

Iogurte com polpa de maracujá (*Passiflora edulis*) e pectina adicionada: efeitos na viabilidade de bactérias probióticas e nas propriedades físico-químicas, reológicas e sensoriais



<https://doi.org/10.56238/interdiinovationscrese-011>

E-mail: angefiore@gmail.com

Vagna Aparecida Pereira Freire

Laboratório de Microbiologia de Alimentos, Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil

Khadija Bezerra Massaut

Laboratório de Microbiologia de Alimentos, Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil

Tatiane Kuka Valente Gandra

Faculdade de Nutrição, Departamento de Nutrição, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil

Wladimir Padilha da Silva

Laboratório de Microbiologia de Alimentos, Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil

Ângela Maria Fiorentini

Laboratório de Microbiologia de Alimentos, Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade de culturas probióticas (*Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*) e suas propriedades físico-químicas, reológicas e sensoriais em iogurte com polpa de maracujá e pectina. Foram preparados seis tratamentos de iogurtes, diferindo na adição de polpa de maracujá e pectina e diferentes combinações de culturas iniciadora e probiótica. A adição de polpa de maracujá e pectina interferiu no pH, acidez, sinérese e viscosidade, mas não afetou a viabilidade das culturas probióticas e, na avaliação sensorial, os avaliadores aceitaram bem o iogurte. Os resultados obtidos foram promissores, pois além do potencial antioxidante e significativo valor nutricional, permitem o desenvolvimento de um novo produto lácteo com a inserção de frutas regionais.

Palavras-chave: Bactérias ácido-láticas, Alimentos funcionais, Laticínios, Frutas, Leite fermentado.

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos que tragam benefícios à saúde vem impulsionando o mercado de alimentos funcionais que, segundo relatório da Grand View Research Inc., deve chegar a US\$ 275,77 bilhões até 2025 (GVR, 2019). Como parte do grupo de alimentos funcionais, os probióticos são definidos como microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, podem beneficiar a saúde do consumidor (WHO/FAO, 2001; Hill et al., 2014).

Entre os amplos benefícios, o consumo de probióticos favorece a manutenção de uma microbiota intestinal saudável (Zhang et al., 2018), potencializa ação antagônica contra microrganismos patogênicos por meio da produção de metabólitos e/ou competição por nutrientes e local de ação (Sotoudegan et al., 2019; Tsiouris e Tsiouris, 2016), estimula e regula a resposta imune



inata e adaptativa (Di Cerbo et al., 2016; Mishra e Mishra, 2018) e neutraliza produtos tóxicos (Sotoudegan et al., 2019).

Os microrganismos mais comumente utilizados como probióticos pertencem ao gênero *Lactobacillus spp.*, classificados como bactérias ácido-lácticas (LAB) e *Bifidobacterium spp.*

O iogurte é considerado um produto adequado para suplementar bactérias probióticas e um veículo para entrega ao seu local de ação no intestino. É comumente produzido pela fermentação do leite de vaca utilizando LAB, *Lactobacillus bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*, sob temperatura e condições ambientais controladas, o que provocará a queda do pH, seguida de desnaturação proteica, proporcionando as características sensoriais do produto (Hutkins, 2008).

A adição de adoçantes, frutas ou geleia de frutas em iogurtes contribui para a geração de novos produtos e também serve para mascarar a alta acidez que é essencial quando se trata de aceitabilidade pela maioria dos consumidores (Das et al., 2019). Nesse contexto, adicionar maracujá ao iogurte é uma opção alternativa, uma vez que o Brasil desponta como o maior produtor mundial, representando quase 70% da produção mundial, com uma produção anual em torno de 700.000 toneladas (IBGE, 2021).

Quanto às características nutricionais, a polpa de maracujá possui significativa quantidade de β -caroteno, riboflavina, niacina, cálcio, fósforo e ácido ascórbico e baixo teor de gordura, destacando-se que, entre as diferentes espécies, há variações no teor de fenóis e capacidade antioxidante. Outra fração da fruta que chama a atenção é sua casca, pois possui teor de proteína e, principalmente, grande quantidade de fibra alimentar, principalmente pectina, que pode representar de 60 a 80% do peso total (Fonseca et al., 2022).

Estudos demonstram que a administração de polpa e casca de maracujá influenciou a redução da pressão arterial em pacientes hipertensos (Lewis et al., 2013), a redução dos níveis de colesterol e triglicérides em pacientes com HIV (Marques et al., 2016), a sensibilidade à insulina (Balthar et al., 2021) e teve efeitos neuroprotetores (Tal et al., 2016).

Portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade de culturas probióticas (*Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*) e suas propriedades físico-químicas, reológicas e sensoriais em iogurte com polpa de maracujá e pectina.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIAL

As bactérias utilizadas foram YOG FVV 21 (*Streptococcus thermophilus/Lactobacillus bulgaricus*), PRO LAFTI L10 (*Lactobacillus acidophilus*), PRO LAFTI B94 (*Bifidobacterium lactis* B94) da Global Food® e ABT7 (*Bifidobacterium lactis Bb-12/Lactobacillus acidophilus/Streptococcus thermophilus*) da Chr. Hansen®.



Para o preparo do iogurte, foram utilizados leite integral UHT (Danby®, Brasil), sacarose (União®, Brasil) e maracujá da cultivar BRS Ouro Vermelho (EC-2-O) (Pelotas, RS, Brasil).

2.2 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

No total, foram desenvolvidos seis tratamentos, e o delineamento experimental (Tabela 1) foi inteiramente casualizado (CID), em esquema fatorial (3x2), dois tratamentos e três combinações de culturas, seis tipos de produtos, sendo que cada produto foi preparado em três repetições, totalizando 18 unidades experimentais a serem avaliadas.

Tabela 1. Planejamento para avaliar o efeito da polpa de maracujá e pectina (PPP) na viabilidade de diferentes probióticos e nas propriedades físico-químicas, reológicas e sensoriais de iogurte

Bactéria	Tratamento / códigos	Polpa de maracujá e pectina (PPP)
Rua + Lb	Y	-
Y + La + B1 94	LABL	-
St + Bb-12 + La	SBLA	-
Rua + Lb	YM	+
Y + La + B1 94	LABLM	+
St + Bb-12 + La	SBLAM	+

(-) sem adição de polpa de maracujá e pectina; (+) com adição de polpa de maracujá e pectina; St + Lb: *Streptococcus termofilico/Lactobacillus bulgaricus*; Y + La + B1 94: *Streptococcus termofilico/Lactobacillus bulgaricus/Lactobacillus acidophilus/Bifidobacterium lactis B94*; St + Bb-12 + La: *Streptococcus thermophilus/Bifidobacterium lactis Bb-12/Lactobacillus acidophilus*

2.3 PREPARAÇÃO DA CULTURA

As culturas liofilizadas foram dissolvidas em leite UHT (Nestlé®, Suíça), conforme recomendação dos fabricantes e armazenadas a -80 °C para posterior utilização.

2.4 PREPARAÇÃO DA POLPA DE MARACUJÁ E PECTINA

Os frutos foram lavados e sanitizados, e as sementes separadas por meio de peneira (Malha 32). Em seguida, foram avaliados: pH, teor de sólidos solúveis expressos em °Brix (AOAC, 2006), atividade antioxidante pelo método DPPH (Brand-Williams et al., 1995) e teste colorimétrico pelo sistema CIEL*a*b* (Minolta Chromameter, CR-300, Japão). A polpa foi colocada em frascos de polietileno e congelada a -18 °C.

A pectina foi obtida retirando-se o flavedo da casca (amarelo), deixando-se o albedo (branco), que foi cortado em tiras finas e levado à estufa (45 °C/18 h). O albedo desidratado foi triturado em moinho de martelos (Laboratory Mill 3100/Perten instruments), armazenado em sacos plásticos estéreis de polietileno e envolto em papel alumínio, sob refrigeração (~ 5 °C).



2.5 PRODUÇÃO DE IOGURTE

A base de iogurte foi preparada com leite UHT com adição de 10% (p/v) de sacarose. Foi submetido a tratamento térmico de 90 °C/5 min e, em seguida, resfriado a 37 °C e 42 °C (de acordo com o tratamento) para inocular os microrganismos.

Após homogeneização, o leite foi depositado em recipientes estéreis e, em seguida, incubado a 37 °C e 42 °C até atingir pH 4,6. As amostras foram então armazenadas em temperatura de refrigeração, o coágulo foi quebrado, e três tratamentos receberam polpa e farinha da casca do maracujá (pectina), 6% (p/p), dados e 0,1% (p/p) foram adicionados respectivamente e armazenados a ~ 5 °C por 21 dias. Testes preliminares foram realizados para determinar os teores de açúcar, polpa e pectina de maracujá (PPP) para a formulação do iogurte (dados não apresentados).

2.6 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E REOLÓGICA

Aos 0, 7, 14 e 21 dias de armazenamento do produto, foi realizada uma análise de acidez titulável e pH (AOAC, 2006). Após 21 dias de armazenamento dos produtos sob refrigeração, foram realizadas análises de proteína, gordura, cinzas, umidade (AOAC, 2006), atividade antioxidante (Brand-Williams et al., 1995), sinérese (Farnsworth et al., 2006) e viscosidade (reômetro Haak, RS 150, em módulo rotativo, a 25 °C).

2.7 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

A presença de *Salmonella* spp e as contagens de *Staphylococcus* coagulase-positivo e bolores e leveduras conforme preconizado pela legislação brasileira (Brasil, 2022) foram realizadas aos 14 dias de armazenamento (APHA, 2002).

As culturas foram contadas aos 0, 7, 14 e 21 dias de armazenamento do produto, através de diluições seriadas e plaqueamento seletivo em ágar, sendo elas LP-MRS (ágar Man Rogosa & Sharpe, com 0,2% de cloreto de lítio e 0,3% de propionato de sódio) para *B. lactis incubada a 37 °C/72 h/anaerobiose*, ágar bile MRS (sais biliares 0,2%) para *L. acidophilus incubada a 37 °C/72 h/aerobiose*, ágar ST para *S. thermophilus incubado a 30 °C/48 h/aerobiose* (Zacarchenco e Massaguer-Roig, 2004), e ágar MRS para *L. bulgaricus incubado a 30 °C/48 h/aerobiose* (APHA, 2002).

2.8 AVALIAÇÃO SENSORIAL

O tratamento LABLM foi escolhido para proceder à análise sensorial aos 21 dias de armazenamento do produto através do teste de aceitabilidade com 75 provadores não treinados, utilizando uma escala hedônica estruturada de 9 pontos (ISO, 2014) para julgar o produto variando de "gostar muito" a "não gostar muito".



O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Faculdade de Odontologia da UFPel/Brasil, sob o registro nº 225/2011.

2.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram avaliados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade das variâncias pelo teste de Hartley. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, em caso de diferença significativa, os fatores qualitativos de tratamento com dois níveis foram comparados pelo teste t ($p < 0,05$). Um intervalo de confiança de 95% de probabilidade foi utilizado para o fator de tratamento quantitativo.

3 RESULTADOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA POLPA DE MARACUJÁ

A amostra de polpa apresentou pH = 3,14, teor de sólidos solúveis de 10,03 °Brix e perfil colorimétrico para vermelho = +0,87 e amarelo = +23,41. Os resultados mostraram que o teor de sólidos solúveis expresso em °Brix está um pouco abaixo do valor estabelecido pela legislação brasileira (Brasil, 2018), 11 °Brix, e pH acima de 2,7.

Em relação ao perfil colorimétrico, os valores positivos de a + e b + indicaram uma tendência à coloração vermelha e amarela, indicando que o fruto estava maduro. O valor de atividade antioxidante foi de 44,15 $\mu\text{mol g}^{-1}$.

3.2 PRODUÇÃO DE IOGURTE

A Tabela 2 mostra o tempo total de fermentação, a temperatura de incubação e a porcentagem de bactérias iniciadoras e probióticas adicionadas aos tratamentos com iogurte.

Tabela 2. Concentração de bactérias iniciadoras e probióticas, temperatura de incubação e tempo de fermentação no preparo dos tratamentos com iogurte

Tratamento	A concentração de bactérias iniciadoras e probióticas (0,2%)	Temperatura de incubação (°C)	Tempo de fermentação (horas)
Y	(St + Lb)	42	5.28
*YM	(St + Lb)	42	5.30
LABL	(St + lb) + (Bl 94 + La)	37	5.00
*LABLM	(St + lb) + (Bl 94 + La)	37	5.02
SBLA	(St) + (Bb-12) + (La)	37	4.45
*SBLAM	(St) + (Bb-12) + (La)	37	4.46

São Paulo: *S. termófilo*; Lb: *L. bulgaricus*; Bb-12: *Bifidobacterium lactis* Bb-12; O: *L. acidophilus*; Bl 94: *B. lactis* B94;* com adição de polpa de maracujá e pectina (PPP)

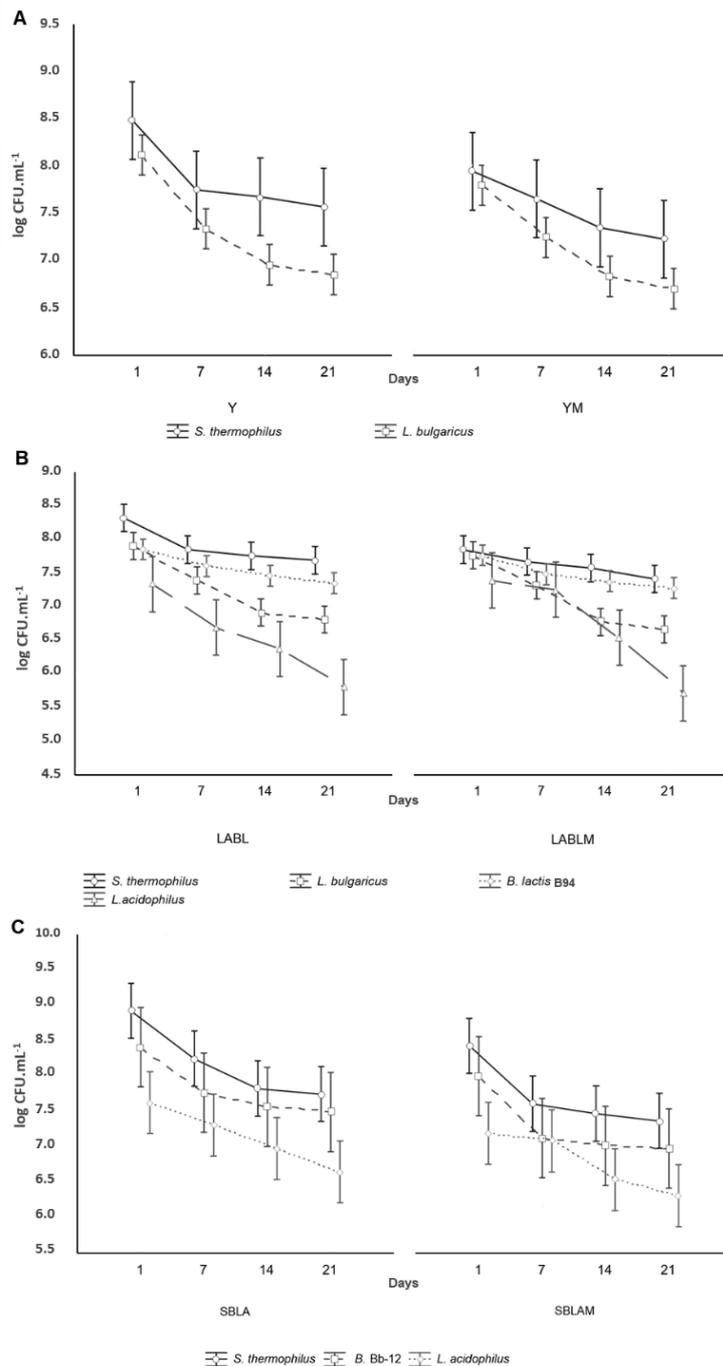


Nota-se que em iogurtes contendo bactérias probióticas (LABL, LABLM, SBLA e SBLAM), o tempo médio de fermentação foi menor quando comparado ao iogurte que continha apenas bactérias iniciadoras (Y e YM).

3.3 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

As contagens médias das bactérias iniciadoras e probióticas em seus respectivos tratamentos com iogurte do 1º ao 21º dia de armazenamento podem ser observadas nas Figuras 1A, 1B e 1C.

Gráfico 1. Contagem de bactérias iniciadoras e probióticas em iogurtes Y e YM (A), LABL e LABLM (B) e SBLA e SBLAM (C) durante 21 dias de armazenamento refrigerado





Quanto à adição de PPP, observou-se diferença significativa em todas as amostras (Y vs. YM, $p = 0,0148$; LABL vs. LABLM, $p = 0,0109$; e SBLA vs. SBLAM, $p = 0,0261$), sugerindo que a viabilidade das culturas iniciais foi beneficiada pela adição dos tratamentos, fator também observado nas preparações Y e YM quando a suplementação de iogurte foi correlacionada com o tempo de armazenamento ($p = 0,0359$).

Entretanto, em relação ao período total de armazenamento, reduções significativas na viabilidade de *S. thermophilus* e *L. bulgaricus* foram observadas entre os tratamentos Y e YM ($p = 0,0020$), LABL e LABLM ($p = 0,0060$) e SBLA e SBLAM ($p = 0,0149$), indicando que a adição de microrganismos probióticos nas preparações LABL e SBLA com e sem PPP não ajudou na viabilidade das bactérias iniciadoras, pois apresentaram valores de redução maiores que as preparações Y e YM.

Em relação à viabilidade dos probióticos *B. lactis* B94 e *L. acidophilus* (LABL e LABLM), não foi verificada diferença significativa nos iogurtes durante o estudo. O probiótico *B. lactis* 94 apresentou crescimento satisfatório, com contagens em torno de $7 \log \text{ UFC mL}^{-1}$ durante todo o período, entretanto, *L. acidophilus* foi considerada a cultura menos estável entre os probióticos em ambos os tratamentos, reduzindo cerca de dois ciclos de logaritmos ($\sim 5,8 \log \text{ UFC mL}^{-1}$) em 21 dias de armazenamento. Nos tratamentos SBLA e SBLAM, não foi observada diferença significativa na viabilidade dos dois microrganismos probióticos (Bb-12 e *L. acidophilus*).

Dentre todas as bactérias probióticas adicionadas, tanto no iogurte com adição de PPP quanto no produto sem PPP, a cultura Bb-12 (SBLA e SBLAM) apresentou a maior viabilidade até o 21º dia de análise ($7,49$ e $6,98 \log \text{ UFC mL}^{-1}$, respectivamente), com contagens superiores a $6 \log \text{ UFC mL}^{-1}$.

Devido aos resultados obtidos, a adição de PPP ao iogurte não afetou a viabilidade das bactérias probióticas durante 21 dias de armazenamento sob refrigeração.

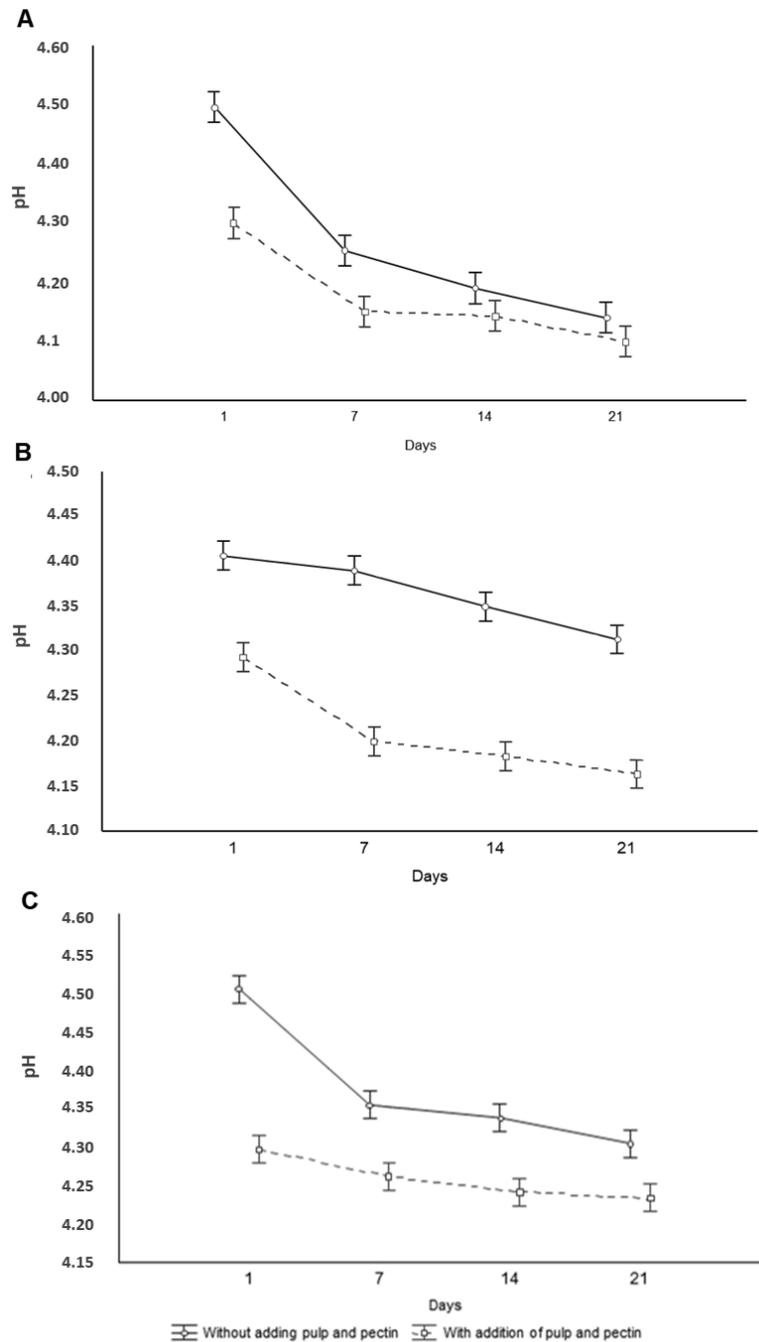
Em relação à qualidade microbiológica, o tratamento com iogurte SBLAM apresentou resultados satisfatórios, de acordo com os parâmetros microbiológicos estabelecidos pela legislação brasileira (Brasil, 2022), permitindo avaliar o aspecto de segurança microbiológica do produto antes da análise sensorial.

3.4 VALORES DE PH E ACIDEZ (°D)

Na Figura 2, observam-se os valores médios de pH dos iogurtes Y e YM (2A), LABL e LABLM (2B) e SBLA e SBALM (2C) nos 21 dias de armazenamento.



Gráfico 2. Valores médios de pH dos iogurtes Y e YM (A), LABL e LABLM (B), SBLA e SBLAM (C) durante 21 dias de armazenamento refrigerado



No presente estudo, verificou-se que houve diferença significativa nos valores de pH e acidez de todos os iogurtes durante o período de armazenamento ($p < 0,0001$).

Os valores de pH apresentaram diferenças significativas entre o 1º e 7º dia de armazenamento nas amostras Y vs. YM ($p = 0,0001$) e durante todo o período de armazenamento nas amostras LABL vs. LABLM ($p = 0,0001$) e SBLA vs. SBLAM ($p < 0,001$), mostrando comportamento semelhante em todos os iogurtes que continham PPP, com menores valores de pH nesses produtos.

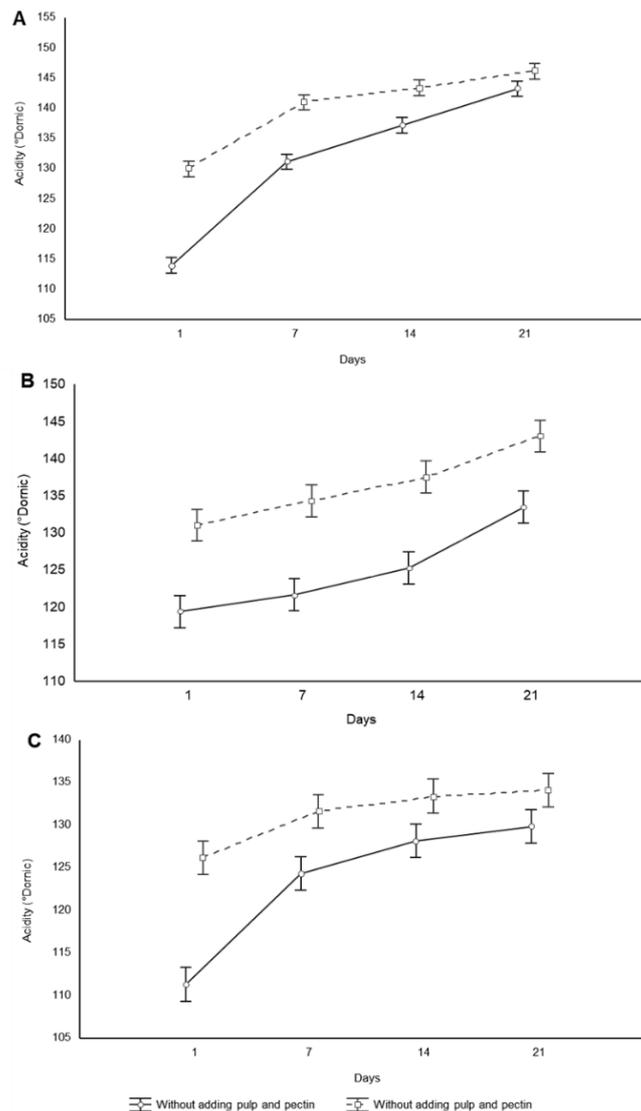
O iogurte LABLM apresentou o menor pH (4,16) e o LABL o maior (4,31) entre os iogurtes probióticos. Entretanto, o último dia de análise apresentou valores de pH de pelo menos 4,00.



Em relação ao teor de acidez, foram encontradas diferenças significativas nos iogurtes sem adição de PPP (Y, LABLA e SBLA) às amostras com adição (YM, LABLAM e SBLAM) no 1º, 7º e 14º dias de armazenamento ($p < 0,001$).

Os valores médios de acidez em graus Dornic ($^{\circ}$ D) dos iogurtes Y e YM (3A), LABL e LABLM (3B) e SBLA e SBALM (3C) nos 21 dias de armazenamento podem ser vistos na Figura 3.

Gráfico 3. Valores de acidez expressos em graus Dornic ($^{\circ}$ D) dos iogurtes Y e YM (A), LABL e LABLM (B), e SBLA e SBLAM (C) durante 21 dias de armazenamento sob refrigeração



Como principal produto da fermentação bacteriana dos carboidratos, o ácido láctico é o principal responsável pelo aumento da acidez do leite fermentado (Parada et al., 2007; Chen et al., 2017). Ao final dos 21 dias, o iogurte YM apresentou a maior acidez ($146,17^{\circ}$ D), mas entre os iogurtes probióticos, o LABLM foi o iogurte com maior acidez ($143,00^{\circ}$ D) e o SBLA com a menor acidez ($129,8^{\circ}$ D).



Ao comparar os valores de pH e acidez obtidos ao final da fermentação com os obtidos durante o armazenamento, verificou-se que houve diminuição do pH e aumento da acidez durante o armazenamento em todos os iogurtes devido à produção contínua de ácidos por LAB. Esses valores foram mais significativos nos iogurtes que incluíram a adição de PPP. Resultados semelhantes não foram observados por Santo et al (2012) e Senadeera et al (2018), cujos iogurtes controle apresentaram valores de acidez total menores do que aqueles adicionados com extratos de frutas de maracujá e anona, respectivamente.

3.5 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E REOLÓGICA

Os valores médios de proteína, umidade, gordura e cinzas dos iogurtes avaliados no 21º dia de armazenamento estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Valores percentuais (%) de proteína, umidade, cinzas e gordura em iogurte após 21 dias de armazenamento sob refrigeração

Iogurte	Proteína	Gordura	Humidade	Freixo
Y	2,61 ± 0,01	3,05 ± 0,04	77 ± 0,01	0,81 ± 0,00
YM	2,63 ± 0,02	3,00 ± 0,03	75 ± 0,01	0,83 ± 0,01
LABL	2,77 ± 0,01	3,10 ± 0,03	78 ± 0,00	0,82 ± 0,02
LABLM	2,79 ± 0,04	3,20 ± 0,01	77 ± 0,03	0,80 ± 0,03
SBLA	2,73 ± 0,01	3,04 ± 0,01	74 ± 0,01	0,81 ± 0,00
SBLAM	2,72 ± 0,03	3,06 ± 0,02	79 ± 0,02	0,79 ± 0,01

Não houve diferenças significativas na atividade antioxidante dos iogurtes com (YM, LABLM, SBLAM) e sem (Y, LABL, SBLA) a adição de PPP, no 21º dia de armazenamento sob refrigeração, variando de ~ 10 a 6 $\mu\text{mol g}^{-1}$ equivalente a Trolox, respectivamente. Portanto, a adição de 6% de polpa de maracujá não influenciou a manutenção de uma alta atividade antioxidante no iogurte em relação à polpa *in natura* (44,15 $\mu\text{mol g}^{-1}$).

Na determinação da viscosidade, todas as amostras de iogurte analisadas apresentaram, como esperado, comportamento não newtoniano, e os resultados podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4. Valores médios de viscosidade das amostras de iogurte a 15 °C, expressos em mPa s^{-1} em diferentes taxas de cisalhamento

Amostra	Taxa de cisalhamento			
	10 s^{-1}	30 s^{-1}	60 s^{-1}	100 s^{-1}
E	172 ± 0,10	116 ± 0,02	129 ± 0,11	123 ± 0,02
EM	80,5 ± 0,08	57 ± 0,14	67,3 ± 0,08	94,3 ± 0,05
LABL	260 ± 0,03	236 ± 0,10	218 ± 0,05	179 ± 0,03
LABLM	252 ± 0,07	169 ± 0,12	106 ± 0,11	71,3 ± 0,13
SBLA	474 ± 0,06	382 ± 0,02	262 ± 0,09	186 ± 0,12
SBLAM	229 ± 0,11	159 ± 0,03	67,7 ± 0,12	51,0 ± 0,09

O iogurte SBLA foi o mais viscoso ou consistente em todas as taxas de cisalhamento. Os tratamentos SBLAM, LABLM e LABL apresentaram viscosidades equivalentes à taxa de 10 s^{-1} ,



correspondendo à segunda maior viscosidade neste cisalhamento. No entanto, tiveram comportamento diferente com o aumento da viscosidade. Na amostra YM, a menor viscosidade foi encontrada em todas as taxas de cisalhamento analisadas.

As variações no perfil de sinérese dos iogurtes, dependendo da adição ou não de PPP e das combinações de bactérias probióticas, apresentaram os seguintes valores percentuais: Y = 16,4%, YM = 17,3%, LABL = 9,7%, LABLM = 11,3%, SBLA = 14,8% e SBLAM = 16,7%. Verificou-se que houve diferença significativa ($p = 0,0180$) entre iogurte YM e iogurte LABL no 21º dia de armazenamento. Pode-se inferir que o índice de sinérese do iogurte YM é maior que o iogurte LABL, o que significa que o LABL apresentou capacidade de retenção sérica significativamente maior, pois apresentou menores índices de sinérese.

3.6 AVALIAÇÃO SENSORIAL

Os provadores atribuíram ao iogurte SBLAM valores de cor, aroma, sabor, consistência e impressão geral. Verificou-se que a consistência diferiu significativamente entre os atributos impressão global ($p = 0,0143$), sabor ($p = 0,0064$) e cor ($p = 0,0393$).

Os valores médios das notas corresponderam a moderadamente gostado/muito gostado, sendo o sabor o atributo sensorial com maior média (7,99), seguido da impressão global (7,95), cor (7,89), aroma (7,71) e consistência (7,41) foram os atributos sensoriais com menor aceitação atribuídos pelos provadores.

O SBLAM foi considerado um produto aceitável, com índice de aceitabilidade superior a 70%. Portanto, o iogurte com PPP feito com culturas probióticas foi bem aceito pelos provadores e tem potencial de mercado.

4 DISCUSSÃO

No presente estudo, os valores de atividade antioxidante foram semelhantes aos encontrados por Jáuregui et al (2007), para *P. mollisima* ($41,18 \mu\text{mol g}^{-1}$) e inferiores aos encontrados por Vasco et al (2008), $70 \mu\text{mol g}^{-1}$. A polpa de *P. edulis* contém ácidos cítrico e málico como ácidos orgânicos primários, além de compostos que exercem ação antioxidante, como cis-resveratrol, naringenina, kaempferol-3-glicosídeo, miricetina e procianidina-B1 (Santos et al., 2021).

Quanto à produção de iogurte, em estudo realizado por Mani-López et al (2014), ao comparar a redução no tempo de fermentação do iogurte fermentado apenas mais as bactérias iniciadoras com o iogurte e bactérias probióticas adicionadas, observou-se uma diminuição de 30 minutos. No presente estudo, a redução no tempo de fermentação foi de 26 minutos para iogurte com adição de bactérias probióticas. Essa variação se justifica porque cada LAB tem diferentes capacidades de cultivo e fermentação do leite. Outros pesquisadores relataram que as bactérias probióticas têm um desempenho



pobre na acidificação do leite quando comparadas às culturas iniciadoras (Donkor et al., 2007; Damin et al., 2008).

De acordo com um estudo de Shori *et al.* (2022), diferentes tipos de iogurte foram fermentados por *S. thermophilus/L. delbrueckii* subsp. *lactis* (controle), e por *S. thermophilus/L. rhamnosus/L. casados/L. plantarum* como *co-cultivos*, aos 21 dias em todos os tratamentos, *S. thermophilus* apresentou contagens superiores a $8,04 \log \text{UFC mL}^{-1}$ no iogurte controle, e maiores contagens foram observadas nos demais iogurtes, indicando que a adição de culturas probióticas pode ter favorecido o desenvolvimento de *S. thermophilus*, promovendo simbiose, comportamento também observado no presente estudo.

No entanto, vale ressaltar que há um consenso de que os alimentos probióticos devem ter uma concentração de bactérias probióticas superior a $6 \log \text{UFC mL}^{-1}$ do produto no momento do consumo para que os benefícios atribuídos à cepa sejam conferidos ao consumidor (Papadopoulou et al., 2018).

(2014) observaram diminuição dos valores de pH durante o armazenamento devido à pós-acidificação, sendo que iogurte com *S. thermophilus/L. bulgaricus* e iogurte fermentado por *S. thermophilus/L. bulgaricus/L. acidophilus*, o pH variou de 4,5 a 4,3, dados que corroboram os encontrados no presente estudo.

Ao comparar os valores de pH e acidez obtidos ao final da fermentação com os obtidos durante o armazenamento, verificou-se que houve diminuição do pH e aumento da acidez durante o armazenamento em todos os iogurtes devido à produção contínua de ácidos por LAB. Esses valores foram mais significativos nos iogurtes que incluíram a adição de PPP. Resultados semelhantes não foram observados por Santo et al (2012) e Senadeera et al (2018), cujos iogurtes controle apresentaram valores de acidez total menores do que aqueles adicionados com extratos de frutas de maracujá e anona, respectivamente.

Os resultados sobre a composição das formulações indicam que os tratamentos com a adição de PPP influenciaram os teores de proteína e gordura. Diferenças no teor de proteína e gordura do iogurte podem resultar da matéria-prima e ingredientes utilizados e/ou estar relacionadas à atividade proteolítica e lipolítica dos microrganismos, dados evidenciados por Shori et al (2022), que observaram maiores valores proteicos em iogurtes com a adição de extratos vegetais, e Lopes et al (2022), que identificaram níveis mais elevados de proteína, gordura e cinzas no cupuaçu e no iogurte de linhaça dourada.

No iogurte aromatizado com geleia de pera espinhosa, a atividade antioxidante permaneceu alta após a adição de geleia aos laticínios, com um Trolox g-1 de $72,7 \mu\text{mol}$ (Silva et al., 2021). Entretanto, neste experimento, o potencial antioxidante foi avaliado após 21 dias, o que pode ter influenciado a degradação dos compostos.



Os tratamentos SBLAM, LABLM, YM e Y foram inicialmente os mais pseudoplásticos, ou seja, tiveram a diminuição mais significativa da viscosidade com o aumento da tensão de cisalhamento (Jabarkhyl et al., 2020), porém, com exceção do SBLAM e LABLM, não mantiveram esse comportamento com o aumento da taxa de cisalhamento. O LABL, por sua vez, apresentou a menor pseudoplasticidade e, embora o LASB não tenha apresentado a maior pseudoplasticidade, manteve esse comportamento em toda a faixa de cisalhamento analisada, o que é importante, uma vez que a faixa de cisalhamento em questão simula o que ocorre durante a mastigação e a deglutição. No YM do tratamento, no intervalo entre as doses de 30 e 100 s⁻¹, houve um comportamento dilatador indesejável quando a viscosidade aumentou com o aumento da tensão de cisalhamento (Jabarkhyl et al., 2020). A influência da pseudoplasticidade nas qualidades sensoriais do produto está relacionada à redução da viscosidade durante a mastigação, diminuindo a sensação de gomosidade, e permitindo uma melhor percepção do sabor (Morell et al., 2014), características que potencializam a aceitação do produto. Assim, o iogurte SBLA apresentou os resultados mais desejáveis. Diferentes fatores tecnológicos influenciam as propriedades reológicas dos iogurtes, tais como (a) fatores envolvidos durante o preparo do leite base e seu tratamento térmico, (b) temperatura de incubação e tipo de cultura utilizada, e (c) processo de resfriamento (Lee e Lucey, 2010).

Observou-se que todos os tratamentos com adição de PPP apresentaram menores valores de viscosidade. Segundo Uenojo e Pastore (2007), uma das mudanças que podem ser observadas nos produtos feitos a partir de frutas é a textura. Essa alteração geralmente é causada pela ação de enzimas hidrolíticas na pectina, especialmente pectina esterase.

As propriedades físicas do iogurte, incluindo a sinérese, desempenham um papel essencial na qualidade do produto e na aceitação do consumidor. A separação do soro na superfície do produto é considerada o principal defeito na produção de iogurte (Gyawali et al., 2016).

Em relação à análise sensorial, a adição de frutas pode aumentar o teor de açúcares no iogurte, provocando maior aceitação pelo consumidor. (2012) também observaram a maior pontuação para o aspecto geral de aceitabilidade para iogurte contendo polpa de cereja.

5 CONCLUSÃO

Concluiu-se que a adição de polpa de maracujá e pectina não influenciou significativamente a viabilidade das culturas probióticas *L. acidophilus* e *B. lactis* (> 6 log UFC mL⁻¹), independente de serem combinadas com as culturas iniciadoras. Ainda assim, essa adição afetou significativamente o pH, a acidez, a viscosidade e a sinérese do iogurte. Em relação à atividade antioxidante, mais de 6% de polpa de maracujá foi necessária para manter alta atividade no produto. O produto foi sensorial e bem aceito pelos consumidores, sendo o sabor o atributo com maior média.



O desenvolvimento de um novo iogurte, derivado lácteo já consumido por grande parte da população, além de proporcionar ao consumidor um produto funcional e de significativo valor nutricional, também permite o aproveitamento pleno das frutas regionais.

DESTAQUES

- A polpa de maracujá e a pectina foram capazes de aumentar o valor nutricional.
- A formulação do produto influenciou as características reológicas.
- A formulação do iogurte não influenciou a viabilidade dos microrganismos.
- O iogurte com inserção de frutas regionais apresentou potencial de mercado.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores confirmam não haver conflitos de interesse com relação ao trabalho descrito neste manuscrito.

FINANCIAMENTO

Este estudo foi parcialmente patrocinado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES). Código Financeiro 001.

APROVAÇÃO ÉTICA E CONSENTIMENTO PARA PARTICIPAR

Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) de acordo com as diretrizes estabelecidas e aprovadas pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Faculdade de Odontologia da UFPel/Brasil.



REFERÊNCIAS

- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 18th ed. Gaithersburg, M.D, USA. Official Method. (2006).
- APHA. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 4th ed., Washington, DC, USA. American Public Health Association (APHA). (2002). 187 p.
- Balthar RO, Maciel APOA, Ferreira CCD. (2021) Benefits of the flour of the yellow passion fruit (*Passiflora Edulis* F. *Flavicarpa* Deg.) in the treatment of *Diabetes mellitus* type 2: A narrative review. RSD. 10(9):e54910918404.
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. (1995) Use of a Free Radical method to evaluate antioxidant activity. LWT. 28:25-30.
- Brazil. Instrução Normativa N° 37 de 01 de outubro de 2018. Parâmetros analíticos e questões complementares aos padrões de identidade e qualidade de sucos de frutas. [Normative Instruction N° 37, of 01 of October of 2018. Analytical parameters and complementary questions to the identity and quality standards of fruit juice]. Diário Oficial da União, Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Defesa Agropecuária. (2018).
- Brazil. Instrução Normativa N° 161 de 01 de julho de 2022. Estabelece os padrões microbiológicos para alimentos. [Normative Instruction N° 161, of 01 of July of 2022. Establishes the microbiological standards of food]. Diário Oficial da União, Brasília, DF: Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2022).
- Chen C, Zhao S, Hao G, Yu H, Tian H. (2017) Role of lactic acid bacteria on the yogurt flavour: A review. Int J Food Prop. 20(1):316-330.
- Damin MR, Minowa E, Alcântara MR, Oliveira MN. (2008) Effect of cold storage on culture viability and some rheological properties of fermented milk prepared with yogurt and probiotic bacteria. J Texture Stud. 39(1):40-55.
- Das K, Choudhary R, Thompson-Witrick KA. (2019) Effects of new technology on the current manufacturing process of yogurt-to increase the overall marketability of yogurt. LWT. 108:69-80.
- Di Cerbo A, Palmieri B, Aponte M, Morales-Medina JC, Ianitti T. (2016) Mechanisms and therapeutic effectiveness of lactobacilli. J Clin Pathol. 69(3):187-203.
- Donkor ON, Henriksson A, Vasiljevic T, Shah NP. (2007) Proteolytic activity of dairy lactic acid bacteria and probiotics as determinant of growth and *in vitro* angiotensin-converting enzyme inhibitory activity in fermented milk. Dairy Sci Technol. 86:21-38.
- Farnsworth JP, Li J, Hendricks GM, Guo MR. (2006) Effects of transglutaminase treatment on functional properties and probiotic culture survivability of goat milk yogurt. Small Rumin Res. 65:113-121.
- Fonseca AMA, Geraldi MV, Maróstica MRJ, Sivestre AJD, Rocha SM. (2022) Purple passion fruit (*Passiflora edulis* f. *edulis*): A comprehensive review on the nutritional value, phytochemical profile and associated health effects. Food Res Int. 160:111665.
- GVR. Grand View Research. Yogurt Powder Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Skimmed, Semi-Skimmed, Whole), By End Use (Household, HoReCa, Industrial), By Region, And



Segment Forecasts, 2019–2025. [Internet] (2019). [cited 2022 Oct 7]. Available from: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/yogurt-powder-market>. Accessed: 7 oct. 2022.

Gyawali R, Ibrahim SA. (2016) Effects of hydrocolloids and processing conditions on acid whe production with reference to Greek yogurt. *Trends Food Sci Technol.* 56:61-76.

Hutkins RW. (2008) *Microbiology and technology of fermented foods*. 2nd ed. John Wiley & Sons. 624 p.

Hill C, Guarner F, Reid G, Gibson GR, Merenstei, DJ, Pot B, *et al.* (2014) Expert consensus document: The international scientific association for probiotics and prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol.* 11(8):506-514.

IBGE. Produção de maracujá [Passion fruit production]. Produção Agrícola, Brasília, DF: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. [Internet] (2021). [cited 2022 Oct 10]. Available from: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/maracuja/br>. Accessed: 10 oct. 2022.

ISO. International Organization for Standardization. Sensory analysis —methodology—general guidance for conducting hedonic tests with consumers in a controlled area. ISO 11136. Technical Committee: ISO/TC 34/SC 12 Sensory analysis. ISO Editorial Manager: Perou, N. Instituto Argentino de Normalización y Certificación – IRAM. (2014).

Jabarkhyl S, Barigou M, Badve M, Zhu S. (2020) Rheological properties of wet foams generated from viscous pseudoplastic fluids. *Innovat Food Sci Emerg Technol.* 102304.

Jáuregui AMM, Ramos-Escudero DF, Alvarado-Ortiz CU, Castañeda B. (2007) Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en recursos vegetales promisorios. *Rev Soc Quím Perú.* 73(3):142-149.

Lee WJ, Lucey JA. (2010) Formation and physical properties of yogurt. *Asian-Australas J Anim Sci.* 23(9):1127-1136.

Lewis BJ, Herrlinger KA, Craig TA, Mehring-Franklin CE, Freitas Z, Hinojosa-Laborde C. (2013) Antihypertensive effect of passion fruit peel extract and its major bioactive components following acute supplementation in spontaneously hypertensive. *J Nutrit Biochem.* 24:1359-1366.

Lopes CB, De Sousa HHC, Da Silva RF, Pinto WJ, Furtado MT, Imada KS. (2022) Artisanal yoghurt enriched with cupuaçu pulp and golden flaxseed. *Braz J Develop.* 8(4):23496-23512.

Mani-López E, Palou E, López-Malo A. (2014) Probiotic viability and storage stability of yogurts and fermented milks prepared with several mixtures of lactic acid bacteria. *J Dairy Sci.* 97(5):2578-2590.

Marques SSF, Libonati RMF, Sabaa-Srur AUO, Luo R, Shejwalkar P, Hara K, *et al.* (2016) Evaluation of the effects of passion fruit peel flour (*Passiflora edulis* fo. *flavicarpa*) on metabolic changes in HIV patients with lipodystrophy syndrome secondary to antiretroviral therapy. *Braz J Pharmacog.* 26(4):420-426.

Mishra P, Mishra S. (2018) Role of microbial flora and probiotics in immune homeostasis. *J Appl Pharm Sci.* 8(10):136-149.

Morell P, Fiszman SM, Varela P, Hernando I. (2014) Hydrocolloids for enhancing satiety: Relating oral digestion to rheology, structure and sensory perception. *Food Hydrocoll.* 41:343-353.



- Papadopoulou OS, Argyri AA, Varzakis EE, Tassou CC, Chorianopoulos NG. (2018) Greek functional Feta cheese: Enhancing quality and safety using a *Lactobacillus plantarum* strain with probiotic potential, *Food Microbiol.* 74:21-33.
- Parada JL, Caron CR, Medeiros ABP, Socol CR. (2007) Bacteriocins from lactic acid bacteria: purification, properties and use as biopreservatives. *Braz Arch Biol Technol.* 50(3):521-542.
- Santo APE, Perego P, Converti A, Oliveira MN. (2012) Influence of milk type and addition of passion fruit peel powder on fermentation kinetics, texture profile and bacterial viability in probiotic yoghurts. *LWT.* 47:393-399.
- Santos TB, Araujo FP, Neto AF, Freitas ST, Araújo JS, Vilar SBO, *et al.* (2021) Phytochemical compounds and antioxidant activity of the pulp of two Brazilian passion fruit species: *Passiflora cincinnata* Mast. e *Passiflora edulis* Sims. *Int J Fruit Sci.* 21(1):255-269.
- Senadeera SS, Prasanna PHP, Jayawardana NWIA, Gunasekara DCS, Senadeera P, Chandrasekara A. (2018) Antioxidant, physicochemical, microbiological, and sensory properties of probiotic yoghurt incorporated with various *Annona* species pulp. *Heliyon.* 4(11):e00955.
- Şengül M, Erkaya T, Şengül M, Yildiz H. (2012) The effect of adding sour cherry pulp to yogurt on physicochemical properties, phenolic content and antioxidant activity during storage. *Int J Dairy Technol.* 65(3):429-436.
- Silva BM, Trombete FM, De Almeida LC, Kabori CN, Junior ETV, Silva WA, *et al.* (2021) Elaboration and characterization of skimmed yogurt flavored with prickly pear jelly *Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck. *Holos.* 1:1-16.
- Shori AB, Albalawi A, Zahrani AJA, Al-sulbi OS, Baba AS. (2022) Microbial analysis, antioxidant activity, and sensory properties of yogurt with different starter cultures during storage. *Int Dairy J.* 126:105267.
- Sotoudegan F, Daniali M, Hassani S, Nikfar S, Abdollahi M. (2019) Reappraisal of probiotic's safety in human. *Food Chem Toxicol.* 129:22-29.
- Tal Y, Anavi S, Reisman M, Samach A, Tirosh O, Troen AM. (2016) The neuroprotective properties of a novel variety of passion fruit. *J Func Foods.* 23:359-369.
- Tsiouris CG, Tsiouris MG. (2017) Human microflora, probiotics and wound healing. *Wound Med.* 19:33-38.
- Uenojo M, Pastore GM. (2007) Pectinases: aplicações industriais e perspectivas. [Pectinases: industrial applications and prospects]. *Quím Nova.* 30(2):388-394.
- Vasco C, Ruales J, Kamal-Eldin A. (2008) Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chem.* 111(4):816-823.
- Vitheejongjaroen P, Kanthawang P, Loison F, Jaisin Y, Pachekrepopol U, Taweechotipatr M. (2021) Antioxidant activity of *Bifidobacterium animalis* MSMC83 and its application in set-style probiotic yoghurt. *Food Biosci.* 43:101259.
- WHO/FAO. Health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria. In Report of Joint Food and Agricultural Organization of the United Nations and World Health Organization Expert Consultation. Córdoba, Argentina. (2001) 5(1).



Zacarchenco PB, Massaguer-Roig S. (2004) Enumeration of *Streptococcus thermophilus* in the presence of *Bifidobacterium longum* and *Lactobacillus acidophilus* effect of incubation temperature and atmospheric conditions. *Milchwissenschaft*. 59(7/8):370-372.

Zhang Y, Wang X, Li H, Ni C, Du Z, Yan F. (2018) Human oral microbiota and its modulation for oral health. *Biomed Pharmacother*. 99:883-893.