

# RESSALVA

Atendendo solicitação da autora,  
o texto completo desta tese será  
disponibilizado somente a partir  
de 13/06/2024



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de São José do Rio Preto

Tais Fernanda Borgonovi

**Biocompostos de buriti e maracujá: perfil, aplicação em leite  
fermentado probiótico e modulação da microbiota *in vitro***

São José do Rio Preto

2022

Tais Fernanda Borgonovi

**Biocompostos de buriti e maracujá: perfil, aplicação em leite  
fermentado probiótico e modulação da microbiota *in vitro***

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Engenharia e Ciência de Alimentos junto ao Programa de Pós Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, do Instituto de Biociências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus São José do Rio Preto.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Lúcia Barretto Penna  
Co-Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sabrina Neves Casarotti

São José do Rio Preto  
2022

B734b Borgonovi, Tais Fernanda  
Biocompostos de buriti e maracujá: perfil, aplicação em leite fermentado probiótico e modulação da microbiota in vitro / Tais Fernanda Borgonovi. -- São José do Rio Preto, 2022  
182 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto  
Orientadora: Ana Lúcia Barretto Penna  
Coorientadora: Sabrina Neves Casarotti

1. alimento funcional. 2. composto bioativo de frutas. 3. Probiotico. 4. leite fermentado. 5. microbiota intestinal. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Tais Fernanda Borgonovi

**Biocompostos de buriti e maracujá: perfil, aplicação em leite  
fermentado probiótico e modulação da microbiota *in vitro***

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor(a) em Engenharia e Ciência de Alimentos, junto ao Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos (Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos) do Instituto de Biociências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus São José do Rio Preto.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Lúcia Barretto Penna

Comissão Examinadora

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Lúcia Barretto Penna

UNESP – São José do Rio Preto - SP

Orientadora

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Gislane Lelis Vilela de Oliveira

UNESP – São José do Rio Preto – SP

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Daniela Cardoso Umbelino Cavallini

UNESP – Araraquara - SP

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cristina Stewart Bittencourt Bogsan

USP – São Paulo/SP

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Alessandro de Oliveira Rios

UFRGS – Porto Alegre – RS

São José do Rio Preto

13 de junho de 2022

## Dedicatória

Dedico aos meus familiares e a todas as pessoas que contribuíram para que esta tese se tornasse realidade.

# Agradecimentos

Agradeço a Deus, por minha saúde, pois saudáveis e com determinação, conseguimos conquistar todos nossos objetivos.

A elaboração deste trabalho não teria sido possível sem a colaboração, estímulo e empenho de diversas pessoas. Gostaria de expressar toda a minha gratidão e apreço a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para que esta tarefa se tornasse uma realidade. A todos quero manifestar os meus sinceros agradecimentos.

Em primeiro lugar, à amiga e orientadora Professora Doutora Ana Lúcia Barretto Penna, para quem não há agradecimentos que cheguem, pelos conselhos e orientações que me foram passados, e por sempre me receber com tanta cordialidade. Estou grata também pela liberdade de ação, que foi decisiva para que este trabalho contribuísse para o meu desenvolvimento profissional e pessoal. A sua disponibilidade irrestrita, a sua forma exigente, crítica e criativa de arguir as ideias apresentadas, facilitaram o alcance dos objetivos propostos nesta dissertação. Como professora foi o expoente máximo, abriu-me horizontes, ensinou-me principalmente a pensar. Foi, e é fundamental na transmissão de experiências, na criação e solidificação de saberes e nos meus pequenos sucessos.

À minha co-orientadora Professora Doutora Sabrina Neves Casarotti, pela disponibilidade concedida, por todas as orientações, conselhos e apoio nos momentos mais difíceis e por ser fundamental em todos os momentos de felicidade.

Palavras não são capazes de expressar meu agradecimento a essas duas grandes mulheres em que me espelho todos os dias.

Ao Professor Doutor Svetoslav Dimitrov Todorov por participar junto a mim, do maior desafio que enfrentei durante todo meu doutorado, que foi a realização do intercâmbio para a Coreia do Sul. Serei eternamente grata por todos os ensinamentos, palavras de conforto e momentos memoráveis que irei guardar ao longo de minha vida.

Aos amigos que tive o prazer de encontrar em meu intercâmbio, e aos que passaram pelo “Lab” - Laboratório de Leite e Derivados – DETA, da Universidade Estadual Paulista – IBILCE, agradeço pelo auxílio na execução dos experimentos, pelos conhecimentos que me ensinaram, pela amizade e pelas conquistas.

Às colegas de Pós-Graduação Marcia e Flávia, pela amizade e companheirismo. Aos meus amigos que nunca estiveram ausentes, agradeço a amizade e o carinho que sempre me disponibilizaram.

A todos meus familiares: ao meu PAI Onivaldo Borgonovi e a minha MÃE Aparecida Francisco Donizetti Borgonovi, que são a base e incentivo de ser melhor todos os dias. Pela confiança em mim depositada, por estarem presentes em todos os momentos de alegrias, pelo apoio nos momentos difíceis, para dar continuidade em minha vida acadêmica, AMO MUITO vocês, sou imensamente grata por tudo!

À minha irmã, pela cumplicidade, apoio e companheirismo todos estes anos, por fazer de minhas vitórias as suas, por me fazer ser especial e acreditar em mim, sempre quando eu mesma não acredito.

Ao meu noivo Jonathan Paulo Baracioli, agradeço todo o seu carinho, compreensão e companheirismo ao longo do período de elaboração desta tese.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES.

A todos, obrigada por permitirem que esta tese se tornasse uma realidade.



Os que desprezam os pequenos acontecimentos nunca farão grandes descobertas. Pequenos momentos mudam grandes rotas.

Augusto Cury, 2004.

## Resumo

Devido ao aumento da demanda por alimentos funcionais, as indústrias de alimentos estão investindo em produtos que possuam apelo saudável e propriedades funcionais. Os produtos lácteos, principalmente os fermentados, são os produtos mais comercializados com estas características. Efeitos benéficos adicionais podem ser obtidos quando probióticos e polpa de frutas são adicionados aos produtos fermentados. Neste contexto, os objetivos deste trabalho foram: (1) determinar os componentes majoritários, compostos bioativos e atividade antioxidante de polpas de buriti e de maracujá; bem como seu efeito no crescimento de bactérias lácticas (BAL); (2) avaliar o efeito de *Lactocaseibacillus casei* SJRP38 (LC), *Lactiplantibacillus plantarum* ST8Sh (LP) e *Streptococcus thermophilus* TA 080 (ST), em cultivo puro ou em co-cultivo, e selecionar a melhor cultura/combinção baseado nos parâmetros cinéticos de acidificação do leite fermentado controle (LFC), adicionado de polpa de maracujá (LFPM) ou polpa de buriti (LFPB) e na viabilidade bacteriana; (3) avaliar o efeito do leite adicionado de polpa de frutas e fermentado por cultura probiótica selecionada na modulação da microbiota intestinal, utilizando o Simulador do Ecosistema Microbiano Humano (SHIME®). A polpa de buriti apresentou maiores valores de proteína, °Brix e fibras dietéticas totais. Celulose e hemicelulose foram detectadas em ambas as polpas de frutas; entretanto, a polpa de buriti se destacou pela maior quantidade dessas fibras. A polpa de buriti também apresentou maior teor de ácidos graxos (12 g/100 g), sendo a maioria (76%) da família ômega 9. A polpa de maracujá apresentou 0,5 g de ácidos graxos/100 g, sendo a maioria da família ômega 9 (37%), seguido de ácido palmítico (29%). Os principais flavonoides presentes nas polpas de buriti e maracujá foram quercetina-3-rutinosídeo (90,76 mg/100 g de polpa) e orientina-7-O-glicosídeo (1,45 mg/100 g de polpa), respectivamente. Em relação aos carotenoides, maiores quantidades foram encontradas na polpa de buriti (153,18 mg/100 g) do que na polpa de maracujá (10,05 mg/100 g), e o composto majoritário em ambas as polpas foi o  $\beta$ -caroteno. Ambas as polpas não inibiram o crescimento das BAL. O LF obtido pela combinação das culturas SP+LC+LP destacou-se pela alta viabilidade bacteriana e pelo menor tempo de fermentação (até pH 4,6) e esta cultura foi selecionada para a fermentação nas etapas seguintes da pesquisa. Os compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante foram maiores nos tratamentos LFPM ( $0,10 \pm 0,02$  mg EAG/100 g e  $0,33 \pm 0,13$   $\mu$ mol Trolox/100 g, respectivamente) e

LFPB ( $0,11 \pm 0,00$  mg EAG/100 g e  $0,25 \pm 0,03$   $\mu$ mol Trolox/100 g, respectivamente) em relação ao LFC ( $0,09 \pm 0,01$  mg EAG/100 g e  $0,11 \pm 0,02$   $\mu$ mol Trolox/100 g, respectivamente). Em relação ao perfil de carotenoides, esses compostos não foram detectados no LFC e o LFPB apresentou maiores quantidades de carotenoides  $\alpha$ ,  $\beta$  e totais ( $28,97 \pm 0,08$ ;  $528,42 \pm 34,49$  e  $557,39 \pm 34,33$  mg/100 g, respectivamente) em comparação ao LFPM ( $7,07 \pm 0,08$ ;  $45,72 \pm 0,11$  e  $52,79 \pm 0,20$  mg/100 g, respectivamente). Os produtos LFPB e LFPM apresentaram os maiores teores de ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados, respectivamente. Os principais ácidos graxos encontrados em LFPM e LFPB foram ômega 9 ( $25,89 \pm 0,10$  e  $66,38 \pm 0,13$  g/100 g lipídeos, respectivamente) e ácido palmítico ( $29,54 \pm 0,08$  e  $20,11 \pm 0,22$  g/100 g lipídeos respectivamente). O ensaio *in vitro* utilizando o SHIME mostrou que a viabilidade das BAL probióticas no leite fermentado foram afetadas pela adição de Polpas de frutas; entretanto, atingiram o valor mínimo requerido de  $\geq 6$  log UFC/mL para consumo. Em relação à viabilidade dos micro-organismos indicadores no cólon, houve uma diferença significativa somente para o gênero *Streptococcus* sp. ( $7.35 \pm 0.18$ ,  $7.28 \pm 0.19$  and  $6.69 \pm 0.03$  CFU/mL) para LFC, LFPM and LFPB, respectivamente. Entretanto, o leite fermentado adicionado de polpa de frutas modulou a microbiota intestinal, alterou a relação dos filos Firmicutes/Bacteroidetes, aumentou Actinobacteria e reduziu o filo Proteobacteria. Em nível de gênero, em todos os tratamentos a abundância de *Bifidobacterium* sp. aumentou, e somente LFPM and LFPB reduziu *Enterobacter* sp. E estimulou *Veillonella* sp. e bactérias da família *Ruminococcaceae* em relação ao LFC e seu respectivo *washout*-controle. Após o tratamento, produção de ácido acético aumentou após a administração de todos os tipos de LF e diminuiu durante os períodos de *washout*. Além disso, quantidades significativas de ácidos propiônico e butírico foram produzidas durante o tratamento com LFPB. Todos os tratamentos com LF diminuíram os íons amônia em relação ao período inicial (estabilização) ( $557,22 \pm 9,74$  mmol/L), entretanto, os tratamentos LFPM e LFPB promoveram redução mais acentuada ( $284,89 \pm 6,04$  mmol/L LFPM;  $378,67 \pm 6,15$  mmol/L LFPB). Portanto, pode-se concluir que as polpas de maracujá e buriti podem ser utilizadas em conjunto com as BAL testadas e o leite adicionado de polpas de frutas e fermentado por probióticos pode não somente estimular o crescimento de bactérias benéficas presentes na microbiota de humanos saudáveis, como também aumentar a produção de ácidos graxos de cadeia curta. Sendo assim, produzir LF com polpa de frutas podem ser considerada uma estratégia promissora para a comercialização de LF probiótico com características funcionais.

**Palavras-chave: Alimento funcional. Composto bioativo de frutas. Probiótico. Leite fermentado. Microbiota intestinal.**

## Abstract

Due to the increasing demand for functional foods, food industries are investing in products that have a healthy appeal and functional properties. Dairy products, especially fermented ones, are the most commercialized products with these characteristics. Additional beneficial effects can be obtained when probiotics and fruit pulp are added to the fermented products. In this context, the objectives of this study were: (1) to determine the gross composition, bioactive compounds, and antioxidant activity of buriti and passion fruit pulps, as well as their effect on the growth of lactic acid bacteria (LAB); (2) evaluate the effect of *Lactocaseibacillus casei* SJRP38 (LC), *Lactiplantibacillus plantarum* ST8Sh (LP), and *Streptococcus thermophilus* TA 080 (ST), either in pure culture or co-culture, and select the best culture/combination based on the kinetic parameters of acidification of the control fermented milk (CFM) added of passion fruit pulp (FMPF) or buriti pulp (FMB), as well as their bacterial viability; (3) to evaluate the effect of milk added of fruit pulps and fermented by a selected probiotic culture on the modulation of the intestinal microbiota using the Simulator of Human Intestinal Microbial Ecosystem (SHIME®). Buriti pulp showed higher values of protein, °Brix and total dietary fiber. Cellulose and hemicellulose were detected in both fruit pulps; however, in buriti pulp there was a larger amount of these fibers. Buriti pulp also had a higher content of fatty acids (12 g/100 g), with the majority (76%) being from the omega 9 family. The passion fruit pulp presented 0.5 g fatty acids/100 g, most of them from the omega 9 family (37%), followed by palmitic acid (29%). The main flavonoids found in the buriti and passion fruit pulps were quercetin-3-rutinoside (90.76 mg/100 g of pulp) and orientin-7-O-glycoside (1.45 mg/100 g of pulp), respectively. Regarding carotenoids, higher amounts were found in the buriti pulp (153.18 mg/100 g) compared to the passion fruit pulp (10.05 mg/100 g), and the major compound in both pulps was  $\beta$ - carotene. None of the pulps inhibited the growth of LAB. The FM obtained by combining the ST+LC+LP cultures stood out for its high bacterial viability and for the shorter fermentation time (up to pH 4.6); therefore, this culture was selected for the fermentation in the following steps of the research. The total phenolic compounds and the antioxidant activity were higher in the treatments FMPF ( $0.10 \pm 0.02$  mg GAE/100 g and  $0.33 \pm 0.13$   $\mu$ mol Trolox/100 g, respectively) and FMB ( $0.11 \pm 0.00$  mg GAE/100 g and  $0.25 \pm 0.03$   $\mu$ mol Trolox/100 g, respectively) compared to CFM ( $0.09 \pm 0.01$  mg GAE/100 g and  $0.11 \pm 0.02$   $\mu$ mol

Trolox/100 g, respectively). Regarding the carotenoid profile, these compounds were not detected in the CFM and the FMPB showed higher amounts of  $\alpha$ ,  $\beta$  and total carotenoids ( $28.97 \pm 0.08$ ;  $528.42 \pm 34.49$  and  $557.39 \pm 34.33$  mg/100 g, respectively) compared to FMPF ( $7.07 \pm 0.08$ ;  $45.72 \pm 0.11$  and  $52.79 \pm 0.20$  mg/100 g, respectively). FMB and FFPPF showed the highest levels of monounsaturated and polyunsaturated fatty acids, respectively. The main fatty acids found in FMPF and FMB were omega 9 ( $25.89 \pm 0.10$  and  $66.38 \pm 0.13$  g/100 g lipids, respectively) and palmitic acid ( $29.54 \pm 0.08$  and  $20.11 \pm 0.22$  g/100 g lipids, respectively). The *in vitro* assay using SHIME show that the viability of probiotic LAB in fermented milk was affected by the addition of fruit pulps; however, it meets the minimum required value of  $\geq 6$  log CFU/mL for consumption. Regarding the viability of indicator microorganisms in the colon, there was a significant difference only in the genus of *Streptococcus* sp. ( $7.35 \pm 0.18$ ,  $7.28 \pm 0.19$  and  $6.69 \pm 0.03$  CFU/mL) for FMC, FMPF and FMB, respectively. On the other hand, fermented milk added of fruit pulp modulated the intestinal microbiota, changed the balance of Firmicutes/Bacteroidetes phyla, increasing Actinobacteria and decreasing Proteobacteria phyla. At the genus level, in all treatments the abundance of *Bifidobacterium* sp. increased, and only FMPF and FMB decreased *Enterobacter* and stimulated *Veillonella* genera and *Ruminococcaceae* family in relation to FMC and their respective washout-control. After treatment, the production of acetic acid increased after the administration of all types of fermented milk and it decreased during the washout periods. Additionally, a significant and remarkably high amounts of propionic and butyric acids were produced during the treatment of FMB. All fermented milk treatments decreased the ammonium ions compared to control (stabilization) ( $557.22 \pm 9.74$  mmol/L), however fermented milk with fruit pulps promoted a greater decrease ( $284.89 \pm 6.04$  FMPF;  $378.67 \pm 6.15$  FMB mmol/L). In conclusion, passion fruit and buriti pulps can be used together with the tested LAB and milk added of fruit pulps and fermented by probiotics can stimulate not only the growth of beneficial bacteria present in the microbiota of healthy humans, but also the production of short chain fatty acids. Therefore, producing FM with fruit pulp can be considered a promising strategy for the commercialization of probiotic FM with functional characteristics.

**Keywords: Functional food. Bioactive fruit compound. Probiotic. Fermented milk. Intestinal microbiota.**

## Lista de Figuras

### CAPÍTULO I: Fruit bioactive compounds: effect on lactic acid bacteria and on intestinal microbiota

**Figure 1.** Health benefits of bioactive compounds on gut microbiota..... 30

### CAPITULO II: Buriti and passion fruit pulps are sources of bioactive compounds and stimulate the growth of potentially probiotic strains

**Figure 1.** Chromatograms of passion fruit (A) and buriti (B) pulps. A) 2: orientin (luteolin 8-c-glucoside), 4: vitexin, 7: orientin-7-o-glucoside; B) 1: glycosylated quercetin; 2: quercetin-3-rutinoside; 3: isorhamnetin-rutinoside; 4: quercetin-3-glucoside..... 100

**Figure 2.** Chromatograms of buriti (A) and passion fruit (B) pulps. 1: Lutein; 2: Zeaxanthin; 3: Cryptoxanthin; 4:  $\alpha$ -carotene; 5:  $\beta$ -carotene..... 103

**Figure 3.** Effect of fruit pulps on the growth of *L. plantarum* ST8Sh (A) and *Lacticaseibacillus rhamnosus* GG (B). Different capital letters in the same column denote a significant difference ( $p < 0.05$ ) among the pulps, for the same strain. Different lower-case letters in the same row denote a significant difference ( $p < 0.05$ ) over time for the same pulp and strain..... 106

### CAPITULO III: Lactic acid bacteria and fruit pulps influence the kinetics of acidification and bacterial viability of potentially probiotic fermented milk

**Figure 1.** Acidification curves of fermented milk without fruit. A) Milk fermented by pure cultures. B) Milk fermented by combination of cultures..... 129

**Figure 2.** Acidification curves of fermented milk without fruit. A) Milk fermented by pure cultures. B) Milk fermented by combination of cultures..... 130

<b>Figure 3.</b> Acidification curves of fermented milk without fruit. A) Milk fermented by pure cultures. B) Milk fermented by combination of cultures.....	<b>132</b>
--	------------

**CAPITULO IV: Functional fermented milk with fruit pulps modulates the *in vitro* intestinal microbiota**

<b>Figure 1.</b> SHIME® system and conditions of each reactor. R1: stomach - pH 2.0-2.5; R2: small intestine - pH 4.3-4.8; R3.1: ascending colon - pH 5.6-5.9; R3.2: ascending colon - pH 5.6-5.9; R3.3: ascending colon - pH 5.6-5.9.....	<b>150</b>
--	------------

<b>Figure 2.</b> Microbiota composition in the reactors representing the ascending colon of SHIME® at phylum level. Control – microbiota control; FMC – Fermented milk control (without fruit pulp); WFMC – Washout Fermented milk control (without fruit pulp); FMPF – Fermented milk with passion fruit; WFMPF – Washout Fermented milk with passion fruit; FMB – Fermented milk with buriti; WFMB – Washout Fermented milk with buriti.....	<b>157</b>
--	------------

<b>Figure 3.</b> Microbiota composition in the reactors representing the ascending colon of SHIME® at genus level. Control – microbiota control; FMC – Fermented milk control (without fruit pulp); WFMC – Washout Fermented milk control (without fruit pulp); FMPF – Fermented milk with passion fruit; WFMPF – Washout Fermented milk with passion fruit; FMB – Fermented milk with buriti; WFMB – Washout Fermented milk with buriti.....	<b>159</b>
---	------------

<b>Figure 4.</b> Main component analysis.....	<b>165</b>
---	------------



## Lista de Tabelas

### **CAPITULO I: Fruit bioactive compounds: effect on lactic acid bacteria and on intestinal microbiota**

<b>Table 1.</b> Effect of bioactive compounds and fruits on LAB and on gut microbiota.....	<b>31</b>
<b>Table 2.</b> Effect of fruits on LAB and on gut microbiota.....	<b>34</b>
<b>Table 3.</b> Effect of dietary fibers, fruit by-products and polysaccharides on LAB and on gut microbiota.....	<b>39</b>
<b>Table 4.</b> Effect of polyphenols (PP) on LAB and on gut microbiota.....	<b>52</b>

### **CAPITULO II: Buriti and passion fruit pulps are sources of bioactive compounds and stimulate the growth of potentially probiotic strains**

<b>Table 1.</b> Centesimal composition, pH, acidity, °Brix, ascorbic acid and fibers of buriti and passion fruit pulps.....	<b>97</b>
<b>Table 2.</b> Carbohydrate composition of the buriti and passion fruit pulps.....	<b>98</b>
<b>Table 3.</b> Fatty acid profile (g/100 g lipids) of buriti and passion fruit pulps.....	<b>98</b>
<b>Table 4.</b> Composition of phenolic compounds, yellow flavonoids and antioxidant activity in the buriti and passion fruit pulps.....	<b>99</b>
<b>Table 5.</b> Flavonoid profile (mg/100 g pulp) in buriti and passion fruit pulps.....	<b>100</b>
<b>Table 6.</b> Carotenoid profile of buriti and passion fruit pulps.....	<b>102</b>

### **CAPITULO III: Lactic acid bacteria and fruit pulps influence the kinetics of acidification and bacterial viability of potentially probiotic fermented milk**

<b>Table 1.</b> Kinetics parameters of acidification obtained during fermentation of fermented milk without pulp (FMWP), fermented milk with passion fruit pulp (FMPF) and fermented milk with buriti pulp (FMB).....	<b>127</b>
<b>Table 2.</b> Viability of <i>Lactobacilli</i> and <i>Streptococcus thermophilus</i> (CFU/mL) in milk fermented without pulp (FMWP), fermented milk with passion fruit pulp (FMPF) and fermented milk with buriti pulp (FMB) by LAB cultures.....	<b>133</b>
<b>Table 3.</b> Composition, pH value and titratable acidity of milk fermented by selected culture.....	<b>135</b>
<b>Table 4.</b> Phenolic compounds and antioxidant activity (DPPH <sup>-</sup> ) and carotenoids profile of milk fermented by selected culture.....	<b>136</b>
<b>Table 5.</b> Fatty acids profile of milk fermented by selected culture.....	<b>137</b>

**CAPITULO IV: Functional fermented milk with fruit pulps modulates the *in vitro* intestinal microbiota**

<b>Table 1.</b> Viability (Log CFU/mL) of fermented milk applied in SHIME®.....	<b>154</b>
<b>Table 2.</b> The counts of colony forming units (log CFU/mL) of <i>Lactobacilli</i> , <i>Streptococcus</i> spp., <i>Bifidobacterium</i> spp., <i>Clostridium</i> spp. and total anaerobic bacteria .....	<b>155</b>
<b>Table 3.</b> Short chain fatty acid levels (mmol/L) in the vessels corresponding to the ascending colon during the experimental period .....	<b>168</b>

## Sumário

<b>INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA</b> .....	20
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	22
<b>OBJETIVOS</b> .....	24
<b>ORGANIZAÇÃO DOS CAPÍTULOS</b> .....	25
<b>CAPÍTULO I - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: Fruit bioactive compounds: effect on lactic acid bacteria and on intestinal microbiota</b> .....	26
<b>Abstract</b> .....	26
<b>Introduction</b> .....	27
<b>Beneficial effect of fruit compounds on lactic acid bacteria and on intestinal microbiota</b> .....	27
<i>Description of LAB, probiotics and gut microbiota</i> .....	28
<i>Fruit bioactive compounds and major effects</i> .....	33
<i>Dietary fibers and prebiotics</i> .....	33
<i>Phenolic compounds or polyphenols (PP)</i> .....	50
Fruit polyphenols and their metabolization by microbiota.....	52
<i>Fatty acids (FA)</i> .....	62
<i>Carotenoids</i> .....	65
<i>Vitamins</i> .....	67
<b>Final remarks</b> .....	70
<b>Acknowledgments</b> .....	71
<b>Declaration of interest statement</b> .....	71
<b>References</b> .....	71
<b>CAPÍTULO II - Buriti and passion fruit pulps are sources of bioactive compounds and stimulate the growth of potentially probiotic strains</b> .....	88
<b>Abstract</b> .....	88
<b>1. Introduction</b> .....	89

<b>2. Materials and methods</b> .....	<b>91</b>
<b>2.1 Passion fruit and buriti pulps preparation</b> .....	<b>91</b>
<b>2.2 Physicochemical characterization</b> .....	<b>91</b>
<b>2.3. Determination of lignin and carbohydrates in the fruit pulps</b> .....	<b>91</b>
<b>2.4 Bioactive compounds and antioxidant activity</b> .....	<b>92</b>
2.4.1 <i>Total phenolic compounds and yellow flavonoids</i> .....	<b>92</b>
2.4.2 <i>Flavonoids profile</i> .....	<b>93</b>
2.4.3 Carotenoids profile.....	<b>94</b>
2.4.4 Antioxidant activity.....	<b>95</b>
<b>2.5 Effect of fruit pulps on the growth of lactic acid bacteria (LAB)</b> .....	<b>95</b>
<b>2.6 Statistical analysis</b> .....	<b>96</b>
<b>3. Results and discussion</b> .....	<b>96</b>
<b>3.1 Chemical characterization of fruit pulps</b> .....	<b>96</b>
<b>3.2 Characterization of bioactive compounds and antioxidant activity of fruit pulps</b> .....	<b>99</b>
<b>3.3 Effect of fruit pulp on the growth of LAB strains</b> .....	<b>104</b>
<b>4. Conclusion</b> .....	<b>108</b>
<b>5. References</b> .....	<b>108</b>
<b>CAPITULO III - Lactic acid bacteria and fruit pulps influence the kinetics of acidification and bacterial viability of potentially probiotic fermented milk</b> .....	<b>119</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>119</b>
<b>1. Introduction</b> .....	<b>120</b>
<b>2. Materials and methods</b> .....	<b>122</b>
<b>2.1 Passion fruit and buriti pulps preparation</b> .....	<b>122</b>
<b>2.2 Lactic acid bacteria (LAB) cultures</b> .....	<b>122</b>
<b>2.3 Milk characterization</b> .....	<b>123</b>
<b>2.4 Preparation of fermented milk</b> .....	<b>123</b>

<b>2.5 Preparation of cultures.....</b>	<b>123</b>
<b>2.6 Fermentation conditions.....</b>	<b>124</b>
<b>2.7 LAB viability.....</b>	<b>124</b>
<b>2.8 Physicochemical characterization of milk fermented by selected culture.....</b>	<b>124</b>
<b>2.9 Total phenolic compounds and antioxidant activity of milk fermented by selected culture.....</b>	<b>125</b>
<b>2.10 Carotenoid profile of milk fermented by selected culture.....</b>	<b>125</b>
<b>2.11 Fatty acid profile of milk fermented by selected culture.....</b>	<b>125</b>
<b>2.12 Statistical analysis.....</b>	<b>126</b>
<b>3. Results and Discussion.....</b>	<b>126</b>
<b>3.1 Milk characterization and preparation of probiotic fermented milk.....</b>	<b>126</b>
<b>3.2 Fermentation kinetic parameters and LAB viability.....</b>	<b>126</b>
<b>3.3 Centesimal composition, pH and acidity of milk fermented by selected culture.....</b>	<b>134</b>
<b>3.4 Phenolic compounds and antioxidant activity of milk fermented by selected culture.....</b>	<b>135</b>
<b>3.5 Fatty acid profile.....</b>	<b>136</b>
<b>4. Conclusion.....</b>	<b>137</b>
<b>5. References.....</b>	<b>138</b>
<b>CAPITULO IV - Functional fermented milk with fruit pulps modulates the <i>in vitro</i> intestinal microbiota.....</b>	<b>146</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>146</b>
<b>1. Introduction.....</b>	<b>147</b>
<b>2. Materials and Methods.....</b>	<b>148</b>
<b>2.1 Preparation of fermented milk.....</b>	<b>148</b>
<b>2.2 Lactic acid bacteria viability in fermented milk.....</b>	<b>149</b>
<b>2.3 Simulator of Human Intestinal Microbial Ecosystem (SHIME®).....</b>	<b>149</b>
<b>2.3.1 Composition of the SHIME® feed medium.....</b>	<b>149</b>

2.3.2 Microbiota colonization.....	150
2.3.3 Experimental protocol.....	151
<b>2.4 Production of metabolites in SHIME®.....</b>	<b>151</b>
<b>2.5 Viability of microorganisms.....</b>	<b>152</b>
<b>2.6 Microbial DNA extraction and 16S rRNA gene-based Illumina MiSeq sequencing.....</b>	<b>152</b>
<b>2.7 Bioinformatics and Statistical analysis.....</b>	<b>153</b>
<b>3. Results and Discussion.....</b>	<b>153</b>
<b>3.1 LAB viability in fermented milk.....</b>	<b>153</b>
<b>3.2 Viability of microorganisms in the SHIME® .....</b>	<b>154</b>
<b>3.3 Microbiota composition evaluation by gene sequencing .....</b>	<b>156</b>
<b>3.4 Short-chain fatty acids and ammonium ions .....</b>	<b>166</b>
<b>4. Conclusion.....</b>	<b>170</b>
<b>References.....</b>	<b>170</b>
<b>CAPITULO IV - CONCLUSÕES GERAIS.....</b>	<b>182</b>

## INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Uma alimentação saudável deve ser baseada em alimentos que forneçam os nutrientes necessários a manutenção da saúde diária, e incluir algumas fontes de micronutrientes, fibras e compostos bioativos (ANJO, 2004). Alguns alimentos, além da nutrição e do apelo saudável, podem apresentar efeito benéfico à saúde, e são conhecidos como alimentos funcionais. Estes alimentos têm ganhado grande destaque nas pesquisas na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, devido à demanda dos consumidores por alimentos saudáveis (STORTI, FERREIRA, PEREIRA, 2014) e à necessidade de entender melhor os efeitos que os biocompostos presentes nos alimentos exercem sobre a saúde.

A propriedade funcional do alimento é relativa ao papel metabólico ou fisiológico que o nutriente ou não nutriente tem no crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções normais do organismo humano (BRASIL, 1999). Os ingredientes que possuem alegações funcionais são: ácidos graxos - omega-3 ( $\omega$ -3), carotenóides (licopeno, luteína e zeaxantina), psílio ou psyllium, quitosano,  $\beta$ -glucano, fitosteróis, proteína de soja, manitol, xilitol, sorbitol, fibras (fibras resistentes à dextrina, lactulose, goma de guar parcialmente hidrolisada e polidextrose), inulina e microorganismos probióticos (BRASIL, 1999). Estas substâncias bioativas (nutrientes) presentes em alimentos podem agir em espécies reativas ou estimular sistemas de defesa endógeno. Este efeito protetor foi atribuído à presença de compostos com atividade antioxidante, tais como vitaminas, minerais, compostos fenólicos e carotenoides (ALMEIDA et al., 2011).

Para o desenvolvimento de alimentos funcionais, o leite e os produtos lácteos estão entre as principais matérias-primas utilizadas, uma vez que são consumidos regularmente, apresentam alto valor nutricional e muitos benefícios para a saúde: são ricos em cálcio, podem prevenir a osteoporose, possuem proteínas, aminoácidos essenciais e lipídios, que são ricos em ácidos graxos essenciais, e são fontes de vitaminas, entre outros benefícios.

Entre os produtos lácteos funcionais, os produtos fermentados são apontados como o tipo mais importante (MARCO et al., 2021). O uso de bactérias probióticas para fermentação é uma estratégia para atender à exigência dos consumidores por alimentos benéficos à saúde. Outra tendência no desenvolvimento de lácteos funcionais é adicionar

polpas de frutas, que podem melhorar as propriedades sensoriais, como sabor, aroma, textura e cor, diversificando os produtos disponíveis no mercado; estas são algumas das razões de sua popularidade (SANTOS, 2009).

As polpas de frutas tropicais, especialmente as não convencionais, contribuem para o apelo saudável e, ao mesmo tempo, aumentam o valor nutricional do produto pelos compostos bioativos presentes naturalmente nas polpas de frutas. Muitos destes compostos bioativos apresentam propriedades antioxidantes, que podem contribuir para aumentar a vida útil dos produtos, e que estão relacionados à baixa incidência de certas doenças (GENOVESE et al., 2008; SANTOS, 2009; GONÇALVES; LAJOLO; GENOVESE, 2010; ALMEIDA et al., 2011).

Os biocompostos das polpas de buriti e de maracujá foram avaliados em estudos anteriores e as polpas foram aplicadas em leite fermentado (BORGONOVÍ et al., 2021). Para avaliar o efeito das polpas no crescimento das BAL foram usadas cepas de *Streptococcus thermophilus* SJRP107, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* SJRP57, *Lactocaseibacillus casei* SJRP38, *Limosilactobacillus fermentum* SJRP30 e SJRP43, *Enterococcus durans* SJRP29, *Enterococcus faecium* SJRP20 e SJRP65, isoladas de muçarela de búfala, previamente identificadas a partir do sequenciamento do gene 16S rRNA (SILVA, 2010) e anteriormente caracterizadas quanto à segurança, potencial tecnológico e probiótico. Dentre as cepas testadas, *L. casei* SJRP38, potencialmente probiótico (SALOTTI-SOUZA et al., 2019) apresentou maior crescimento na presença de polpas e foi selecionado para aplicação em leite fermentado com adição de polpa de buriti e de maracujá. O leite fermentado apresentou resultados promissores (estabilidade na degradação de compostos fenólicos, atividade antioxidante e aumento da população de lactobacilos durante o período de prateleira), o que estimula a continuidade desses estudos.

Por outro lado, *Lactiplantibacillus plantarum* (anteriormente conhecido como *Lactobacillus plantarum*) é uma espécie muito versátil e faz parte da composição de diversos alimentos, tais como produtos lácteos fermentados, vegetais fermentados, produtos cárneos, cereais, frutas e bebidas. Além disso, *L. plantarum* tem sido tradicionalmente usado como cultura em fermentações de alimentos, como produtora de substâncias antimicrobianas e algumas cepas podem apresentar propriedades probióticas. A cepa *L. plantarum* ST8Sh foi caracterizada como produtora de bacteriocina da família da pediocina PA-1, com atividade contra diversos microorganismos: *Enterococcus* spp., *Klebsiella pneumoniae*, *Listeria* spp., e contra alguns patógenos que causam doenças em



humanos e estão presentes em alguns alimentos. Também foi considerada potencialmente probiótica pela elevada resistência às condições do trato gastrointestinal, produção de  $\beta$ -galactosidase, desconjugação de sais biliares, elevada hidrofobicidade, propriedades de agregação e adesão celular (TODOROV, HOLZAPFEL, NERO, 2016; TODOROV et al., 2017).

Diante deste cenário, o estudo *in vitro* do efeito de leite adicionado de polpas de frutas e fermentado por bactérias ácido lácticas (*L. casei* SJRP38, *L. plantarum* ST8Sh, isoladas ou em co-cultura com *S. thermophilus*) poderá ampliar os conhecimentos sobre a ação dos alimentos funcionais na microbiota intestinal e o metabolismo dos nutrientes.

## REFERENCES

ADAK, A.; KHAN, M. R. An insight into gut microbiota and its functionalities. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v. 76, p. 473–493, 2018.

ADORNO, M. A. T.; HIRASAWA, J. S.; VARESCHE, M. B. A. Development and validation of two methods to quantify volatile acids (C2-C6) by GC/FID: Headspace (automatic and manual) and liquid–liquid extraction (LLE). **American Journal of Analytical Chemistry**, v. 5, p. 406-414, 2014.

AHMAD, I.; KHALIQUE, A.; JUNAID, M.; SHAHID, M. Q.; IMRAN, M.; RASHID, A. A. Effect of polyphenol from apple peel extract on the survival of probiotics in yoghurt ice cream. **Food Science and Technology International**, v. 55, p. 2580-2588, 2020.

ALBUQUERQUE, T. M. R., BORGES, C. W. P., CAVALCANTI, M. T., LIMA, M. DOS S., MAGNANI, M., SOUZA, E. L. Potential prebiotic properties of flours from different varieties of sweet potato (*Ipomoea batatas L.*) roots cultivated in Northeastern Brazil. **Food Bioscience**, v. 36, 100614, 2020.

ALHAGAMHMAD, M. H.; DAY, A. S.; LEMBERG, D. A.; LEACH, S. T. An overview of the bacterial contribution to Crohn disease pathogenesis. **Journal of Medical Microbiology**, v. 10, p. 1049-1059, 2016.

ALKUSHI, A. G.; ABDELFAHATTAH-HASSAN, A.; ELDOUMANI, H.; ELAZAB, S. T.; MOHAMED, S. A. M.; METWALLY, A. S.; EL-SHETRY, E. S.; SALEH, A. A.; ELSAWY, N. A.; IBRAHIM, D. Probiotics-loaded nanoparticles attenuated colon inflammation, oxidative stress, and apoptosis in colitis. **Scientific Reports**, v. 12, n. 5116, 2022.

ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M.; ARRIAGA, A. M. C.; PRADO, G. M.; MAGALHÃES, C. E. C.; MAIA, G. A. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from Northeastern Brazil. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2155-2159, 2011.

ANDRADE, M. E. R.; ARAÚJO, R. S.; BARROS, P. A. V.; SOARES, A. D. N.; ABRANTES, F. A.; GENEROSO, S. V.; FERNANDES, S. O. A.; CARDOSO, V. N. The role of immunomodulators on intestinal barrier homeostasis in experimental models. **Clinical Nutrition**, v. 34, p. 1080-1087, 2015.

ARRIETA, M. C.; STIEMSMA, L. T.; DIMITRIU, P. A.; THORSON, L.; RUSSELL, S.; YURIST-DOUTSCH, S.; KUZELJEVIC, B.; GOLD, M. J.; BRITTON, H. M.; LEFEBVRE, D. L.; SUBBARAO, P.; MANDHANE, P.; BECKER, A.; MCNAGNY, K. M.; SEARS, M. R.; KOLLMANN, T.; MOHN, W. W.; TURVEY, S. E.; FINLAY, B. B. Early infancy microbial and metabolic alterations affect risk of childhood asthma. **Science Translational Medicine**, v. 7, n. 307, 2015.

AZAD, M.; KALAM, A.; SARKER, M.; LI, T.; YIN, J. Probiotic species in the modulation of gut microbiota: An overview. **BioMed Research International**, v. 2018, p. 1–8, 2018.

AZIMIRAD, M.; JO, Y.; KIM, M. S.; JEONG, M.; SHAHROKH, S.; AGHDAEI, H. A.; ZALI, M. R.; LEE, S.; YADEGAR, A.; SHIN, J. H. Alterations and prediction of functional profiles of gut microbiota after fecal microbiota transplantation for Iranian recurrent *Clostridioides difficile* infection with underlying inflammatory bowel disease: A pilot study. **Journal of Inflammation Research**, v. 15, p. 105-116, 2022.

BALTHAZAR, C. F.; PIMENTEL, T. C.; FERRÃO, L. L.; ALMADA, C. N.; SANTILLO, A.; ALBENZIO, M.; MOLLAKHALILI, N.; MORTAZAVIAN, A. M.; NASCIMENTO, J. S.; SILVA, M. C.; FREITAS, M. Q.; SANT'ANA, A. S.; GRANATO, D.; CRUZ, A. G. Sheep milk: physicochemical characteristics and relevance for functional food development. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 16, p. 247–262, 2017.

BANWU, K.; OLOJEDE, A. O.; ADESULU-DAHUNSI, T.; VERMA, D. K.; THAKUR, M.; TRIPATHY, S.; SINGH, S.; PATEL, A. R.; GUPTA, A. K.; AGUILAR, C. N.; UTAMA, G. L. Functional importance of bioactive compounds of foods with potential health benefits: A review on recent trends. **Food Bioscience**, v. 43, 101320, 2021.

BARAT, A.; OZCAN, T. Growth of probiotic bacteria and characteristics of fermented milk containing fruit matrices. **International Journal of Dairy Technology**, v. 71, n. 1, p. 120-129, 2018.

BEISNER, J.; GONZALEZ-GRANDA, A.; BASRAI, M.; DAMMS-MACHADO, A.; BISCHOFF, S. C. Fructose-induced intestinal microbiota shift following two types of short term high-fructose dietary phases. **Nutrients**, v. 12, n. 11, 3444, 2020.

BIANCHI, F.; LARSEN, N.; DE MELLO TIEGHI, T.; ADORNO, M. A. T.; KOT, W.; SAAD, S. M. I.; JESPERSEN, L.; SIVIERI, K. Modulation of gut microbiota from obese individuals by *in vitro* fermentation of citrus pectin in combination with *Bifidobacterium longum* BB-46. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 102, n. 20, p. 8827–8840, 2018.

BIANCHI, F.; ROSSI, E. A.; SAKAMOTO, I. K.; ADORNO, M. A. T.; VAN DE WIELE, T.; SIVIERI, K. Beneficial effects of fermented vegetal beverages on human gastrointestinal microbial ecosystem in a simulator. **Food Research International**, v. 64, n. 10, p. 43-52, 2014.

BIELECKA, M.; CICHOSZ, G.; CZECHOT, H. Antioxidant, antimicrobial and anticarcinogenic activities of bovine milk proteins and their hydrolysates - A review. **International Dairy Journal**, v. 127, 105208, 2022.

BINDA, C.; LOPETUSO, L. R.; RIZZATTI, G.; GIBIINO, G.; CENNAMO, V.; GASBARRINI, A. Actinobacteria: A relevant minority for the maintenance of gut homeostasis. **Digestive and Liver Disease**, v. 50, p. 421–428, 2018.

BORGONOVI, T. F.; CASAROTTI, S. N.; PENNA, A. L. B. *Lactocaseibacillus casei* SJRP38 and buriti pulp increased bioactive compounds and probiotic potential of fermented milk. **LWT - Food Science and Technology**, v. 143, 111124, 2021.

BRASIL - ANVISA, **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Resolução RDC n. 18, de 30 de abril de 1999, atualizado em 11 de janeiro de 2019. IX – “Lista de alegações de propriedade funcional aprovadas”. [http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/alegacoes-de-propriedade-funcional-aprovadas\\_anvisa.pdf](http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/alegacoes-de-propriedade-funcional-aprovadas_anvisa.pdf)

BRASIL, E.; HASSIMOTTO, N. M. A.; CHIERICO, F. D.; MARINI, F.; QUAGLIARIELLO, A.; SCIUBBA, F.; MICCHELI, A.; PUTIGNANI, L.; LAJOLO, F. Daily consumption of orange juice from *Citrus sinensis* L. Osbeck cv. Cara Cara and cv. Bahia differently affects gut microbiota profiling as unveiled by an integrated meta-omics approach. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 67, 0. 1381-1391, 2019.

CAMPOS, D. A.; RIBEIRO, T. B.; TEIXEIRA, J. A.; PASTRANA, L.; PINTADO, M. M. Integral valorization of pineapple (*Ananas comosus* L.) by-products through a green chemistry approach towards added value ingredients. **Foods**, v. 9, n. 1, 60, 2020.

CANI, P. D., MOENS DE HASE, E., VAN HUL, M. Gut microbiota and host metabolism: from proof of concept to therapeutic intervention. **Microorganisms**, v. 9, 1302, 2021.

- CASAROTTI, S. N.; BORGONOV, T. F.; BATISTA, C. L. F. M.; PENNA, A. L. B. Guava, orange and passion fruit by-products: Characterization and its impacts on kinetics of acidification and properties of probiotic fermented products. **LWT - Food Science and Technology**, v. 98, p. 69-76, 2018.
- CASAROTTI, S. N.; BORGONOV, T. F.; TIEGHI, T. M.; SIVIERI, K.; PENNA, A. L. B. Probiotic low-fat fermented goat milk with passion fruit by-product: *in vitro* effect on obese individuals' microbiota and on metabolites production. **Food Research International**, v. 136, 109453, 2020.
- CHA, K. H.; LEE, E. H.; YOON, H. S.; LEE, J. H.; KIM, J. Y.; KANG, K.; SOO, P. J.; JIN, J.B.; KO, G.; PAN, C. H. Effects of fermented milk treatment on microbial population and metabolomic outcomes in a three-stage semi-continuous culture system. **Food Chemistry**, v. 263, p. 216–224, 2018.
- CHENG, Y.; WU, T.; CHU, X.; TANG, S.; CAO, W.; LIANG, F.; FANG, Y.; PAN, S.; XU, X. Fermented blueberry pomace with antioxidant properties improves fecal microbiota community structure and short chain fatty acids production in an *in vitro* mode. **LWT - Food Science and Technology**, v. 125, 109260, 2020.
- COMAN, M. M.; OANCEA, A. M.; VERDENELLI, M. C.; CECCHINI, C.; BAHRIM, G. E.; ORPIANESI, C.; CRESCI, A.; SILVI, S. Polyphenol content and *in vitro* evaluation of antioxidant, antimicrobial and prebiotic properties of red fruit extracts. **European Food Research and Technology**, v. 244, p. 735-745, 2018.
- COMAN, V.; TELEKY, B. E.; MITREA, L.; MARTĂU, G. A.; SZABO, K.; CĂLINOIU, L. F.; VODNAR, D, C. Bioactive potential of fruit and vegetable wastes. **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 91, p. 157-225, 2019.
- COMAN, V.; VODNAR, D. C. Gut microbiota and old age: Modulating factors and interventions for healthy longevity. **Experimental Gerontology**, v. 141, 111095, p. 1–18, 2020.
- CORRÊA, T. A. F.; ROGERO, M. M.; HASSIMOTTO, N. M. A.; LAJOLO, F. M. The two-way polyphenols-microbiota interactions and their effects on obesity and related metabolic diseases. **Frontiers in Nutrition**, v. 6, n. 188, 2019.
- D'ARCHIVIO, M.; FILESI, C.; VARI, R.; SCAZZOCCHIO, B.; MASELLA, R. Bioavailability of the polyphenols: status and controversies. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 11, p. 1321-1342, 2010
- DAVILA, A. M.; BLACHIER, F.; GOTTELAND, M.; ANDRIAMIHAJA, M.; BENETTI, P. H.; SANZ, Y.; TOMÉ, D. Intestinal luminal nitrogen metabolism: role of the gut microbiota and consequences for the host. **Pharmacological Research**, v. 68, n. 1, p. 95–107, 2013.
- DOMINIKA, Ś.; ARJAN, N.; KARYN, R. P.; RIDGWAY, K.P.; KOSTYRA, H. The study on the impact of glycated pea proteins on human intestinal bacteria. **International Journal of Food Microbiology**, v. 145, p. 267–272, 2011.

DUQUE, A. L. R. F.; MONTEIRO, M.; ADORNO, M. A. T.; SAKAMOTO, I. K.; SIVIERI, K. An exploratory study on the influence of orange juice on gut microbiota using a dynamic colonic model. **Food Research International**, v. 84, p. 160-169, 2016.

ECKBURG, P. B.; BIK, E. M.; BERNSTEIN, C. N.; PURDOM, E.; DETHLEFSEN, L.; SARGENT, M.; GILL, S. R.; NELSON, K. E.; RELMAN, D. A. Diversity of the human intestinal microbial flora. **Science**, v. 308, n. 5728, p. 1635–1638, 2005.

ESPÍN, J. C.; GONZÁLEZ-SARRÍAS, A.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A. The gut microbiota: A key factor in the therapeutic effects of (poly)phenols. **Biochemical Pharmacology**, v. 139, p. 82–93, 2017.

ESPÍRITO SANTO, A. P.; CARTOLANO, N. S.; SILVA, T. F.; SOARES, F. A.; GIOIELLI, L. A.; PEREGO, P.; CONVERTI, A.; OLIVEIRA, M. N. Fibers from fruit by-products enhance probiotic viability and fatty acid profile and increase CLA content in yoghurts. **International Journal of Food Microbiology**, v. 154, n. 3, p. 135-144, 2012.

ESPÍRITO-SANTO, A. P. DO.; SILVA, R. C.; SOARES, F. A. S. M.; ANJOS, D.; GIOIELLI, L. A.; OLIVEIRA, M. N. Açai pulp addition improves fatty acid profile and probiotic viability in yoghurt. **International Dairy Journal**, v. 20, n. 6, p. 415–422, 2010.

FENG, W.; AO, H.; PENG, C. Gut microbiota, short-chain fatty acids, and herbal medicines. **Frontiers in Pharmacology**, v. 9, p. 1–12, 2018.

FERNÁNDEZ, J.; REDONDO-BLANCO, S.; GUTIÉRREZ-DEL-RÍO, I.; MIGUÉLEZ, E. M.; VILLAR, C. J.; LOMBÓ, F. Colon microbiota fermentation of dietary prebiotics towards short-chain fatty acids and their roles as anti-inflammatory and anti-tumour agents: a review. **Journal of Functional Foods**, v. 25, p. 511–522, 2016.

FLINT, H. J.; SCOTT, K. P.; DUNCAN, S. H.; LOUIS, P.; FORANO, E. Microbial degradation of complex carbohydrates in the gut. **Gut Microbes**, v. 3, n. 4, p. 289–306, 2012.

FREIRE, F. C.; ADORNO, M. A. T.; SAKAMOTO, I. K.; ANTONIASSI, R.; CHAVES, A. C. S. D.; SANTOS, K. M. O.; SIVIERI, K. Impact of multi-functional fermented goat milk beverage on gut microbiota in a dynamic colon model. **Food Research International**, v. 99, p. 315–327, 2017.

FUKUDA S, TOH H, TAYLOR TD, OHNO H, HATTORI M. Acetate-producing *Bifidobacteria* protect the host from enteropathogenic infection via carbohydrate transporters. **Gut Microbes**, v. 3, p. 449–54, 2012.

GEBRAYEL, P.; NICCO, C.; KHODOR, S. A.; BILINSKI, J.; CASELLI, E.; COMELLI, E. M.; EGERT, M.; GIARONI, C.; KARPINSKI, T. M.; LONIEWSKI, I.; MULAK, A.; REYGNER, J.; SAMCZUK, P.; SERINO, M.; SIKORA, M.; TERRANEGRA, A.; UFNAL, M.; VILLAGER, R.; PICHON, C.; KONTUREK, P.; EDEAS, M. Microbiota medicine: towards clinical revolution. **Journal of Translational Medicine**, v. 20, 111, 2022.

GIBSON, G. R.; ROBERFROID, M. B. Dietary modulation of the human colonic microflora: introducing the concept of prebiotics. **The Journal of Nutrition**, v. 125, p. 1401–1412, 1995.

GOMMA, E. Z. Human gut microbiota/microbiome in health and diseases: a review. **Antonie Van Leeuwenhoek**, v.113, p. 2019–2040, 2020.

HANCHI, H.; MOTTAWEA, W.; SEBEL, K.; HAMMAMI, R. The genus *Enterococcus*: Between probiotic potential and safety concerns- an update. **Frontiers in Microbiology**, v. 1791, p. 1–16, 2018.

HE, X.; PARENTI, M.; GRIP, T.; L'ONNERDAL, B.; TIMBY, N.; DOMELLOF, M.; HERNELL, O.; SLUPSKY, C. Fecal microbiome and metabolome of infants fed bovine MFGM supplemented formula or standard formula with breast-fed infants as reference: A randomized controlled trial. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1–14, 2019.

HENNING, S. M.; YANG, J.; SHAO, P.; LEE, R. P.; HUANG, J.; LY, A.; HSU, M.; LU, Q. Y.; TÂMISA, G.; HEBER, D.; LI, Z. Health benefit of vegetable/fruit juice-based diet: Role of microbiome. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1–9, 2017.

HO, S. W.; EL-NEZAMI, H.; CORKE, H.; HO, C. S.; SHAH, N. P. L-citrulline enriched fermented milk with *Lactobacillus helveticus* attenuates dextran sulfate sodium (DSS) induced colitis in mice. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 99, 108858, 2022.

HSIAO, E. Y.; MCBRIDE, S. W.; HSIEN, S.; SHARON, G.; HYDE, E. R.; MCCUE, T.; CODELLI, J. A.; CHOW, J.; REISMAN, S. E.; PETROSINO, J. F.; PATTERSON, P. H.; MAZMANIAN, S. K. The microbiota modulates gut physiology and behavioral abnormalities associated with autism. **Cell**, v. 155, p. 1451–1463, 2013.

HU, G. X.; CHEN, G. R.; XU, H.; GE, R. S.; LIN, J. (2010) Activation of the AMP activated protein kinase by short-chain fatty acids is the main mechanism underlying the beneficial effect of a high fiber diet on the metabolic syndrome. **Medical Hypotheses**, v. 74, n. 1, p. 123–126, 2010.

HUL, M. V.; ROY, T. L.; PRIFTI, E.; DAO, M. C.; PAQUOT, A.; ZUCKER, J. D.; DELZENNE, N. M.; MUCCIOLI, G. G.; CLÉMENT, K.; CANI, P. D. From correlation to causality: the case of *Subdoligranulum*. **Gut Microbes**, v. 12, n. 1, 2020.

ILLMAN, R. J.; TOPPING, D. L.; MCLINTOSH, G. H.; TRIMBLE, R. P.; STORER, G. B.; TAYLOR, M. N.; CHENG, B. Q. Hypocholesterolaemic effects of dietary propionate: Studies in whole animals and perfused rat liver. **Annals of Nutrition and Metabolism**, v. 32, n. 2, p. 97–107, 1988.

KAY, C. D.; MAZZA, G.; HOLUB, B. J.; WANG, J. Anthocyanin metabolites in human urine and serum. **British Journal of Nutrition**, v. 91, p. 933-942, 2004.

KEMPERMAN, R. A.; BOLCA, S.; ROGER, L. C.; VAUGHAN, E. E. Novel approaches for analysing gut microbes and dietary polyphenols: Challenges and opportunities. **Microbiology**, v. 156, n. 11, p. 3224–3231, 2010.

KEMPERMAN, R. A.; GROSS, G.; MONDOT, S.; POSSEMIERS, S.; MARZORATI, M.; WIELE, T. V.; DORÉ, J.; VAUGHAN, E. E. Impact of polyphenols from black tea

and red wine/grape juice on a gut model microbiome. **Food Research International**, v. 53, p. 659–669, 2013.

KHAN, I.; BAI, Y.; ZHA, L.; ULLAH, N.; ULLAH, H.; SHAH, S. R. H.; SUN, H.; ZHANG, C. Mechanism of the gut microbiota colonization resistance and enteric pathogen infection. **Frontiers in Cellular Infection in Microbiology**, 11, 716299, 2021.

KIM, J. H.; KIM, Y.; KIM, Y. J.; PARK, Y. Conjugated linoleic acids: potential health benefits as a functional food ingredient. **Annual Review of Food Science and Technology**, v. 7, p.221–44, 2016.

KOOLEN, H. H. F.; DA SILVA, F. M. A.; GOZZO, F. C.; DE SOUZA, A. Q. L.; DE SOUZA, A. D. L. Antioxidant, antimicrobial activities and characterization of phenolic compounds from buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.) by UPLC–ESI-MS/MS. **Food Research International**, v. 51, n. 2, p. 467-473, 2013.

LEAL, B. E. S., PRADO, M. R., GRZYBOWSKI, A., TIBONI, M., KOOP, H. S., SCREMIN, L. B., SAKUMA, A. C.; TAKAMATSU, A. A.; SANTOS, A. F.; CAVALCANTI, V. F.; FONTANA, J. D. Potential prebiotic oligosaccharides from aqueous thermos-pressurized phosphoric acid hydrolysates of microalgae used in treatment of gaseous steakhouse waste. **Algal Research**, v. 24, p. 138–147, 2017.

LIEPKE, C.; ADERMANN, K.; RAIDA, M.; MAGERT, H. J.; FORSSMANN, W. G.; ZUCHT, H. D. Human milk provides peptides highly stimulating the growth of *Bifidobacteria*. **European Journal of Biochemistry**, v. 269, p. 712–718, 2002.

LIU, M.; CHEN, Q.; SUN, Y.; ZENG, L.; WU, H.; GU, Q.; LI, P. Probiotic potential of a folate-producing strain *Latilactobacillus sakei* LZ217 and its modulation effects on human gut microbiota. **Foods**, v. 11, 234, 2022.

LOPEZ-SILES, M.; DUNCAN, S. H.; GARCIA-GIL, L. J.; MARTINEZ-MEDINA, M. *Faecalibacterium prausnitzii*: from microbiology to diagnostics and prognostics. **The ISME Journal Multidisciplinary, Journal of Microbial Ecology**, v. 11, p. 841–852, 2017.

LOUIS, P.; HOLD, G. L.; FLINT, H. J. The gut microbiota, bacterial metabolites and colorectal cancer. **Nature Reviews Immunology**, v. 12, p. 661–672, 2014.

MA, G.; CHEN, Y. A Polyphenol supplementation benefits human health via gut microbiota: A systematic review via meta-analysis. **Journal of Functional Foods**, v. 66, 103829, 2020.

MACIA, L.; TAN, J.; VIEIRA, A. T.; LEACH, K.; STANLEY, D.; LUONG, S.; MARUYA, M.; MCKENZIE, C. I.; HIJIKATA, A.; WONG, C.; BINGE, L.; THORBURN, A. N.; CHEVALIER, N.; ANG, C.; MARINHO, E.; ROBERTO, R.; OFFERMANN, S.; TEIXEIRA, M. M.; MOORE, R. J.; FLAVELL, R. A.; FAGARASAN, S.; MACKAY, C. R. Metabolite-sensing receptors GPR43 and GPR109A facilitate dietary fibre-induced gut homeostasis through regulation of the inflammasome. **Nature Communications**, v. 6, n. 6734, 2015.



MAQSOOD, S.; ADIAMOA, O.; AHMADA, M.; MUDGIL, P. Bioactive compounds from date fruit and seed as potential nutraceutical and functional food ingredients. **Food Chemistry**, v. 308, 125522, 2020.

MARIN, L.; MIGUELEZ, E. M.; VILLAR, C. J.; LOMBO, F. Bioavailability of dietary polyphenols and gut microbiota metabolism: antimicrobial properties. **BioMed Research International**, v. 2015, 905215, 2015.

MARTINS, A. R.; BURKERT, C. A. V. Galactooligosaccharides (GOS) and their prebiotic and bifidogenic effects. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 12, n. 3, p. 230-240, 2009.

MATHUR, H.; BERESFORD, T. P.; COTTER, P. D. Health benefits of lactic acid bacteria (LAB) fermentates. **Nutrients**, n. 12, 1679, 2020.

MEDEIROS, V. P. B.; SALGAÇO, M. K.; PIMENTEL, T. C.; SILVA, T. C. R.; SARTORATTO, A.; LIMA, M. S.; SASSI, C. F. C.; MESA, V.; MAGNANI, M.; SIVIERI, K. *Spirulina platensis* biomass enhances the proliferation rate of *Lactobacillus acidophilus* 5 (La-5) and combined with La-5 impact the gut microbiota of medium-age healthy individuals through an *in vitro* gut microbiome model. **Food Research International**, v. 154, 110880, 2022.

METERE, A.; GIACOMELLI, L. Absorption, metabolism and protective role of fruits and vegetables polyphenols against gastric cancer. **European Review for Medical and Pharmacological Sciences**, v. 21, p. 5850–5858, 2017.

MOLLY, K.; WOESTYNE, M. V.; SMET, I.; VERSTRAETE, W. Validation of the simulator of the human intestinal microbial ecosystem (SHIME<sup>®</sup>) reactor using microorganism associated activities. **Microbial Ecology in Health and Disease**, v. 7, n. 4, p. 191-200, 1994.

MONTALTO M.; D'ONOFRIO, F.; GALLO, A.; CAZZATO, A.; GASBARRINI, G. Intestinal microbiota and its functions. **Digestive and Liver Disease Supplements**, v. 3, n. 2, p. 30–34, 2009.

NAMI, Y.; BAKHSHAYESH, R. V.; JALALY, H. M.; LOTFI, H.; ESLAMI, S.; HEJAZI, M. A. Probiotic properties of *Enterococcus* isolated from artisanal dairy products. **Frontiers in Microbiology**, v. 10, n. 300, p. 1–13, 2019.

NICHOLSON, J. K.; HOLMES, E.; KINROSS, J.; BURCELIN, R.; GIBSON, G.; JIA, W.; PETTERSSON, S. Host-gut microbiota metabolic interactions. **Science**, v. 336, n. 6086, p. 1262–1267, 2012.

NYANGALE, E. P.; MOTTRAM, D. S.; GIBSON, G. R. Gut microbial activity, implications for health and disease: The potential role of metabolite analysis. **Journal of Proteome Research**, v. 11, n. 12, p. 5573–5585, 2012.

O'TOOLE, P. W.; MARCHESI, J. R.; HILL, C. Next-generation probiotics: the spectrum from probiotics to live biotherapeutics. **Nature Microbiology**, v. 2, 17057, 2017.

ODDI, S.; HUBER, P.; DUQUE, A. L. R. F.; VINDEROLA, G.; SIVIERI, K. Breast-milk derived potential probiotics as strategy for the management of childhood obesity. **Food Research International**, v. 137, 109673, 2020.

OZCAN, T.; YILMAZ-ERSAN, L.; AKPINAR-BAYIZIT, A.; DELIKANLI, B.; BALATI, A. Survival of *Lactobacillus* spp. in fruit based fermented dairy beverages. **International Journal of Food Engineering**, v. 1, n. 1, p. 44–49, 2015.

PAP, N.; FIDELIS, M.; AZEVEDO, L.; CARMO, M. A. V.; WANG, D.; MOCAN, A., PEREIRA, E. P. R.; SANTOS, D. X.; SANT'ANA, A. S.; YANG, B.; GRANATO, D. Berry polyphenols and human health: evidence of antioxidant, anti-inflammatory, microbiota modulation, and cell-protecting effects. **Current Opinion in Food Science**, v. 42, p. 167–186, 2021.

PEDROGO, D. A. M.; JENSEN, M. D.; DYKE C. T. V.; MURRAY, J. A.; WOODS, J. A.; CHEN, J.; KASHYAP, P. C.; NEHRA, V. Gut microbial carbohydrate metabolism hinders weight loss in overweight adults undergoing lifestyle intervention with a volumetric diet. **Mayo Clinic Proceedings**, v. 93, n. 8, p. 1104-1110, 2018.

PERRICONE, M.; BEVILACQUA, A.; ALTIERI, C.; SINIGAGLIA, M.; CORBO, M. R. Challenges for the production of probiotic fruit juices. **Beverages**, v. 1, n. 2, p. 95–103, 2015.

PIEKARSKA-RADZIK, L.; KLEWICKA, E. Mutual influence of polyphenols and *Lactobacillus* spp. bacteria in food: a review. **European Food Research and Technology**, v. 247, p. 9–24, 2021.

POSSEMIERS, S.; MARZORATI, M.; VERSTRAETE, W.; VAN DE WIELE. T. Bacteria and chocolate: a successful combination for probiotic delivery. **International Journal of Food Microbiology**, v. 141, n. 1-2, p. 97-103, 2010.

POSSEMIERS, S.; VERTHÉ, K.; UYTENDAELE, S.; VERSTRAETE, W. PCR-DGGE-based quantification of stability of the microbial community in a simulator of the human intestinal microbial ecosystem. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 49, n. 3, p. 495-507, 2004.

PURCHIARONI, F.; TORTORA, A.; GABRIELLI, M.; BERTUCCI, F.; GIGANTE, G.; IANIRO, G.; OJETTI, V.; SCARPELLINI, E.; GASBARRINI, A. The role of intestinal microbiota and the immune system. **European Review for Medical and Pharmacological Sciences**, v. 17, p. 323–33, 2013.

RASIKA, D. M. D.; VIDANARACHCHI, J. K.; LUIZ, S. F.; AZEREDO, D. R. P.; CRUZ, A. G.; Ranadheera, C. S. Probiotic delivery through non-dairy plant-based food matrices. **Agriculture**, v. 11, 599, 2021.

RAVESCHOT, C.; CUDENNEC, B.; COUTTE, F.; FLAHAUT, C.; FREMONT, M.; DRIDER, D.; DHULSTER, P. Production of bioactive peptides by *Lactobacillus* species: from gene to application. **Frontiers in Microbiology**, v. 9, 2354, 2018.

REN, S.; CHEN, A.; TIAN, Y.; BAI, Z.; WANG, C. *Lactobacillus paracasei* from koumiss ameliorates diarrhea in mice via tight junctions modulation. **Nutrition**, v. 98, 111584, 2022.

RETTEDAL1, E. A.; ALTERMANN1, E.; ROY, N. C.; DALZIEL, J. E. The effects of unfermented and fermented cow and sheep milk on the gut microbiota. **Frontiers in Microbiology**, v. 10, n. 458, 2019.

RÍOS-COVIÁN, D.; RUAS-MADIEDO, P.; MARGOLLES A.; GUEIMONDE, M.; REYES-GAVILÁN, C. G.; SALAZAR, N. Intestinal short chain fatty acids and their link with diet and human health. **Frontiers in Microbiology**, v. 7, n. 185, 2016.

RODRIGUES, V. C. C.; DUQUE, A. L. R. F.; FINO, L. C.; SIMABUCO, F. M.; SARTORATTO, A.; CABRAL, L.; NORONHA, M. F.; SIVIERI, K.; ANTUNES, A. E. C. Modulation of the intestinal microbiota and the metabolites produced by the administration of ice cream and a dietary supplement containing the same probiotics. **British Journal of Nutrition**, v. 12, p. 57-68, 2020.

ROY, C. I. L.; KURILSHIKOV, A.; LEEMING, E. R.; VISCONTI, A.; BOWYER, R. C. E.; MENNI, C.; FALCHI, M.; KOUTNIKOVA, H.; VEIGA, P.; ZHERNAKOVA, A.; DERRIEN, M.; SPECTOR, T. D. Yoghurt consumption is associated with changes in the composition of the human gut microbiome and metabolome. **BMC Microbiology**, v. 22, n. 39, 2022.

RUIJSCHOP, R. M. A. J.; BOELRIJK, A. E. M.; TE GIFFEL, M. C. Satiety effects of a dairy beverage fermented with propionic acid bacteria. **International Dairy Journal**, v. 18, n. 9, p. 945–950, 2008.

SALGAÇO, M. K.; PERINA, N. P.; TOMÉ, T. M.; MOSQUERA, E. M. B.; LAZARINI, T.; SARTORATTO, A.; SIVIERI, K. Probiotic infant cereal improves children's gut microbiota: Insights using the Simulator of Human Intestinal Microbial Ecosystem (SHIME®). **Food Research International**, v. 143, 110292, 2021.

SANDERS, M. E.; MERENSTEIN, D. J.; REID, G.; GIBSON, G. R.; RASTALL, R. A. Probiotics and prebiotics in intestinal health and disease: from biology to the clinic. **Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology**, v. 16, p. 605–616, 2019.

SILVA, T. F.; CASAROTTI, S. N.; DE OLIVEIRA, G. L. V.; PENNA, A. L. B. The impact of probiotics, prebiotics, and synbiotics on the biochemical, clinical, and immunological markers, as well as on the gut microbiota of obese hosts. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 60, p. 1 - 19, 2020.

SINGH, A. K.; CABRAL, C.; KUMAR, R.; GANGULY, R.; RANA, H. K.; GUPTA, A.; LAURO, M. R.; CARBONE, C.; REIS, F.; PANDEY, A. K. Beneficial effects of dietary polyphenols on gut microbiota and strategies to improve delivery efficiency. **Nutrients**, v. 11, 2216, 2019

SOLIERI, L.; BIANCHI, A.; MOTTOLESE, G.; LEMMETTI, F.; GIUDICI, P. Tailoring the probiotic potential of non-starter *Lactobacillus* strains from ripened Parmigiano Reggiano cheese by *in vitro* screening and principal component analysis. **Food Microbiology**, v. 38, p. 240-249, 2014.

SONG, Q.; WANG, Y.; HUANG, L.; SHEN, M.; YU, Y.; YU, Q.; CHEN, Y.; XIE, J. Review of the relationships among polysaccharides, gut microbiota, and human health. **Food Research International**, v. 140, p. 1–10, 2021.

SORRENTI, V.; ALI, S.; MANCIN, L., DAVINELLI, S.; PAOLI, A.; SCAPAGNINI, G. Cocoa polyphenols and gut microbiota interplay: Bioavailability, prebiotic effect, and impact on human health. **Nutrients**, v. 12, 1908, 2020.

SPILJAR, M.; MERKLER, D.; TRAJKOVSKI, M. The immune system bridges the gut microbiota with systemic energy homeostasis: Focus on TLRs, mucosal barrier, and SCFAs. **Frontiers in Immunology**, n. 8, 1353, 2017.

TABASHSUM, Z.; PENG, M.; KAHAN, E.; RAHAMAN, S. O.; BISWAS, D. Effect of conjugated linoleic acid overproducing *Lactobacillus* with berry pomace phenolic extracts on *Campylobacter jejuni* pathogenesis. **Food and Functional**, v. 10, n. 1, p. 296–303, 2019.

TAP, J.; DERRIEN, M.; TÖRNBLÖM, H.; BRAZEILLES, R.; COOLS-PORTIER, S.; DORÉ, J.; STORSRUD, S.; NEVÉ, B. L.; OHMAN, L.; SIMRÉN, M. Identification of an intestinal microbiota signature associated with severity of irritable bowel syndrome. **Gastroenterology**, v. 152, p. 111–123, 2017.

TEIXEIRA, J. L. P.; BAPTISTA, D. P.; ORLANDO, E. A.; GIGANTE, M. L.; PALLONE, J. A. L. Effect of processing on the bioaccessibility of essential minerals in goat and cow milk and dairy products assessed by different static *in vitro* digestion models. **Food Chemistry**, v. 374, 131739, 2022.

TERPEND, K.; POSSEMIERS, S.; DAGUET, D.; MARZORATI, M. Arabinogalactan and fructo-oligosaccharides have a different fermentation profile in the Simulator of the Human Intestinal Microbial Ecosystem (SHIME®). **Environmental Microbiology Reports**, v. 5, p. 595–603, 2013.

TODOROV, S. D.; PERIN, L. M.; CARNEIRO, B. M.; RAHAL, P.; HOLZAPFEL, W.; NERO, L. A. Safety of *Lactobacillus plantarum* ST8Sh and its bacteriocin. **Probiotics and Antimicrobial Proteins**, v. 9, p. 334–344, 2017.

TREMBLAY, A.; LINGRAND, L.; MAILLARD, M.; FEUZ, B.; TOMPKINS, T. A. The effects of psychobiotics on the microbiota-gut-brain axis in early-life stress and neuropsychiatric disorders. **Progress in Neuropsychopharmacology & Biological Psychiatry**, 105, 110142, 2021.

UNNO, T.; CHOI, J. H.; HUR, H. G.; SADOWSKY, M. J.; AHN, Y. T.; HUH, C. S.; KIM, G. B.; CHA, C. J. Changes in human gut microbiota influenced by probiotic fermented milk ingestion. **Journal of Dairy Science**, v. 98, p. 3568–3576, 2015.

VAN DE WIELE, T.; BOON, N.; POSSEMIERS, S.; JACOBS, H.; VERSTRAETE, W. Prebiotic effects of chicory inulin in the simulator of the human intestinal microbial ecosystem. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 51, n. 1, p. 143–153, 2004.

VAN DUYNHOVEN, J.; VAUGHANA, E. E.; JACOBS, D. M.; KEMPERMAN, R. A.; VELZEN, E. J. J. V.; GROSSA, G.; ROGER, L. C.; POSSEMIERS, S.; SMILDE, A. K.; DORÉ, J.; WESTERHUIS, J. A.; WIELED, T. V. Metabolic fate of polyphenols in the human superorganism. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108, n. 1, p. 4531–4538, 2011.

VEIGA, P.; PONS, N.; AGRAWAL, A.; OOZEER, R.; GUYONNET, D.; BRAZEILLES, R.; FAURIE, J. M.; Vlieg, J. E. V. H.; HOUGHTON, L. A.; WHORWELL, P. J.; EHRLICH, S. D.; KENNEDY, S. P. Changes of the human gut microbiome induced by a fermented milk product. **Scientific Reports**, v. 4, 6328, 2014.

VEMURI, R.; SHINDE, T.; GUNDAMARAJU, R.; GONDALIA, S. V.; KARPE, A. V.; BEALE, D. J.; MARTONI, C. J.; ERI, R. *Lactobacillus acidophilus* DDS-1 modulates the gut microbiota and improves metabolic profiles in aging mice. **Nutrients**, v. 10, n. 9, p. 1–19, 2018.

WANG, Y.; LIU, Y.; POLIC, I. I.; MATHEYAMBATH, A. C.; LEPOINTE, G. Modulation of human gut microbiota composition and metabolites by arabinogalactan and *Bifidobacterium longum* subsp. *longum* BB536 in the Simulator of the Human Intestinal Microbial Ecosystem (SHIME®). **Journal of Functional Foods**, v. 87, 104820, 2021.

WINDEY, K.; DE PRETER, V.; VERBEKE, K. Relevance of protein fermentation to gut health. **Molecular Nutrition and Food Research**, v. 56, p. 184–196, 2011.

YAO, Y.; YAN, L.; CHEN, H.; WU, N.; WANG, W.; WANG, D. *Cyclocarya paliurus* polysaccharides alleviate type 2 diabetic symptoms by modulating gut microbiota and short-chain fatty acids. **Phytomedicine**, v. 77, 153268, p. 1–14, 2020.

ZAWISTOWSKA-ROJEK, A.; KOSMIDER, A.; STEPIÉN, K.; TYSKI, S. P. Adhesion and aggregation properties of *Lactobacillaceae* strains as protection ways against enteropathogenic bacteria. **Archives of Microbiology**, v. 204, n. 285, p. 1-13, 2022.

ZHANG, M.; QIU, X.; ZHANG, H.; YANG, X.; HONG, N.; YANG, Y.; CHEN, H.; YU, C. *Faecalibacterium prausnitzii* inhibits interleukin-17 to ameliorate colorectal colitis in rats. **Plos One**, v. 9, e109146, 2014.

ZHANG, S.; XU, M.; SUN, X.; LIU, X.; CHOUÉIRY, F.; XU, R.; SHI, H.; ZHU, J. Black raspberry extract shifted gut microbe diversity and their metabolic landscape in a human colonic model. **Journal of Chromatography B**, v. 1188, 123027, 2022.

ZHAO, W.; LIU, Y.; KWOK, L. Y.; CAI, T.; ZHANG, W. The immune regulatory role of *Lactobacillus acidophilus*: An updated meta-analysis of randomized controlled trials. **Food Bioscience**, v. 36, 100656, p. 1–6, 2020.

ZHOU, Q.; WU, F.; CHEN, S.; CEN, P.; YANG, Q.; GUAN, J.; CEN, L.; ZHANG, T.; ZHU, H.; CHEN, Z. *Lactobacillus reuteri* improves function of the intestinal barrier in rats with acute liver failure through Nrf-2/HO-1 pathway. **Nutrition**, v. 100, 111673, 2022.

## CAPÍTULO V - CONCLUSÕES FINAIS

A polpa de maracujá e principalmente a polpa de buriti são fontes de nutrientes essenciais para a saúde. São ricos em compostos bioativos que podem proporcionar benefícios aos consumidores. As polpas de buriti e de maracujá podem ser associadas às LAB probióticas para a produção de alimentos funcionais.

As duas polpas de frutas influenciaram os parâmetros cinéticos, enquanto a viabilidade das culturas probióticas em leite fermentado foi influenciada apenas pelo tipo de cultura utilizada. A adição de polpa de fruta enriqueceu o produto final em termos de compostos bioativos e atividade antioxidante. Portanto, as polpas de buriti e maracujá podem ser consideradas ótimas alternativas para produzir leite fermentado probiótico inovador com características funcionais.

Os tratamentos de leite fermentado probiótico, com ou sem adição de polpa de frutas, influenciaram benéficamente a saúde intestinal; eles promoveram aumento da produção de ácidos graxos de cadeia curta, especialmente ácidos acético e butírico e reduziram a produção de amônia, e alteraram a proporção entre os filos Firmicutes e Bacteroidetes, aumentaram bactérias do filo Actinobacteria e reduziram do filo Proteobacteria (principalmente da família Enterobacteriaceae). A adição de polpas de frutas ao leite fermentados aumentaram os efeitos benéficos observados na microbiota intestinal, que pode estar relacionado com a presença de compostos bioativos.

No entanto, estudos adicionais para melhor elucidar os mecanismos de ação e conversão de compostos bioativos pelas bactérias ácido lácticas probióticas e pelas bactérias da microbiota intestinal ainda precisam ser realizados.