológico (em torno de 19% do peso total). Além disso, ela contém antioxidantes naturais, tais como compostos fenólicos, ácido clorogênico, ácido caféico e quercetina (REYES-CAUDILLO; TECANTE; VALDIVIA-LÓPEZ, 2008), os quais possuem efeito de proteção contra algumas doenças cardiovasculares e alguns tipos de câncer (AYERZA; COATES, 2001).

Após a extração do óleo da semente de chia, a farinha desengordurada apresenta cerca 17% de proteína e 22% de fibra total, conteúdos similares àqueles encontrados nas sementes oleaginosas utilizadas na indústria de alimentos (AYERZA; COATES, 1999). Quando entra em contato com a água, a fibra alimentar solúvel é parcialmente liberada da semente da chia, resultando em um gel transparente mucilaginoso, que possui qualidades tais que permite seu emprego em várias formulações de alimentos (LIN; DANIEL; WHISTLER, 1994). Este gel é utilizado pela indústria como estabilizador de espuma, agente de suspensão, emulsificante, adesivo ou ligante, como resultado de suas propriedades de absorção de água, capacidade de retenção de água, viscosidade, entre outras (VÁSQUEZ-OVANDO *et al.*, 2009). Já a fração insolúvel do ponto de vista tecnológico, é responsável pelo aumento da firmeza dos produtos, proporcionando também uma alta capacidade emulsificante (OREOPOULOU; TZIA, 2007). Desta forma, torna-se interessante o estudo da aplicação da farinha de chia na formulação de produtos alimentícios, como o iogurte, visando o incremento do valor nutricional e a obtenção de um produto com parâmetros reológicos diferenciados. Neste contexto, os objetivos deste trabalho foram desenvolver um produto lácteo fermentado (iogurte) sem lactose, adicionado de farinha desengordurada de Chia (*Salvia hispanica* L.) e, avaliar os parâmetros físico-químicos e reológicos do produto final durante o período de armazenamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Os insumos necessários ao desenvolvimento deste trabalho foram obtidos no comércio local da cidade de Ponta Grossa – PR. O trabalho foi desenvolvido nos laboratórios do Centro de Tecnologia Agroalimentar (CTA) e da Escola Tecnológica de Leite e Queijos dos Campos Gerais (ETLQueijos), do Departamento de Engenharia de Alimentos, da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG).

Obtenção e caracterização da farinha desengordurada de chia

As sementes de chia, previamente moídas em moinho de martelo e caracterizadas quanto aos valores de umidade pelo método de secagem em estufa a 105 °C (IAL, 2008), cinzas pelo método de incineração em mufla a 550 °C (IAL, 2008), proteína pelo método de Kjeldahl, utilizando fator de conversão de nitrogênio para proteína de 6,25 (IAL, 2008) e fibra bruta (equipamento digestor de fibras MA-444 CI MARCONI), foram desengorduradas com hexano em equipamento tipo Soxhlet, a 80 °C durante 8 horas (CAPITANI *et al.*, 2012). A dessolventização e tostagem da farinha resultante foi realizada em estufa com circulação e renovação de ar, a 105 °C por 2 horas.

A farinha foi caracterizada quanto aos teores de umidade pelo método de secagem em estufa a 105 °C (IAL, 2008), cinzas pelo método de incineração em mufla a 550 °C (IAL, 2008), proteína pelo método de Kjeldahl, utilizando fator de conversão de nitrogênio para proteína de 6,25 (IAL, 2008) e fibra bruta (equipamento digestor de fibras MA-444 CI MARCONI).

A capacidade de retenção de água da farinha desengordurada foi determinada de acordo com o procedimento descrito por Inglett *et al.* (2014). Amostras de 2 g foram adicionadas em 25 g de água destilada e misturadas vigorosamente utilizando um vortex durante 1 minuto. Uma suspensão homogênea foi mantida durante 2 h, seguida de centrifugação a 1590 g durante 10 minutos. A capacidade de retenção de água foi calculada de acordo com a equação 1:

$$CRA \left(\frac{g}{100g} \right) = \frac{(\text{água adicionada}(g)) - (\text{água decantada}(g))}{\text{peso da amostra seca}(g)} \cdot 100 \quad (1)$$

Produção do iogurte sem lactose

Hidrólise da lactose

A hidrólise da lactose foi realizada utilizando a enzima β -galactosidase (GRANOLACT M 7500), produzida pelo micro-organismo *Kluyveromyces lactis*. Utilizou-se como matéria-prima leite integral pasteurizado, que foi caracterizado quanto ao teor de lactose, pH e acidez total titulável (IAL, 2008). O leite foi adicionado de 0,5% (v/v) de enzima e permaneceu sob refrigeração (4 °C) durante 6 horas. Após este período, a enzima foi inativada por tratamento térmico a 93 °C durante 5 minutos, seguido de resfriamento a 4 °C. O leite resultante foi caracterizado quanto aos valores de pH, acidez total titulável (IAL, 2008), lactose, glicose e galactose.

A quantificação dos açúcares foi realizada através de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). Utilizou-se um sistema cromatográfico equipado com uma bomba quaternária (Waters 2695 Alliance, Milford MA, USA), degaseificador, auto injetor acoplado a um detector de arranjo de diodos (Waters 2998, Milford, MA, USA) seguido do detector de índice de refração (Waters RI 2414, Milford MA, USA). Os dados cromatográficos foram obtidos com o software Empower® 2. As amostras previamente preparadas foram filtradas em filtro de seringa 0,22 μ m e analisadas em coluna de exclusão iônica Aminex HPX-87H (300x7.8 mm) precedida por pré-coluna catiônica Cation-H (Bio-Rad) em condição isocrática utilizando como eluente uma solução 3 mM de ácido sulfúrico

preparada em água ultra-pura (Milli-Q Integral®, Millipore®, São Paulo SP, Brazil). O volume de injeção foi de 10 µL a um fluxo de 0,5 mL/min. A coluna e o detector de índice de refração foram mantidos a temperatura de 30 °C. As amostras analisadas foram comparadas com o tempo de retenção dos padrões de referência.

Fermentação

Os iogurtes foram produzidos com leite pasteurizado com lactose previamente hidrolisada, cultura láctica composta de *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus* (Rich®) e farinha desengordurada de chia. Foram realizados três tratamentos, variando a proporção de farinha desengordurada de chia: 0,0; 0,5 e 1,0 g/100g (m/v) (T1, T2 e T3, respectivamente).

O leite pasteurizado foi aquecido a 42 °C, adicionado da farinha desengordurada de chia e cultura láctea na proporção de 2,0 g/100g (m/v) em relação ao volume de leite utilizado. O processo fermentativo ocorreu a 42 °C e foi interrompido pela redução da temperatura até 10 °C quando o pH atingiu o valor de 4,6 (ponto isoelétrico da caseína). Realizou-se então a quebra do coágulo, com agitação lenta, e o produto foi acondicionado em embalagens de vidro, previamente esterilizadas, e mantido sob refrigeração a 4 °C durante 21 dias.

Os produtos obtidos foram caracterizados quanto aos teores de fibra bruta (IAL, 2008), gordura pelo método de Gerber (IAL, 2008) e proteína pelo método de Kjeldhal, utilizando fator de conversão de nitrogênio para proteína de 6,38 (IAL, 2008). A cada 7 dias, durante 21 dias, os iogurtes foram monitorados quanto aos valores de acidez total titulável (IAL, 2008), pH (IAL, 2008), lactose, glicose e galactose (CLAE) e viscosidade (Viscosímetro Brookfield DV-II+ Pro Viscometer).

Análise estatística

Os dados experimentais foram avaliados quanto à homogeneidade de variância utilizando o teste de Brown-Forsythe ($p > 0,05$ foi considerado paramétrico). Em seguida, os dados paramétricos foram avaliados por análise de variância (ANOVA), complementada pelo teste de comparação de médias de Fisher LSD ($p < 0,05$ foi considerado significativo). Todas as determinações foram realizadas em triplicata.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização das sementes e da farinha desengordurada de chia

Os principais componentes quantificados nas sementes e na farinha desengordurada de Chia (*Salvia hispanica* L.) estão apresentados na Tabela 1.

Como o conteúdo médio de umidade da semente foi menor que 10g/100g, não houve necessidade de secagem da mesma antes da extração da gordura. O valor médio de 33,98g/100g referente ao conteúdo de gordura encontra-se em conformidade com aqueles relatados por outros autores. Rosamond (2002) relatou que avaliações físico-químicas da semente apresentaram um conteúdo de gordura superior a 32g/100g. Segundo Ayerza (1995), o conteúdo de gordura na semente pode variar de 25 a 38g/100g do seu peso, e Silva, Garcia e Zanette

(2016) encontraram 33,55 g/100g de óleo nas sementes de Chia. O conteúdo de proteína bruta (16,52g/100g) é maior que os valores encontrados para outras culturas tradicionais, como trigo, milho, arroz, aveia e cevada (AYERZA; COATES, 2005), e Silva, Garcia e Zanette (2016) encontraram 18,65 g/100g de proteína nas sementes de Chia. Os valores obtidos para umidade (7,11g/100g) e cinzas (4,72g/100g) foram próximos aos encontrados por Martínez *et al.* (2012), respectivamente iguais a 7,2 g/100g e 4,4 g/100g. O conteúdo de fibra bruta das sementes de Chia (20,04 g/100 g) pode ser considerado elevado, e foi próximo aos valores obtidos por Silva, Garcia e Zanette (2016) (22,78 g/100 g).

Tabela 1 - Principais componentes das sementes e da farinha desengordurada de Chia.

Componentes (g/100g)	Sementes de Chia*	Farinha desengordurada de Chia*
Umidade	7,11 ± 0,08	1,45 ± 0,25
Cinzas	4,72 ± 1,12	7,82 ± 1,67
Fibra bruta	20,04 ± 0,87	33,26 ± 0,46
Proteína bruta	16,52 ± 1,56	27,46 ± 1,28
Gordura bruta	33,98 ± 0,63	0,00 ± 0,00

Notas: *Média de três repetições ± desvio-padrão.

Fonte: os autores.

A farinha desengordurada de Chia apresentou aumento nos valores de cinzas, fibra bruta e proteína bruta, devido à retirada da fração lipídica e da umidade. Em função dos elevados conteúdos de proteínas (27,46 g/100g) e fibra bruta (33,26 g/100g), superiores a muitos cereais, a farinha desengordurada de Chia pode ser incorporada diretamente na dieta humana ou misturada com outros grãos a fim de incrementar a ingestão destes nutrientes.

A capacidade de retenção de água da farinha desengordurada de Chia foi de 1160 g de água/100g de amostra. A elevada capacidade de retenção de água se deve principalmente à fração mucilaginosa encontrada nas sementes de Chia, e parcialmente à fração proteica, que, segundo Olivos-Lugo, Valdivia-Lopez e Tecante (2010) retém cerca de 406 g água/100g.

Vasquez-Ovando *et al.* (2009) no estudo das propriedades físico-químicas da fração fibrosa da Chia, encontraram elevada capacidade de retenção de água, cerca de 11,73 vezes o seu peso, valor bem superior aos valores encontrados para a fração fibrosa da soja (490 g/100g), trigo (610 g/100g) e milho (232 g/100g). Segundo os mesmos autores, esta elevada capacidade de retenção de água se deve à presença de polissacarídeos, especificamente a fração mucilaginosa, juntamente com o alto conteúdo de hemicelulose e lignina (ambos com uma certa capacidade de retenção de água).

As sementes de Chia e sua fração mucilaginosa apresentam um grande potencial para serem utilizados como ingredientes em diferentes aplicações na indústria de alimentos, como agentes espessantes, gelificantes, no controle de sinérese e na estabilização de emulsões (INGLETT *et al.*, 2014). De acordo com Vasquez-Ovando *et al.* (2009), a fração fibrosa da Chia pode ser aplicada em alimentos que exigem hidratação, desenvolvimento de viscosidade e conservação do “frescor”, como em produtos de panificação.

Hidrólise da lactose

O processo de hidrólise da lactose em seus monossacarídeos completou-se após 6 horas de reação a 4 °C. A concentração média de lactose no leite pasteurizado integral passou de 4,98 g/100 g (antes da hidrólise) para 0,00 g/100 g (após a hidrólise). Simultaneamente, com a hidrólise da lactose, ocorreu um aumento na concentração dos seus monossacarídeos constituintes, glicose e galactose, de 0,00 g/100 g para 2,58 e 2,45 g/100 g, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2 - Concentração dos açúcares quantificados em amostras de leite pasteurizado integral antes e após o processo de hidrólise da lactose.

	Lactose (g/100 g)	Glicose (g/100 g)	Galactose (g/100 g)
Antes da hidrólise	4,98±0,02 ^a	0,00±0,00 ^b	0,00±0,00 ^b
Após a hidrólise	0,00±0,00 ^b	2,58±0,01 ^a	2,45±0,03 ^a
p (Brown-Forsythe)*	0,33	0,14	0,13
p (Anova)**	<0,01	<0,01	<0,01

Notas: * Valor de probabilidade obtido segundo o teste de Brown-Forsythe para homogeneidade de variância. ** Valor de probabilidade obtido através da Anova (fator único). *** Letras diferentes na mesma coluna representam diferença significativa de acordo com teste de Fisher LSD ($p < 0,05$).

Fonte: os autores.

Caracterização dos iogurtes

Os iogurtes produzidos (T1, T2 e T3) foram caracterizados quanto à porcentagem de proteína, gordura e fibra bruta (Tabela 3).

Tabela 3 - Caracterização físico-química dos iogurtes.

iogurte	Proteína (g/100 g)	Fibra bruta (g/100 g)	Gordura (g/100 g)
T1	3,12±0,16 ^b	0,01±0,00 ^c	3,02±0,06 ^a
T2	3,34±0,12 ^{ab}	0,03±0,00 ^b	3,02±0,00 ^a
T3	3,47±0,06 ^a	0,04±0,00 ^a	3,03±0,03 ^a
p (Brown-Forsythe)*	0,74	0,37	1
p (Anova)**	0,03	<0,01	0,73

Notas: T1, T2 e T3 com 0, 0,5 e 1,0% de farinha desengordurada de Chia, respectivamente. * Valor de probabilidade obtido segundo o teste de Brown-Forsythe para homogeneidade de variância. ** Valor de probabilidade obtido através da Anova (fator único). *** Letras diferentes na mesma coluna representam diferença significativa de acordo com teste de Fisher LSD ($p < 0,05$).

Fonte: os autores.

A Instrução Normativa nº 46 de 23 de outubro de 2007, estabelece os Padrões de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados (teor de gordura (g/100g), acidez (g de ácido láctico/100g) e proteínas lácteas (g/100g)) (BRASIL, 2007). Os valores médios obtidos para o teor de proteína (3,12%; 3,34%; 3,48%) dos três tratamentos estão de acordo com a legislação brasileira, que estabelece o mínimo de 2,9% de proteínas lácteas. Observa-se um aumento no teor de proteína entre os tratamentos, devido à adição da farinha desengordurada de Chia, que apresentou um teor médio de 27% de proteínas, sendo que esta diferença mostra-se significativa ($p < 0,05$) apenas entre os tratamentos T1 e T3.

Não houve diferença significativa no teor de gordura para os três tratamentos, uma vez que a farinha de chia foi previamente desengordurada antes da elaboração dos iogurtes. O teor de gordura do leite afeta favoravelmente a qualidade do iogurte; a gordura estabiliza a contração do gel proteico, previne a separação do soro no produto final e afeta a percepção sensorial do produto, que apresenta textura mais macia e cremosa (MUNDIM, 2008).

Em relação ao teor de fibra bruta, houve diferença significativa entre os três tratamentos, podendo-se notar que o tratamento T3 apresentou os maiores valores, seguido pelo tratamento T2 e pelo tratamento T1. Este resultado se deve à crescente adição de farinha desengordurada de chia às formulações.

Durante o período de armazenamento das três formulações de iogurte à temperatura de refrigeração (4 °C), percebe-se um decréscimo na concentração de glicose e galactose presentes no meio (Tabela 4). Tal fenômeno é descrito como pós-acidificação, e está relacionado ao fato de as bactérias lácticas continuarem sua atividade metabólica, mesmo sendo suprimidas as condições de fermentação, o que implica na produção de ácido lático e queda de pH.

Tabela 4 - Valores médios de concentração (g/100g) dos açúcares quantificados em amostras de iogurte, nos diferentes tratamentos (T1, T2 e T3), em função do tempo de armazenamento.

t (dias)	T1			T2		T3	
	Lac	Gli	Gal	Gli	Gal	Gli	Gal
0	0	2,41±0,00 ^a	2,49±0,00 ^a	1,93±0,02 ^a	2,45±0,01 ^a	1,88±0,00 ^a	2,49±0,03 ^a
7	0	1,82±0,02 ^b	2,40±0,01 ^b	1,69±0,01 ^b	2,26±0,01 ^b	1,77±0,00 ^b	2,27±0,01 ^b
14	0	1,54±0,00 ^c	2,08±0,00 ^c	1,70±0,02 ^b	2,25±0,03 ^b	1,72±0,01 ^c	2,21±0,00 ^c
21	0	1,54±0,01 ^c	2,10±0,02 ^c	1,34±0,01 ^c	1,75±0,01 ^c	1,50±0,01 ^d	1,98±0,02 ^d
p (Brown-Forsythe)*	-	0,16	0,45	0,87	0,84	0,51	0,32
p (Anova)**	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Notas: Lac = lactose; Gli = glicose; Gal = galactose. T1, T2 e T3 com 0, 0,5 e 1,0% de farinha desengordurada de Chia, respectivamente. * Valor de probabilidade obtido segundo o teste de Brown-Forsythe para homogeneidade de variância. ** Valor de probabilidade obtido através da Anova (fator único). *** Letras diferentes na mesma coluna representam diferença significativa de acordo com teste de Fisher LSD ($p < 0,05$).

Fonte: os autores.

O aumento da acidez nos 21 dias de armazenamento pode ser verificado por variações de 0,73 a 0,77% de ácido lático para o primeiro dia de armazenamento ($t = 0$) a variações de 0,89 a 0,90% para o 21º dia de armazenamento ($t = 21$) (Tabela 5). Estes valores estão coerentes com a legislação vigente que estabelece um mínimo de 0,6 g de ácido lático/100g de iogurte e um máximo de 1,5 g de ácido lático/100 g de iogurte (BRASIL, 2007).

Nota-se também que a produção de ácido lático foi maior durante a primeira semana para os três tratamentos (T1, T2 e T3), o que é evidenciado pela diferença significativa dos valores de pH obtidos neste período.

Posteriormente, nas semanas subsequentes, a queda do pH e o aumento na acidez não foi significativa, observando-se, portanto, uma tendência à estabilização da quantidade de ácido láctico produzido, consequência da redução da atividade metabólica das bactérias lácticas.

Tabela 5 - Valores médios de pH e acidez para os tratamentos T1, T2 e T3 durante o armazenamento.

t (dias)	T1		T2		T3	
	pH	Acidez	pH	Acidez	pH	Acidez
0	4,57±0,02 ^a	0,77±0,06 ^b	4,32±0,01 ^a	0,77±0,02 ^c	4,44±0,02 ^a	0,73±0,06 ^b
7	4,27±0,02 ^b	0,84±0,02 ^{ab}	4,26±0,01 ^b	0,83±0,01 ^b	4,30±0,01 ^b	0,86±0,03 ^a
14	4,27±0,01 ^b	0,85±0,01 ^{ab}	4,24±0,01 ^b	0,89±0,02 ^a	4,32±0,02 ^b	0,90±0,02 ^a
21	4,24±0,01 ^c	0,89±0,05 ^a	4,25±0,01 ^b	0,90±0,03 ^a	4,26±0,01 ^c	0,90±0,03 ^a
p (Brown-Forsythe)*	0,96	0,50	0,94	0,78	0,44	0,80
p (Anova)**	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Notas: Acidez em g/100g. T1, T2 e T3 com 0, 0,5 e 1,0% de farinha desengordurada de Chia, respectivamente. * Valor de probabilidade obtido segundo o teste de Brown-Forsythe para homogeneidade de variância. ** Valor de probabilidade obtido através da Anova (fator único).

*** Letras diferentes na mesma coluna representam diferença significativa de acordo com teste de Fisher LSD ($p < 0,05$).

Fonte: os autores.

Becker (2009) em estudo realizado com iogurtes elaborados a partir de leite com reduzido teor de lactose observou que a concentração de ácido láctico produzido durante os 28 dias de armazenamento aumentou de 0,77 a 0,91%, para o 1° e o 28° dia, respectivamente, para uma concentração de 0,5% de β -galactosidase adicionada. Observou também que o maior aumento na acidez foi obtido para o iogurte sem adição da enzima (0,74% de ácido láctico para o primeiro dia, e 0,94% para o último dia). Em relação ao pH, o mesmo autor relata que para a concentração de enzima adicionada, e seguindo-se as mesmas condições de armazenamento, o pH variou de 4,46 no primeiro dia de armazenamento para 4,35 no 28° dia; reiterando que as maiores variações no decréscimo ocorreram para as formulações em que não se adicionou a enzima, observando-se, neste caso, variações de 4,43 a 4,29, para 1° e o 28° dia de armazenamento, respectivamente. Os resultados obtidos neste trabalho, assim como Becker (2009), sugerem que a presença da enzima β -galactosidase pode ter influenciado positivamente a estabilidade dos iogurtes, com relação ao aumento da acidez.

Em relação à viscosidade (Tabela 6), verificou-se que as amostras do tratamento 3 (1,0% de farinha desengordurada de Chia) apresentaram os maiores valores, diferindo significativamente das amostras do tratamento 2 (0,5 % de farinha desengordurada de Chia) e tratamento 1 (sem adição de farinha), nesta ordem. A elevada capacidade de retenção de água da farinha desengordurada de Chia (1160 g água/100 g de farinha), observada neste estudo, pode ter promovido o aumento na viscosidade do iogurte e também a estabilidade da viscosidade durante o período de armazenamento (21 dias), para os tratamentos 2 e 3. Este fato pode ser considerado um aspecto favorável no que se refere à estabilidade física do produto, pois as amostras do tratamento 1 (sem adição de farinha desengordurada de Chia) apresentaram variações na viscosidade durante o período de armazenamento. Esses resultados reforçam o

potencial do uso da farinha desengordurada de Chia como um ingrediente com propriedades tecnológicas promissoras em relação ao aumento e manutenção viscosidade em iogurtes.

Tabela 6 - Valores médios de viscosidade para os tratamentos T1, T2 e T3 durante o armazenamento.

t (dias)	T1	T2	T3	p**
0	325,5 ± 0,7 ^{b,C}	371,5 ± 2,1 ^{a,B}	400,5 ± 2,1 ^{a,A}	<0,01
7	330,5 ± 0,7 ^{a,C}	372,5 ± 0,7 ^{a,B}	400,5 ± 0,7 ^{a,A}	<0,01
14	331,0 ± 1,4 ^{a,C}	371,0 ± 1,4 ^{a,B}	400,0 ± 2,8 ^{a,A}	<0,01
21	326,0 ± 1,4 ^{b,C}	370,0 ± 1,4 ^{a,B}	400,5 ± 2,1 ^{a,A}	<0,01
p*	<0,05	0,49	0,99	

Notas: Viscosidade mPa.s. T1, T2 e T3 com 0, 0,5 e 1,0% de farinha desengordurada de Chia, respectivamente. * Letras minúsculas diferentes na mesma coluna representam diferença significativa entre os tempos de armazenamento de acordo com teste de Fisher LSD ($p < 0,05$). ** Letras maiúsculas diferentes na mesma linha representam diferença significativa entre os tratamentos de acordo com teste de Fisher LSD ($p < 0,05$).

Fonte: os autores.

Mathias *et al.* (2013), em estudo reológico de iogurtes comerciais com diferentes espessantes, obtiveram valores médios que variaram de 286 mPa.s (para a mais viscosa) a 144 mPa.s (para a menos viscosa), mostrando dessa forma que os iogurtes obtidos no presente trabalho, apresentaram maior viscosidade se comparados com marcas comerciais. Não foram encontrados na literatura trabalhos envolvendo a avaliação da viscosidade em iogurtes sem lactose.

CONCLUSÃO

A adição de farinha desengordurada de Chia ao iogurte proporcionou aumento significativo na concentração de fibra bruta e de proteína, e a partir da segunda semana de armazenamento todas as formulações apresentaram estabilidade no que diz respeito à variação do pH e da acidez. A viscosidade do iogurte, nos três tratamentos, foi superior à viscosidade de iogurtes de marcas comerciais, e manteve-se estável durante o período de armazenamento avaliado. Os resultados deste trabalho reforçam o potencial do uso da farinha desengordurada de Chia como um ingrediente com propriedades tecnológicas promissoras em relação ao aumento e manutenção viscosidade em iogurtes.

REFERÊNCIAS

AYERZA, R. Oil content and fatty acid composition of Chia (*Salvia hispanica* L.) from five northwestern locations in Argentina. **Journal American Oil Chemistry Society**, v. 72, n. 9, p. 1079–1082, 1995.

AYERZA, R.; COATES, W. **Chia: rediscovering a forgotten crop of the Aztecs**. University of Arizona Press, 2005. 197 p.

AYERZA, R.; COATES, W. An omega-3 fatty acid enriched chia diet: its influence on egg fatty acid composition, cholesterol and oil content. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 79, n. 1, p. 53-58, 1999.

AYERZA, R.; COATES, W. Chia seeds: natural source of w-3 fatty acids. In: **Abstracts of the Annual Meeting of the Association for the Advancement of Industrial Crops**. Atlanta, Georgia. USA, p. 17, 2001.

AYERZA, R.; COATES, W. Protein content, oil content and fatty acid profiles as potential criteria to determine the origin of commercially grown chia (*Salvia hispanica* L.). **Industrial Crops and Products**, v. 34, n. 2, p. 1366–1371, 2011.

BECKER, L. V. **logurte probiótico com teor reduzido de lactose adicionado de óleo de linhaça**. 2009. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Santa Maria, 2009.

BERNE, R. M. **Fisiologia**. 5. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. 636 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Resolução nº 46, 24 de outubro de 2007, dos Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) de Leites Fermentados. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 out. 2007, seção 1, p.5.

CAPITANI, M. I. *et al.* Physico chemical and functional characterization of by-products from chia (*Salvia hispanica* L.) seeds from Argentina. **Food Science and Technology**, v. 45, n. 1, p. 94-102, 2012.

CHANDAN, R. C. Dairy Ingredients for Food Processing: An Overview. In: CHANDAN, R. C.; KILARA, A. **Dairy Ingredients for Food Processing**. 1 ed. Iowa: Blackwell Publishing Ltd, 2011. cap.1. p. 3-35.

COATES, W.; AYERZA, R. Production potencial of chia in North western Argentina. **Industrial Crops and Products**, v. 5, n. 3, p. 229-233, 1996.

FERREIRA, C. L. L. F. Valor nutritivo e bioterapêutico de leites fermentados. **Revista Leite e Derivados**, v. 6, n. 36, p. 46, 1997.

FOX, P. F.; McSWEENEY, P. L. H. Lactose. In: _____. **Dairy Chemistry and Biochemistry**. 1 ed. London: Thomson Science, 1998. p. 21-66.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Primeira Edição Eletrônica. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p.

INGLETT, G. E. *et al.* Pasting and rheological properties of oat products dry-blended with ground chia seeds. **LWT: Food Science and Technology**, v. 55, n. 1, p. 148-156, 2014.

INGRAM, C. J. E.; SWALLOW, D. M. Lactose Malabsorption. In: FOX, P. F.; McSWEENEY, P. L. H. **Advanced Dairy Chemistry: Lactose, Water, Salts and Minor Constitutents**. 3 ed. New York: Spring Science + Business Media LLC, 2009. cap.6. p. 203-222.

KOCIÁN, J. Lactose intolerance. **International Journal of Biochemistry**, v. 20, n. 1, p. 1-5, 1988.

LEE, S. *et al.* Flavor and texture attributes of foods containing b-glucan-rich hydrocolloids from oats. **LWT: Food Science and Technology**, v. 42, n. 1, p. 350-357, 2009.

LIN, K. Y.; DANIEL, J. R.; WHISTLER, R. L. Structure of chia seed polysaccharide exudate. **Carbohydrate Polymers**, v. 23, n. 1, p. 13–18, 1994.

LONGO, G. **Influência da adição de lactase na produção de iogurtes**. 2006, 89 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

MAHAUT, T. **Productos lácteos industriales**. Zaragoza: Acribia, 2004. 177 p.

MAHONEY, R. R. Hydrolases: β -galactosidase. In: WHITAKER, J. R.; VORAGEN, A. G. J.; WONG, D. W. S. **Handbook of Food Enzymology**. New York: Marcel Dekker, Inc., 2003. cap. 65, p. 823-828.

MARTÍNEZ, M. L. *et al.* Chia (*Salvia hispanica* L.) oil extraction: Study of processing parameters. **LWT - Food Science and Technology**, v. 47, n. 1, p. 78-82, 2012.

MATHIAS, T. R. S. *et al.* Avaliação do comportamento reológico de diferentes iogurtes comerciais. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 16, n. 1, p. 12-20, 2013.

MUNDIM, S. A. P. **Elaboração de iogurte funcional com leite de cabra, saborizado com frutos do cerrado e suplementado com inulina**. 2008, 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Escola de Química, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Rio de Janeiro, 2008.

OLIVOS-LUGO, B. L.; VALDIVIA-LOPEZ, M. A.; TECANTE, A. Thermal and physicochemical properties and nutritional value of the protein fraction of Mexican Chia seed (*Salvia hispanica* L.). **Food Science and Technology International**, v. 16, n. 1, p. 89-96, 2010.

OREOPOULOU, V.; TZIA, C. Utilization of plant by-products for the recovery of proteins, dietary fibers, antioxidants, and colorants. In: V. OREOPOULOU, V.; RUSS, W. **Utilization of by-products and treatment of waste in the food industry**. USA: Springer, 2007. cap. 11. p. 209-232.

PEREIRA, B. S. *et al.* Análise físico-química e sensorial do pão de batata isento de glúten enriquecido com farinha de chia. **Demetra: alimentação, nutrição e saúde**, v. 8, n. 2, p. 125-136, 2013.

PERRONE, I. T. *et al.* Lactose. In: CRUZ, A. G. *et al.* **Química, bioquímica, análise sensorial e nutrição no processamento de leite e derivados**. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016. cap. 4. p. 75-104.

REYES-CAUDILLO, E.; TECANTE, A.; VALDIVIA-LÓPEZ, M. A. Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. **Food Chemistry**, v. 107, n. 2, p. 656-663, 2008.

RIBEIRO, E. J. *et al.* Produção de β -galactosidase por fermentação de soro de queijo com *Kluyveromyces marxianus*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24 n. 4, p. 567-572, 2004.

RODAS, M. A. B. *et al.* Caracterização físico-química, histológica e viabilidade de bactérias lácticas em iogurtes com frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 3, p. 304-309, 2001.

ROSAMOND, W. D. Dietary fiber and prevention of cardiovascular disease, **Journal of the American College Cardiology**, v.39, n.1, p.57–59, 2002.

SILVA, C.; GARCIA, V. A. S.; ZANETTE, C. M. Chia (*Salvia hispanica* L.) oil extraction using different organic solvents: oil yield, fatty acids profile and technological analysis of defatted meal. **International Food Research Journal**, v. 23, n. 3, p. 998-1004, 2016.

SWAGERTY, D. L.; WALLING, A. D.; KLEIN, R. M. Lactose intolerance. **American Family Physician**, v. 65, n. 9, p. 1845-1849, 2002.

TAMIME, A.; ROBINSON, R.K. **Fundamentos del proceso de elaboración del yogur**. Yogur: Ciencia e Tecnologia. Zaragoza: Acribia, 1991. 368 p.

TÉO, C. R. P. A. Intolerância à lactose: uma breve revisão para o cuidado nutricional. **Arquivos de Ciências da Saúde UNIPAR**, v. 6, n. 3, p. 135-140, 2002.

VÁSQUEZ-OVANDO, A. *et al.* Physicochemical properties of a fibrous fraction from chia (*Salvia hispanica* L.). **LWT – Food Science and Technology**, v. 42, n. 1, p. 168-173, 2009.

WANG, Y. *et al.* The genetically programmed down-regulation of lactase in children. **Gastroenterology**, v. 114, n. 6, p. 1230-1236, 1998.