

Influência da Incorporação de extrato de mastruz (*Chenopodium ambrosioides*) nos parâmetros de qualidade de iogurte natural

Influence of mastruz extract (*Chenopodium ambrosioides*) incorporation on the quality parameters of natural yogurt

Influencia de la incorporación de extracto de mastruz (*Chenopodium ambrosioides*) sobre los parámetros de calidad del yogur natural

DOI: 10.54033/cadpedv22n8-235

Originals received: 5/23/2025

Acceptance for publication: 6/17/2025

Tais Aragão Ishizawa

Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos
Instituição: Universidade Federal de Goiás (UFG)
Endereço: Goiânia, Goiás, Brasil
E-mail: tais.aragao@ufg.br

Julio Cesar Colivet Briceno

Doutor em Engenharia de Alimentos
Instituição: Universidade de São Paulo (USP)
Endereço: Goiânia, Goiás, Brasil
E-mail: juliocolivet@gmail.com

Dhyandra Vasconcelos Reindel Kanela

Graduada em Engenharia de Alimentos
Instituição: Universidade Federal de Goiás (UFG)
Endereço: Goiânia, Goiás, Brasil
E-mail: dhyandra_vasconcelos@discente.ufg.br

Isabely Crysis Gonçalves Lopes

Graduada em Engenharia de Alimentos
Instituição: Universidade Federal de Goiás (UFG)
Endereço: Goiânia, Goiás, Brasil
E-mail: isabelycrysis@discente.ufg.br

Gislene Auxiliadora Ferreira

Doutora em Agronomia
Instituição: Universidade Federal de Goiás (UFG)
Endereço: Goiânia, Goiás, Brasil
E-mail: gislene_ferreira@ufg.br

Tatianne Ferreira de Oliveira

Doutora em Engenharia Química
Instituição: Université d'Orleans
Endereço: Goiânia, Goiás, Brasil
E-mail: tatianne_ferreira_oliveira@ufg.br

RESUMO

O iogurte é amplamente reconhecido como um produto lácteo de elevado valor nutricional e benefícios à saúde, sendo a incorporação de compostos bioativos uma estratégia promissora para potencializar suas propriedades funcionais. Neste estudo, iogurtes foram formulados com diferentes concentrações (0; 0,0125; 0,025; 0,05 e 0,1% p/v) de extrato aquoso liofilizado de folhas de *Dysphania ambrosioides* (ML), avaliando-se os efeitos da adição durante a fermentação e o armazenamento refrigerado (4 °C). Foram analisadas as características físico-químicas, o teor de compostos fenólicos e a estabilidade dos produtos ao longo do período de estocagem. A adição de ML nas concentrações de 0,05 e 0,1% promoveu aceleração na fermentação, sem impactar significativamente o pH, acidez ou contagem microbiana durante o armazenamento, mantendo os produtos dentro dos padrões regulamentares para iogurtes. Observou-se ainda redução na sinérese em amostras com 0,025 e 0,1% de ML após 21 dias, bem como alterações na coloração, com tendência a tons mais escuros e amarelados. O teor de compostos fenólicos aumentou proporcionalmente à concentração de ML adicionada e permaneceu elevado durante o armazenamento. Os resultados indicam que a adição de 0,025% de ML ao iogurte pode representar uma alternativa viável para enriquecimento funcional, sem comprometer a estabilidade e qualidade do produto.

Palavras-chave: Leite Fermentado, *Dyspanhia ambrosioides* L. Características Físico-Químicas. Saúde.

ABSTRACT

Yogurt is widely recognized as a dairy product with significant nutritional value and health benefits, and the incorporation of bioactive compounds represents a promising strategy to enhance its functional properties. In this study, yogurts were formulated with different concentrations (0, 0.0125, 0.025, 0.05, and 0.1% w/v) of freeze-dried aqueous extract from *Dysphania ambrosioides* leaves (ML), and the effects of incorporation were evaluated during fermentation and refrigerated storage (4 °C). Physicochemical properties, phenolic content, and product stability were analyzed throughout storage. The addition of ML at 0.05 and 0.1% accelerated fermentation without significantly affecting pH, acidity, or microbial counts during storage, and all samples remained within the regulatory standards for yogurt. Syneresis was reduced in samples containing 0.025 and 0.1% ML after 21 days, while color parameters shifted towards darker and more yellowish tones. Phenolic content increased proportionally with ML concentration and remained elevated throughout storage. The results suggest that the incorporation of 0.025% ML into yogurt is a feasible approach to enhance its functional value while maintaining product stability and quality.

Keywords: Fermented Milk. *Dysphania ambrosioides* L. Physicochemical Characteristics. Health.

RESUMEN

El yogur es ampliamente reconocido como un producto lácteo con alto valor nutricional y beneficios para la salud, y la incorporación de compuestos bioactivos representa una estrategia prometedora para potenciar sus propiedades funcionales. En este estudio, se formularon yogures con diferentes concentraciones (0; 0,0125; 0,025; 0,05 y 0,1% p/v) de extracto acuoso liofilizado de hojas de *Dysphania ambrosioides* (ML), evaluándose los efectos de la incorporación durante la fermentación y el almacenamiento refrigerado (4 °C). Se analizaron las propiedades fisicoquímicas, el contenido de compuestos fenólicos y la estabilidad del producto a lo largo del almacenamiento. La adición de ML en concentraciones de 0,05 y 0,1% aceleró la fermentación sin afectar significativamente el pH, la acidez ni el recuento microbiano durante el almacenamiento, manteniéndose todas las muestras dentro de los estándares regulatorios para yogur. Se observó una reducción de la sinéresis en las muestras con 0,025 y 0,1% de ML después de 21 días, así como cambios en el color, con tendencia hacia tonos más oscuros y amarillentos. El contenido de compuestos fenólicos aumentó proporcionalmente a la concentración de ML y se mantuvo elevado durante todo el almacenamiento. Los resultados indican que la incorporación de 0,025% de ML en el yogur es una alternativa viable para enriquecer su valor funcional sin comprometer la estabilidad ni la calidad del producto.

Palabras clave: Leche Fermentada. *Dysphania ambrosioides* L. Características Fisicoquímicas. Salud.

1 INTRODUÇÃO

O iogurte é um produto lácteo fermentado obtido principalmente pela ação das bactérias *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, as quais produzem ácido láctico e compostos aromáticos. A formação de ácido láctico leva à redução do pH do leite, promovendo a coagulação das proteínas e conferindo ao produto sua textura e sabor característicos (Nagaoka, 2019). É um produto consumido no mundo todo devido ao seu valor nutritivo e benefícios à saúde dos seres humanos, com receita de mercado prevista em cerca de US\$ 181,30 bilhões em 2024 (Bratkíč *et al.*, 2025). Tais benefícios podem ser atribuídos aos peptídeos bioativos gerados durante a fermentação e os liberados durante a digestão gastrointestinal do produto, além da interação

das bactérias lácticas (iniciadoras do iogurte) com o intestino (Nagaoka, 2019; Nguyen *et al.*, 2020).

Com o objetivo de potencializar os benefícios já reconhecidos do iogurte pelos consumidores, a indústria tem investido no desenvolvimento de produtos lácteos fermentados com propriedades funcionais adicionais, por meio da incorporação de ingredientes naturais ricos em compostos bioativos (Tang *et al.*, 2022). Dentre os compostos bioativos destacam-se os fitoquímicos, substâncias químicas sintetizadas pelas plantas que, além de apresentarem diversas propriedades biológicas, também podem contribuir como fontes de macro e micronutrientes (Fazilah *et al.*, 2018).

Uma alternativa ainda pouco explorada comercialmente é a incorporação de extratos de plantas medicinais. Além de melhorar as propriedades funcionais dos produtos, esses extratos podem fornecer minerais de relevância nutricional (Ahmad *et al.*, 2022). Estudos têm investigado a incorporação de extratos de plantas, como folhas de argel (Ahmed *et al.*, 2022), *Moringa oleífera* (Zhang *et al.*, 2019), folhas de chá verde, branco e preto (*Camellia sinensis*) (Muniandy; Shori; Baba, 2016) e partes aéreas de *Ferulago angulata* (Keshavarzi; Sharifan; Yasini Ardakani, 2021). Esses estudos demonstraram melhorias nos parâmetros de qualidade dos produtos, abrangendo características físico-químicas e reológicas, além de potencializarem suas propriedades terapêuticas.

Dyspanhia ambrosioides L., popularmente conhecida como mastruz, é uma planta medicinal com aroma forte e característico, utilizada principalmente na medicina tradicional, para o tratamento de diversas doenças, e também como condimento, no México (Villalobos-Delgado *et al.* 2020). A planta é rica em compostos bioativos como os terpenos e os fenólicos, responsáveis pelo seu potencial terapêutico (Kandsi *et al.*, 2024; Villalobos-Delgado *et al.*, 2017). Neste sentido, algumas pesquisas têm relatado a incorporação destas folhas na elaboração de alimentos. Villalobos-Delgado *et al.* (2020) relataram que a incorporação do extrato de mastruz provocou um aumento da vida útil de produtos cárneos através da redução da oxidação lipídica.

Diante disso, este estudo teve como objetivo investigar o impacto do extrato aquoso liofilizado de folhas de mastruz nas propriedades físico-químicas,

compostos fenólicos e carga microbiana no iogurte natural durante o armazenamento refrigerado por 21 dias.

2 METODOLOGIA

2.1 PREPARAÇÃO DO EXTRATO DE MASTRUZ

As folhas de mastruz foram coletadas durante os anos de 2022 e 2023, em várias etapas de crescimento no espaço EDEM – Desenvolvimento Energético com o Meio Ambiente (16°35'42,5”S 49°16'38,2”W), da Escola de Agronomia, da Universidade Federal de Goiás -UFG. Posteriormente, foram cuidadosamente selecionadas, submetidas a uma lavagem em água corrente e, em seguida, foram sanitizadas utilizando hipoclorito de sódio a uma concentração de 150 ppm por um período de 15 minutos.

A secagem das folhas foi realizada em estufa de secagem com circulação de ar (TE-394/3, Tecnal, Piracicaba, Brasil) a 30 ± 2 °C por 18 h ou até atingir 10% de umidade. Em seguida, as folhas foram trituradas em moinho de facas para obtenção do pó e passadas em peneiras de 35 mesh (0,50 mm), conforme metodologia adaptada de Reyes-Becerril *et al.* (2019).

O extrato foi preparado conforme metodologia adaptada de Villalobos-Delgado *et al.* (2017). O pó de *D. ambrosioides* (DA) foi disperso em água Mili-Q em diferentes proporções (1:10 e 1:100), e as misturas foram submetidas à agitação a 120 rpm em uma incubadora refrigerada com agitação constante (TE-421, Tecnal, Piracicaba, Brasil) na temperatura ambiente de 28 °C por 1h30. A mistura foi filtrada em papel filtro qualitativo e o resíduo extraído novamente sob as mesmas condições. Os filtrados foram misturados e liofilizados.

2.2 PRODUÇÃO DOS IOGURTES FORTIFICADOS COM O EXTRATO AQUOSO LIOFILIZADO

Testes preliminares foram realizados para a definição de concentrações do extrato liofilizado e para a concentração inicial da cultura de bactérias lácticas.

Com base nisto, o iogurte natural foi elaborado em quatro concentrações de extrato aquoso de mastruz liofilizado (ML) (0,0125 %; 0,025 %; 0,05 % e 0,1 % p/v) e o controle (0%).

Os iogurtes foram preparados utilizando a metodologia adaptada de Caleja *et al.* (2016), utilizando leite UHT (ultra high temperature), obtidos em um comércio local, adicionados e misturados com as diferentes concentrações de ML, aquecidos a 43 °C e inoculados com culturas termofílicas para iogurte YF-903 (0,5 g/L = 10^7 UFC/mL), contendo uma mistura de *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus* liofilizadas (Chr. Hansen, Madrid, Espanha). As misturas inoculadas foram despejadas em recipientes plásticos de prolipropileno (140 mL) mantidos a 42 °C até obtenção de pH entre 4,6 – 4,7 (2 h 30 minutos) e então armazenados 4 °C por 1, 7, 14 e 21 dias, conforme método de Ahmed *et al.* (2021), com modificações.

2.3 CINÉTICA DE FERMENTAÇÃO

Os parâmetros cinéticos de acidificação foram estimados de acordo com a metodologia reportada por Oliveira *et al.* (2009) por meio do acompanhamento do pH durante o processo de fermentação a cada 30 minutos e, ao final, 15 minutos. A taxa máxima de acidificação (V_{max}) foi calculada como a variação do pH dependente do tempo (dpH/dt) e expressa como unidades de pH/min. Ao final da fermentação foram calculados também os parâmetros: (1) $t_{máx}$ (h), momento em que a $V_{máx}$ foi atingida; (2) $t_{pH\ 5,0}$ (h), tempo para atingir pH 5,0; e (3) t_f (h), o tempo para completar a fermentação.

2.4 DETERMINAÇÃO DE pH E ACIDEZ TITULÁVEL

O pH foi mensurado usando um potenciômetro portátil (Hanna, H19816, São Paulo, Brasil). A acidez titulável foi determinada pelo método potenciométrico utilizando solução de NaOH 0,1 M até atingir pH 8,3 (Kim *et al.*, 2025). A acidez titulável foi expressa como g de ácido de láctico/100g de iogurte.

2.5 DETERMINAÇÃO DE COR

A cor foi avaliada diretamente nas amostras, em seus respectivos recipientes, por meio dos parâmetros CIE-Lab (L^* , a^* e b^*), utilizando um colorímetro portátil Baking Meter Minolta (BC-10, Ramsey, Japão). A diferença de cor entre o controle (0% de extrato) e as formulações contendo o extrato liofilizado de mastruz (ML) foi determinada de acordo com a Equação 1.

$$\Delta E^* = \sqrt{(L_{IC}^* - L_{IE}^*)^2 + (a_{IC}^* - a_{IE}^*)^2 + (b_{IC}^* - b_{IE}^*)^2} \quad (1)$$

onde:

IC representa valor correspondente ao iogurte controle e IE o valor correspondente a cada concentração de extrato.

2.6 DETERMINAÇÃO DA SINÉRESE

A sinérese foi avaliada conforme métodos descritos por Ahmed *et al.* (2022), com modificações. 10 g de amostras de iogurte foram centrifugadas a 4000 rpm por 10 min, a temperatura de aproximadamente 25°C ambiente. Em seguida, o sobrenadante (soro) foi vertido em um outro tubo e pesado. A sinérese foi calculada como peso percentual do soro em relação ao peso original da amostra de iogurte.

2.7 DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS (CFT)

Os compostos fenólicos totais foram determinados conforme metodologia adaptada de Ahmed *et al.* (2022) e Villalobos-Delgado *et al.* (2017). Para tanto, os soros obtidos de cada amostra da análise de sinérese foram centrifugados a 9000 rpm por 3 minutos. 50 µL do soro foram adicionados a 3 mL de água milli-Q e 250 µL do reagente Folin-Ciocalteu (1N). Após 5 minutos, 750 µL de Na₂CO₃ (20 %) e 950 µL de água milli-Q foram adicionados e a mistura foi

homogeneizada e mantida em repouso por 60 min. A absorbância foi mensurada a 760 nm em espectrofotômetro UV (Shimadzu, UV-1800, Japão) e a concentração determinada usando uma curva de calibração de ácido gálico (0 e 1000 µg/mL). Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico por 100 g de produto.

2.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

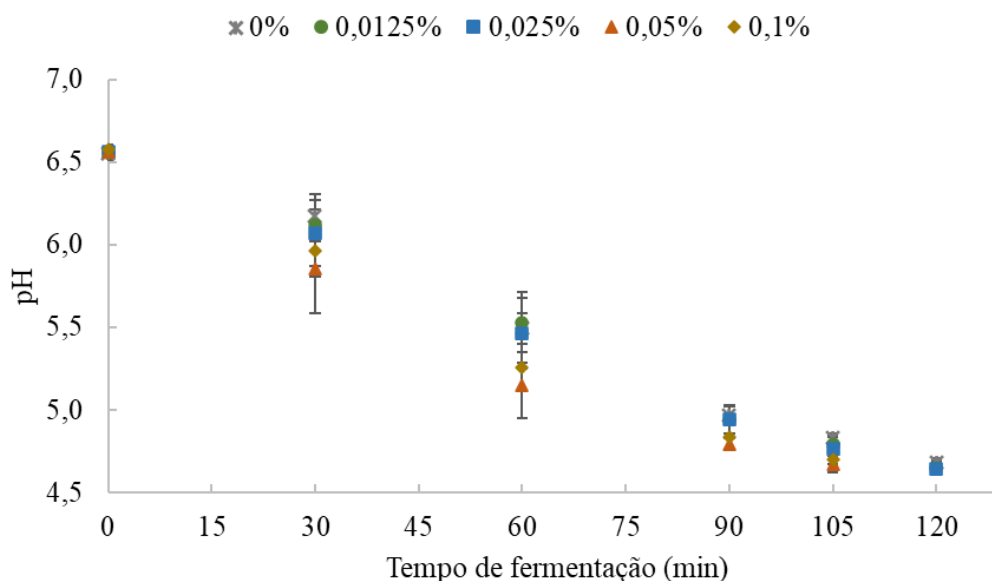
O delineamento foi inteiramente casualizado sendo composto por cinco tratamentos (quatro concentrações do extrato e o controle negativo) e três repetições originais. Os dados foram expressos como média ± desvio padrão. A significância estatística foi determinada pela análise de variância (ANOVA) seguida por teste de Tukey em um nível de significância de 95% usando o Statistica Software 10.0 (Stat Soft Inc., EUA).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 CINÉTICA DE ACIDIFICAÇÃO DURANTE A FERMENTAÇÃO DOS IOGURTES

O pH dos iogurtes foi monitorado durante o processo fermentativo a uma temperatura de 42 °C até atingir o pH em torno de 4,6-4,7. A incorporação do extrato de mastruz liofilizado (ML) não alterou o pH inicial dos iogurtes, que variou de 6,55 a 6,58, e os iogurtes apresentaram uma tendência similar nas alterações de pH, em que as maiores concentrações (0,05% e 0,1%) apresentaram um decaimento mais rápido, principalmente no início do processo e um menor tempo de fermentação, alcançando o pH final aos 105 min (Figura 1).

Figura 1. Mudanças de pH no iogurte incorporado com 0 a 0,1% (p/v) de extrato de mastruz liofilizado (ML) durante a fermentação.



Fonte: Elaborado pelos autores

Os parâmetros cinéticos obtidos da acidificação indicam que a incorporação de extrato de ML nas maiores concentrações (0,05% e 0,1%) não afetou significativamente o processo fermentativo do iogurte quando comparado ao iogurte controle (0%), o que, conseqüentemente, não diferiu no valor de $t_{máx}$ obtido (Tabela 1). Porém, os tempos para alcançar o pH 5,0 e o tempo final de fermentação foram reduzidos significativamente nas fermentações com a incorporação de 0,05% e 0,1%, indicando que essas concentrações podem ter auxiliado o desenvolvimento das bactérias ácido-láticas (BAL) durante o processo de fermentação.

D. ambrosioides contém metabólitos secundários como componentes fenólicos, ácidos orgânicos e flavonóides (Annaz *et al.*, 2023; Barros *et al.*, 2013; Kandsi *et al.*, 2022). Tais compostos podem ser os responsáveis por auxiliar o processo de fermentação e podem indicar um potencial prebiótico (Ahmed *et al.*, 2022; Zhang *et al.*, 2019). Os efeitos promotores dos extratos no crescimento das BAL, possivelmente, são devido a capacidade dos polifenóis em atuarem como agentes antioxidantes que poderiam modular o estresse oxidativo no meio e fornecer um ambiente benéfico para o seu desenvolvimento (Jeong *et al.*, 2018).

Tabela 1. Parâmetros cinéticos de acidificação do iogurte com diferentes concentrações de extrato de ML durante a fermentação.

Parâmetros cinéticos	Concentrações ML				
	0 %	0,01 %	0,025 %	0,05%	0,1 %
$V_{\text{máx}}$ (10^{-3} pH/min)	22,78 ± 2,83 ab	20,89 ± 1,34 b	21,67 ± 2,65 b	27,78 ± 1,26 a	24,89 ± 2,17 ab
$t_{\text{máx}}$ (h)	1,17 ± 0,29 a	1,17 ± 0,29 a	1,00 ± 0,50 a	0,66 ± 0,29 a	0,83 ± 0,29 a
$t_{\text{pH}5,0}$ (h)	1,58 ± 0,05 a	1,56 ± 0,02 a	1,54 ± 0,10 ab	1,32 ± 0,07 c	1,38 ± 0,06 bc
t_f (h)	1,90 ± 0,02 a	1,91 ± 0,02 a	1,89 ± 0,06 a	1,67 ± 0,06 b	1,73 ± 0,04 b

$V_{\text{máx}}$, taxa máxima de acidificação (10^{-3} unidades de pH/min); $t_{\text{máx}}$, tempo em que $V_{\text{máx}}$ foi atingida; $t_{\text{pH}5,0}$, tempo para atingir pH 5,0; e t_f , tempo para completar a fermentação. Os valores são apresentados como média ± desvio padrão. Médias seguidas por diferentes letras representam diferenças estatísticas na mesma linha ($p < 0,05$).

Fonte: Elaboradas pelos próprios autores.

O mesmo comportamento foi observado por (Zhang *et al.*, 2019), em iogurtes suplementados com extrato de moringa, que obtiveram maior $t_{\text{pH}5,0}$ e t_f nos iogurtes com as maiores concentrações (0,1% e 0,2%), e por chá verde, melhorando a fermentação e atividade antioxidante (Jeong *et al.*, 2018).

3.2 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DOS IOGURTES

Os valores de pH e acidez dos iogurtes durante o armazenamento de 21 dias estão apresentados na Tabela 2. Os iogurtes incorporados com o extrato de ML não apresentaram diferença significativa no valor de pH quando comparado ao iogurte controle até os 21 dias. Keshavarzi *et al.* (2021) estudaram iogurtes probióticos fortificados com extrato etanólico e com óleo essencial de *Ferulago angulata* (Schlecht.) Boiss e Zhang *et al.* (2019) iogurtes suplementados com extrato de moringa e também não identificaram diferenças no pH quando comparado ao controle.

Durante período de armazenamento, o valor de pH foi diminuindo para a maioria dos iogurtes, exceto o de concentração 0,0125% que não apresentou diferença. A diminuição do pH do iogurte durante o armazenamento é em consequência da atividade metabólica das bactérias ácido-láticas continuando produzindo ácido lático em um ritmo menor. O valor médio de pH permaneceu abaixo de 4,5 durante os 21 dias de armazenamento, indicando que as culturas iniciadoras mantiveram um ambiente propício para o seu desenvolvimento e

adequado para inibir o crescimento de microrganismos indesejáveis, como patógenos (Chandan; Gandhi; Shah, 2017).

Tabela 2. Características químicas dos iogurtes com diferentes concentrações de extrato de ML.

Tratamento	Dias de armazenamento				
	1	7	14	21	
pH	0	4,39 ± 0,03 Aa	4,32 ± 0,06 Aab	4,28 ± 0,08 Ab	4,31 ± 0,09 Aab
	0,0125	4,36 ± 0,04 Aa	4,28 ± 0,06 Aa	4,26 ± 0,08 Aa	4,29 ± 0,09 Aa
	0,025	4,39 ± 0,03 Aa	4,27 ± 0,06 Ab	4,27 ± 0,07 Ab	4,29 ± 0,09 Aab
	0,05	4,36 ± 0,02 Aa	4,27 ± 0,03 Ab	4,23 ± 0,06 Ab	4,27 ± 0,06 Ab
	0,1	4,35 ± 0,03 Aa	4,26 ± 0,05 Aab	4,24 ± 0,07 Ab	4,26 ± 0,08 Aab
Acidez	0	0,85 ± 0,02 Ba	0,81 ± 0,04 Aa	0,82 ± 0,05 Aa	0,82 ± 0,05 Aa
	0,0125	0,88 ± 0,02 ABa	0,85 ± 0,04 Aa	0,84 ± 0,05 Aa	0,84 ± 0,04 Aa
	0,025	0,87 ± 0,01 Ba	0,85 ± 0,04 Aa	0,84 ± 0,04 Aa	0,85 ± 0,05 Aa
	0,05	0,88 ± 0,01 ABa	0,84 ± 0,02 Aa	0,85 ± 0,03 Aa	0,85 ± 0,03 Aa
	0,1	0,90 ± 0,03 Aa	0,86 ± 0,03 Aa	0,86 ± 0,03 Aa	0,87 ± 0,05 Aa

Os tratamentos são dados em porcentagem (%). Médias seguidas por diferentes letras maiúsculas na mesma coluna são significativamente diferentes ($p < 0,05$). Médias seguidas por diferentes letras minúsculas na mesma linha são significativamente diferentes ($p < 0,05$). Fonte: Elaboradas pelos próprios autores.

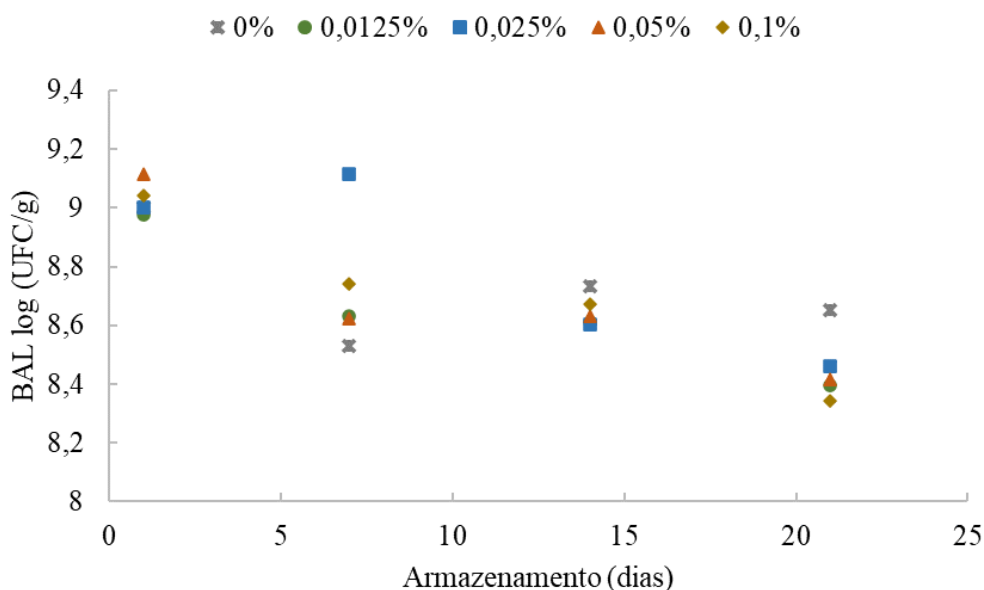
Quanto à acidez, a incorporação do extrato de ML apresentou efeito apenas no primeiro dia de análise, em que a acidez do iogurte controle (0,85 %) foi menor que a acidez do iogurte com a maior concentração do extrato (0,1 %), de 0,90%. Ao longo do tempo, diferentemente do pH, a acidez não apresentou diferença estatística nos dias de análise, o mesmo observado por (Keshavarzi; Sharifan; Yasini Ardakani (2021) em que a incorporação de *F. angulata* impactou o teor de acidez apenas no primeiro dia de análise, não havendo diferença após 21 dias. Mesmo assim, os iogurtes mantiveram uma acidez ao final de 21 dias de 0,82 a 0,87 %, indicando manter uma acidez viável dentro do teor estabelecido (mínimo 0,6 %) (Codex Alimentarius Commission, 2003)

Os resultados de pH e acidez indicam que os iogurtes mostraram um controle na pós-acidificação, processo que se refere à acidificação continua além da sua faixa ideal em consequência da atividade metabólica das bactérias durante a sua vida útil e que é indesejável. A pós-acidificação é influenciada por fatores empregados na produção do iogurte como tipo de cultura iniciadora, composição do leite, temperatura, pH, homogeneização e embalagem (Deshwal *et al.*, 2021). Os iogurtes estiveram então dentro das condições ácidas ideais de forma a evitar um sabor ácido excessivo.

A contagem de bactérias ácido-láticas (BAL) viáveis também apresentou uma tendência um pouco maior nos iogurtes incorporados com as maiores concentrações (0,05 e 0,1 %) no primeiro dia o que está de acordo com os dados do processo de fermentação e de acidez (dia 01) (Figura 2). Este aumento pode ser atribuído a certos componentes do extrato de ML, como os compostos fenólicos que possivelmente auxiliaram o crescimento das BAL (Ahmed *et al.*, 2021). No entanto, durante o armazenamento observou-se uma redução nas contagens de células viáveis em todas as formulações com ML, evidenciando-se uma redução na contagem após 21 dias.

A dinâmica das células viáveis observada neste estudo diverge de alguns dados relatados para iogurtes, nos quais a incorporação de fontes naturais manteve uma contagem de bactérias ácido-láticas (BAL) superior à do controle ao longo de 21 dias (Ahmad *et al.*, 2022a; Ahmed *et al.*, 2022; Keshavarzi; Sharifan; Yasini Ardakani, 2021a). Tal redução é em consequência da acumulação de metabólitos e à redução do pH que diminui sua sobrevivência (Jaster *et al.*, 2018). Apesar disso, todos os iogurtes mantiveram a contagem recomendada de BAL (mínimo 10^7) até o final de 21 dias de armazenamento e a viabilidade da cultura foi reduzida em 1 ciclo logarítmico.

Figura 2. Contagem de bactérias ácido-láticas (BAL) dos iogurtes log (UFC/g) com diferentes concentrações de extrato de ML.



Fonte: Elaboradas pelos próprios autores.

Em relação à sinérese, não foi evidenciada uma tendência que indique que o tempo ou a concentração tenha influenciado esse parâmetro (Tabela 3). Suwannasang *et al.* (2022) também não identificaram diferenças na sinérese do iogurte controle com o fortificado com 1 % de óleo de Sacha Inchi (*Plukenetia Volubilis* L.), na forma não encapsulada, por 30 dias.

Tabela 3. Sinérese (%) dos iogurtes com diferentes concentrações de extrato de ML.

Tratamento	Dias de armazenamento			
	1	7	14	21
0	45,32 ± 1,90 Ab	49,94 ± 0,76 ABa	47,91 ± 2,16 Aa	50,12 ± 0,98 Aa
0,0125	44,80 ± 2,48 Ab	48,75 ± 1,94 Ba	48,30 ± 1,75 Aa	50,34 ± 0,98 Aa
0,025	45,46 ± 1,90 Ab	50,65 ± 1,65 ABa	48,02 ± 1,00 Aab	48,45 ± 1,94 Aab
0,05	46,19 ± 1,63 Ac	52,03 ± 0,59 Aa	48,29 ± 1,91 Abc	49,07 ± 1,56 Ab
0,1	45,37 ± 0,94 Ab	50,77 ± 1,41 ABa	49,97 ± 1,39 Aa	48,99 ± 1,98 Ab

Os tratamentos são dados em porcentagem (%). Médias seguidas por diferentes letras maiúsculas na mesma coluna são significativamente diferentes ($p < 0,05$). Médias seguidas por diferentes letras minúsculas na mesma linha são significativamente diferentes ($p < 0,05$).

Fonte: Elaboradas pelos próprios autores.

Durante o armazenamento, a sinérese aumentou nos iogurtes controle (0 %) e naqueles contendo 0,0125% e 0,05 % de extrato de ML. No entanto, nos iogurtes com 0,025 e 0,1 % não houve diferença estatística entre o primeiro e o último dia de armazenamento (21 dias). Embora o iogurte com 0,05 % de extrato tenha apresentado um aumento na sinérese ao longo do tempo, o valor mais elevado não foi registrado ao final de 21 dias, diferentemente dos iogurtes controle e com 0,0125 %.

Desta forma, a incorporação do extrato demonstrou um controle na sinérese mais perceptível ao final do experimento (21 dias). As oscilações observadas nos dias intermediários, principalmente no dia 07 de análise, podem ser devido a centrifugação sem refrigeração, em que não há um controle de temperatura durante a realização da análise.

Os resultados de sinérese estão de acordo com (Wang; Kristo; LaPointe, 2020) que reportaram um aumento na sinérese dos iogurtes com o período de armazenamento. Este aumento é em decorrência do pH ácido dos iogurtes que, ao longo dos dias, pode promover a dissolução do cálcio e do fosfato inorgânico, diminuindo a carga negativa das micelas de caseína, e assim enfraquecendo a estabilidade coloidal do iogurte, causando a sinérese (Tang *et al.*, 2022).

Geralmente, iogurtes enriquecidos com extratos ricos em polifenóis reduzem a sinérese no armazenamento, que sugere ser devido à interação de componentes com as proteínas do iogurte (Anuyahong *et al.*, 2020; Ahmed *et al.*, 2021; Ahmad *et al.*, 2022; Nazari *et al.*, 2023). No entanto, a sinérese também pode ser reduzida com o aumento do conteúdo de sólidos totais e o presente trabalho não utilizou nenhuma complementação deste teor nas formulações. Além disso, o efeito dos polifenóis na rede de gel protéico depende da dose incorporada e o seu excesso pode promover a sinérese (Dönmez; Mogol; Gökmen, 2017).

4 CONCLUSÃO

A incorporação do extrato de mastruz promoveu uma aceleração na taxa de fermentação do iogurte, favorecendo o desenvolvimento das bactérias ácido-láticas (BAL) e contribuindo para um processo fermentativo mais eficiente. Além disso, observou-se uma melhora nas propriedades tecno-funcionais do produto, especialmente na redução da sinérese e na elevação dos teores de compostos fenólicos totais, que se mantiveram mais elevados ao longo do armazenamento refrigerado. Esses resultados indicam que a adição de extrato de mastruz pode representar uma estratégia promissora para o desenvolvimento de iogurtes com atividade funcional, agregando valor nutricional e potencial benefício à saúde dos consumidores.

Os achados desta pesquisa contribuem para o avanço no desenvolvimento de alimentos funcionais com base em ingredientes bioativos de origem vegetal, valorizando o uso de plantas medicinais tradicionais como o mastruz. Incentivando o aproveitamento sustentável da biodiversidade e promover inovações na indústria de laticínios voltadas à promoção da saúde pública.

Como limitação deste estudo, destaca-se a ausência testes clínicos para validação dos efeitos fisiológicos associados ao consumo do produto enriquecido. Para pesquisas futuras, recomenda-se a realização de estudos que explorem a bioacessibilidade e a biodisponibilidade dos compostos fenólicos.

Avaliações de escalabilidade do processo e estudos de viabilidade econômica também serão essenciais para apoiar sua aplicação industrial.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem, com sincera gratidão, o apoio inestimável das seguintes instituições, por meio do Programa de Bolsas de Apoio a Jovens Pesquisadores Doutores no Brasil:

- a) Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq;
- e
- b) Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás – FAPEG.

REFERÊNCIAS

AHMAD, I. *et al.* Fortification of yogurt with bioactive functional foods and ingredients and associated challenges - A review. **Trends in Food Science and Technology** Elsevier Ltd, , 1 nov. 2022.

AHMED, M. *et al.* Effect of Freeze-Drying on Apple Pomace and Pomegranate Peel Powders Used as a Source of Bioactive Ingredients for the Development of Functional Yogurt. **Journal of Food Quality**, v. 2022, 2022.

ANNAZ, H. *et al.* Mexican tea (*Dysphania ambrosioides* (L.) Mosyakin & Clements) seeds attenuate tourniquet-induced hind limb ischemia–reperfusion injury by modulating ROS and NLRP3 inflammasome pathways. **Journal of Functional Foods**, v. 108, 1 set. 2023.

ANUYAHONG, T.; CHUSAK, C.; ADISAKWATTANA, S. Incorporation of anthocyanin-rich riceberry rice in yogurts: Effect on physicochemical properties, antioxidant activity and in vitro gastrointestinal digestion. **LWT**, v. 129, 1 jul. 2020.

BARROS, L. *et al.* Bioactivity and chemical characterization in hydrophilic and lipophilic compounds of *Chenopodium ambrosioides* L. **Journal of Functional Foods**, v. 5, n. 4, p. 1732–1740, out. 2013.

BRATKIČ, K. *et al.* Physicochemical, nutritional, and antioxidant properties of yogurt fortified with *Carpobrotus edulis* (L.) N. E. Br. fruit peel extracts. **Applied Food Research**, v. 5, n. 1, p. 100962, 1 jun. 2025.

CALEJA, C. *et al.* Fortification of yogurts with different antioxidant preservatives: A comparative study between natural and synthetic additives. **Food Chemistry**, v. 210, p. 262–268, 1 nov. 2016.

CHANDAN, R. C.; GANDHI, A.; SHAH, N. P. Yogurt. Em: **Yogurt in Health and Disease Prevention**. [s.l.] Elsevier, 2017. p. 3–29.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **Norma del Codex para Leches Fermentadas**. (CODEX STAN 243-2003). 2003. Disponível em: https://www.fao.org/input/download/standards/400/CXS_243s.pdf. Acesso em: 18/06/2025.

DESHWAL, G. K. *et al.* Review on factors affecting and control of post-acidification in yoghurt and related products. **Trends in Food Science and Technology** Elsevier Ltd, , 1 mar. 2021.

DÖNMEZ, Ö.; MOGOL, B. A.; GÖKMEN, V. Syneresis and rheological behaviors of set yogurt containing green tea and green coffee powders. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 2, p. 901–907, 1 fev. 2017.

FAZILAH, N. F. *et al.* Influence of probiotics, prebiotics, synbiotics and bioactive phytochemicals on the formulation of functional yogurt. **Journal of Functional Foods**, v. 48, p. 387–399, 1 set. 2018.

JASTER, H. *et al.* Enhancement of antioxidant activity and physicochemical properties of yogurt enriched with concentrated strawberry pulp obtained by

block freeze concentration. **Food Research International**, v. 104, p. 119–125, 1 fev. 2018.

JEONG, C. H. *et al.* Green tea powder supplementation enhances fermentation and antioxidant activity of set-type yogurt. **Food Science and Biotechnology**, v. 27, n. 5, p. 1419–1427, 1 out. 2018.

KANDSI, F. *et al.* Antibacterial and Antioxidant Activity of *Dysphania ambrosioides* (L.) Mosyakin and Clemants Essential Oils: Experimental and Computational Approaches. **Antibiotics**, v. 11, n. 4, 1 abr. 2022.

KANDSI, F. *et al.* *Dysphania ambrosioides* (L.) Mosyakin and Clemants: bridging traditional knowledge, photochemistry, preclinical investigations, and toxicological validation for health benefits. **Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology**, v. 397, n. 2, p. 969–1001, 1 fev. 2024.

KESHAVARZI, M.; SHARIFAN, A.; YASINI ARDAKANI, S. A. Effect of the ethanolic extract and essential oil of *Ferulago angulata* (Schlecht.) Boiss. on protein, physicochemical, sensory, and microbial characteristics of probiotic yogurt during storage time. **Food Science and Nutrition**, v. 9, n. 1, p. 197–208, 1 jan. 2021.

KIM, Y. W. *et al.* Yogurt fermentation through ohmic heating and electrical conductivity based process monitoring. **Food Bioscience**, v. 66, 1 abr. 2025.

MOHAMED AHMED, I. A. *et al.* Physicochemical quality attributes and antioxidant properties of set-type yogurt fortified with argel (*Solenostemma argel* Hayne) leaf extract. **LWT**, v. 137, 1 fev. 2021.

MUNIANDY, P.; SHORI, A. B.; BABA, A. S. Influence of green, white and black tea addition on the antioxidant activity of probiotic yogurt during refrigerated storage. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 8, p. 1–8, 1 jun. 2016.

NAGAOKA, S. Yogurt production. Em: **Methods in Molecular Biology**. [s.l.] Humana Press Inc., 2019. V. 1887p. 45–54.

NAZARI, A.; ZARRINGHALAMI, S.; ASGHARI, B. Influence of germinated black cumin (*Nigella sativa* L.) seeds extract on the physicochemical, antioxidant, antidiabetic, and sensory properties of yogurt. **Food Bioscience**, v. 53, 1 jun. 2023.

NGUYEN, H. T. H. *et al.* Differences in peptide generation following in vitro gastrointestinal digestion of yogurt and milk from cow, sheep and goat. **Food Chemistry**, v. 317, p. 126419, 1 jul. 2020.

OLIVEIRA, R. P. S. *et al.* Effect of different prebiotics on the fermentation kinetics, probiotic survival and fatty acids profiles in nonfat symbiotic fermented milk. **International Journal of Food Microbiology**, v. 128, n. 3, p. 467–472, 15 jan. 2009.

REYES-BECERRIL, M. *et al.* Antioxidant, intestinal immune status and anti-inflammatory potential of *Chenopodium ambrosioides* L. in fish: In vitro and in vivo studies. **Fish and Shellfish Immunology**, v. 86, p. 420–428, 1 mar. 2019.

SUWANNASANG, S. *et al.* Physicochemical properties of yogurt fortified with microencapsulated Sacha Inchi oil. **LWT**, v. 161, 1 maio 2022.

TANG, P. L. *et al.* Potential use of waste cinnamon leaves in stirred yogurt fortification. **Food Bioscience**, v. 48, 1 ago. 2022.

VILLALOBOS-DELGADO, L. H. *et al.* Oxidative stability in raw, cooked, and frozen ground beef using Epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.). **Meat Science**, v. 168, 1 out. 2020.

VILLALOBOS-DELGADO, L. H. *et al.* Potential application of epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) as natural antioxidant in raw ground pork. **LWT**, v. 84, p. 306–313, 1 out. 2017.

WANG, X.; KRISTO, E.; LAPOINTE, G. Adding apple pomace as a functional ingredient in stirred-type yogurt and yogurt drinks. **Food Hydrocolloids**, v. 100, 1 mar. 2020.

ZHANG, T. *et al.* Moringa extract enhances the fermentative, textural, and bioactive properties of yogurt. **LWT**, v. 101, p. 276–284, 1 mar. 2019.