



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ALIMENTOS E NUTRIÇÃO - PPGAN

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Raíssa de Oliveira Balthar

**ESTUDO DO POTENCIAL BIOATIVO E TECNOLÓGICO DE
BEBIDAS DE BASE VEGETAL E DO YACON**

Rio de Janeiro

2022

Raíssa de Oliveira Balthar

Estudo do potencial bioativo e tecnológico de bebidas de base vegetal e do yacon

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro como requisito para obtenção do título de Mestre em Alimentos e Nutrição.

Orientadora: Profa. Dra. Juliana Furtado Dias

Coorientadora: Profa. Dra. Renata Rangel Guimarães.

Rio de Janeiro

2022

d197 de Oliveira Balthar, Raíssa
Estudo do potencial bioativo e tecnológico de
bebidas de base vegetal e do yacon / Raíssa de
Oliveira Balthar. -- Rio de Janeiro, 2022.
114

Orientadora: Juliana Furtado Dias.
Coorientadora: Renata Rangel Guimarães.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do
Estado do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação
em Alimentos e Nutrição, 2022.

1. Bebidas fermentadas não lácteas. 2.
Probióticos. 3. Prebióticos. 4. Compostos bioativos.
5. Potencial biológico. I. Furtado Dias, Juliana,
orient. II. Rangel Guimarães, Renata , coorient.
III. Título.

Raíssa de Oliveira Balthar

Estudo do potencial bioativo e tecnológico de bebidas de base vegetal e do yacon

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Alimentos e Nutrição, da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro como requisito para obtenção do título de Mestre em Alimentos e Nutrição.

Aprovado em: 31/08/2022

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Juliana Furtado Dias
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro - UNIRIO

Profa. Dra. Maria Gabriela Bello Koblitz
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro - UNIRIO

Profa. Dra. Juliana Tomaz Pacheco Latini
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ *campus* Macaé



Ata_Defesa_Dissertação_Nº78_Raíssa de Oliveira Balthar

Data e Hora de Criação: 16/09/2022 às 09:31:45

Documentos que originaram esse envelope:

- Ata da defesa dissertação_nº. 78_ Raíssa Balthar (1).docx (Documento Microsoft Word) - 1 página(s)



Hashs únicas referente à esse envelope de documentos

[SHA256]: b7ad7f9a007b831c3ed1ceca47ebb335083138aa19a05e8199cda98e14e6b191

[SHA512]: d61c3454ee31d44b34543023a98495723de9def957bda163be5220097423626231e3a3b2407fe54c8ceb5dfb3b58e649cd0a4b75a0adb157d713238fc70966

Lista de assinaturas solicitadas e associadas à esse envelope



ASSINADO - Juliana Furtado Dias (juliana.dias@unirio.br)

Data/Hora: 16/09/2022 - 09:37:57, IP: 177.12.48.46, Geolocalização: [-22.897542, -43.099477]

[SHA256]: 8c2869e3a39ee89a7be00fa94c93e1fee58e437cd2f7335d6e2f353a7ba1b04b

Juliana Furtado Dias



ASSINADO - Juliana Tomaz Pacheco Latini (julianatomaz@yahoo.com.br)

Data/Hora: 28/09/2022 - 15:47:56, IP: 177.131.189.113

[SHA256]: 5a104600d7e3edef67d6e1488653a2025a99457ce971489d875fcd00e16494b6



ASSINADO - Maria Gabriela Bello Koblitz (maria.koblitz@unirio.br)

Data/Hora: 27/09/2022 - 15:55:27, IP: 201.17.86.99

[SHA256]: c7fb80db3f316275f77cd706a6d1f36d660d11a53f9e400e20845a490b721ef0

Maria Gabriela Bello Koblitz

Histórico de eventos registrados neste envelope

28/09/2022 15:47:56 - Envelope finalizado por julianatomaz@yahoo.com.br, IP 177.131.189.113

28/09/2022 15:47:56 - Assinatura realizada por julianatomaz@yahoo.com.br, IP 177.131.189.113

28/09/2022 15:47:29 - Envelope visualizado por julianatomaz@yahoo.com.br, IP 177.131.189.113

27/09/2022 15:55:27 - Assinatura realizada por maria.koblitz@unirio.br, IP 201.17.86.99

27/09/2022 15:55:16 - Envelope visualizado por maria.koblitz@unirio.br, IP 201.17.86.99

16/09/2022 09:37:57 - Assinatura realizada por juliana.dias@unirio.br, IP 177.12.48.46

16/09/2022 09:36:37 - Envelope registrado na Blockchain por ppgan.secretaria@unirio.br, IP 177.192.76.238

16/09/2022 09:36:36 - Envelope encaminhado para assinaturas por ppgan.secretaria@unirio.br, IP 177.192.76.238

16/09/2022 09:31:49 - Envelope criado por ppgan.secretaria@unirio.br, IP 177.192.76.238



Dedico este trabalho a minha mãe, que sempre lutou por meus sonhos e a todos os pesquisadores que desenvolveram seus trabalhos apesar de toda a dificuldade acarretada pela pandemia.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida e saúde de todos aqueles que amo e, por me ajudar a ultrapassar os obstáculos enfrentados durante esses dois anos que ainda estamos aprendendo a lidar com a pandemia provocada pelo coronavírus e por permitir que eu tivesse saúde e determinação para não desanimar durante a realização deste trabalho.

À CAPES pela bolsa de mestrado concedida.

À UNIRIO e principalmente ao Programa de Pós-graduação em Alimentos e Nutrição (PPGAN) por me acolherem como aluna, ainda mais no atual cenário do nosso país, onde a pesquisa passa por dificuldades e desvalorização.

Às minhas orientadoras Juliana Furtado Dias e Renata Rangel Guimarães, por suas correções tão detalhadas; aprendi a ser mais crítica e a avaliar mais os trabalhos que tinham que ser entregues.

À minha mãe Maria Helena, mãe solo, que nunca me deixou faltar nada, que sempre lutou sozinha para me dar uma boa educação e, principalmente, sempre apoiou todas as minhas escolhas. Essa dissertação também é sua!!

Ao meu noivo Eduardo, que antes mesmo de eu cogitar a hipótese de tentar mestrado, já falava que eu seria uma professora universitária; ele foi meu maior incentivador para que fizesse o processo seletivo do Mestrado e durante o curso, aturou todo o meu mau humor nos períodos mais difíceis.

Às amigas que o PPGAN me deu: Anna Paula Maciel e Elisa Barros. Meninas, obrigada por dividirem todos os momentos comigo durante esses dois anos e, principalmente, pelo apoio nos momentos mais difíceis. Desejo muito sucesso para nós e que a amizade permaneça após mestrado/ doutorado.

À Profa. Roberta Melquíades, pelo grato reencontro e por ajudar na fase final, disponibilizando seu tempo para ajudar uma ex-aluna e amiga desesperada e, principalmente por acreditar em mim e incentivar nas horas em que eu estava “desesperada”. Muito obrigada!

Aos professores do PPGAN por todo conhecimento adquirido em cada aula e/ou seminário, que mesmo de forma remota, foram muito enriquecedoras para a minha formação.

Até a próxima!

“A verdadeira medida de um homem não se vê na forma como se comporta em momentos de conforto e conveniência, mas em como se mantém em tempos de controvérsia e desafio.”

(Martin Luther King)

RESUMO

O desenvolvimento e consumo de alimentos funcionais, em especial fonte de prebióticos e probióticos, tem crescido exponencialmente, tendo em vista a melhora dos hábitos da população e, conseqüentemente, o aumento da demanda por novos produtos com alegação de propriedade funcional. As indústrias brasileiras têm demonstrado grande interesse em diversificar o mercado e investir em produtos que agreguem essas características, principalmente a introdução de novas bebidas probióticas de origem vegetal, que podem servir como uma alternativa aos produtos lácteos probióticos já existentes e ainda oportunizam o seu consumo por indivíduos com restrição alimentar aos produtos lácteos. Dessa forma, o trabalho teve como objetivo avaliar o potencial bioativo e tecnológico de bebida fermentada não láctea à base de espécies vegetais com características prebióticas e probióticas e do potencial biológico do yacon (*Smallanthus sonchifolius*) no contexto do Diabetes Mellitus. O presente estudo foi dividido em três capítulos:

1) **Bebidas fermentadas não lácteas à base de frutas e hortaliças probiotizadas com bactérias lácticas: avanços e perspectiva** - onde foi possível verificar que a fermentação láctica foi capaz de induzir alterações na composição físico-química das bebidas avaliadas, enquanto a fermentação em fase líquida levou à rápida bioconversão, juntamente com a liberação imediata de metabólitos. As bebidas à base de vegetais fermentadas por BAL probióticas como por exemplo, as do gênero *Lacticaseibacillus* spp. foram consideradas adequadas para a fermentação láctica, pois demonstraram características sensoriais positivas, além de garantir viabilidade e estabilidade das cepas.

2) **Capacidade antioxidante e viabilidade celular de uma bebida à base de uva fermentada com *Lacticaseibacillus rhamnosus* e enriquecida com farinha de casca de uva orgânica** - o uso de suco e subproduto de uva orgânica permitiu o desenvolvimento de uma bebida probiótica com alta capacidade antioxidante. Foi possível verificar que a produção de ácido láctico durante o processo fermentativo, manteve o consumo de açúcar e aumento da acidez em condições extremas durante o armazenamento da bebida por 45 dias sob refrigeração à 4 °C. A presença do probiótico e a fermentação na bebida produzida, fonte de compostos fenólicos, contribuíram com o aumento da capacidade antioxidante provavelmente devido a biotransformações dos compostos fenólicos.

3) **Efeitos da ingestão do yacon (*Smallanthus sonchifolius*) na resposta metabólica de indivíduos portadores de Diabetes Mellitus: uma revisão da literatura** - as evidências

mostraram os benefícios da utilização do yacon sob o perfil glicêmico *in vivo* (modelos humanos e animais), além de contribuições significativas na redução do estresse oxidativo, potencial anti-inflamatório e importante atuação na interface do controle lipídico.

Palavras-chave: compostos bioativos; prebiótico; probiótico; vegetais; bebidas fermentadas não lácteas; potencial biológico; *Smallanthus sonchifolius*.

ABSTRACT

The development and consumption of functional foods, especially a source of prebiotics and probiotics, has grown exponentially, with a view to improving the habits of the population and, consequently, increasing the demand for new products with functional property claims. Brazilian industries have shown great interest in diversifying the market and investing in products that add these characteristics, especially the introduction of new probiotic drinks of plant origin, which can serve as an alternative to existing probiotic dairy products and still provide opportunities for their consumption by individuals with dietary restrictions on dairy products. Thus, the study aimed to evaluate the bioactive and technological potential of a non-dairy fermented beverage based on plant species with prebiotic and probiotic characteristics and the biological potential of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) in the context of Diabetes Mellitus. This study was divided into three chapters:

1) Non-dairy fruit and vegetable-based beverages fermented by probiotic lactic acid bacteria: advances and perspectives - where it was possible to verify the obtaining of the chemical composition, with the possibility of obtaining the phase of obtaining in the version, while the fermentation in fast composition was possible with the obtainment of an immediate preparation of metabolites. Vegetable-based beverages fermented by probiotic LAB, for example, from the genus *Lactocaseibacillus* spp. were confirmed, lactic for confirmation, as they were confirmed.

2) Antioxidant capacity and cell viability of a grape-based beverage fermented with *Lactocaseibacillus rhamnosus* and enriched with organic grape skin flour - the use of organic grape juice and by-products allowed the development of a probiotic drink with a high antioxidant capacity. It was possible to verify that the production of lactic acid during the fermentation process, maintained the consumption of sugar and increased acidity in extreme conditions during the storage of the beverage for 45 days under refrigeration at 4 °C. The presence of the probiotic and the fermentation in the beverage produced, a source of phenolic compounds, contributed to the increase in the antioxidant capacity, probably due to biotransformations of the phenolic compounds.

3) Effects of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) ingestion on the metabolic response of individuals with Diabetes Mellitus: a literature review - evidence has shown the benefits of using yacon on the glycemic profile in vivo (human and animal models), in addition to

significant contributions in reducing oxidative stress, anti-inflammatory potential and an important role in the interface of lipid control.

Keywords: bioactive compounds; prebiotic; probiotic; vegetable; non-dairy fermented beverages; biological potential; *Smallanthus sonchifolius*.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Capítulo 1

Figura 1: Fluxograma da seleção dos artigos integrantes da revisão. 27

Capítulo 2

Figura 1: Viabilidade celular de L. rhamnosus em bebida à base de uva e enriquecida com farinha de casca de uva orgânica durante o armazenamento 4°C por 45 dias 62

Figura 1. Valor de pH na bebida à base de uva e na bebida à base de uva enriquecida com farinha de casca de uva orgânica durante o armazenamento a 4°C por 45 dias 64

Figura 3: Atividade antioxidante da bebida de uva probiótica enriquecida, pelo método de eliminação ou inibição da atividade do radical livre DPPH...... 68

Figura 4: Atividade antioxidante da bebida de uva probiótica enriquecida, pelo método de FRAP 68

Figura 5: Atividade antioxidante da bebida de uva probiótica enriquecida, pelo método de ORAC 71

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1: Bebidas fermentadas não lácteas à base de frutas probiotizadas com Bactérias do Ácido Láctico (BAL)..... 29

Tabela 2: Bebidas fermentadas não lácteas à base de hortaliças probiotizadas com Bactérias do Ácido Láctico (BAL)..... 32

Tabela 3: Bebidas fermentadas não lácteas à base de hortaliças probiotizadas com Bactérias do Ácido Láctico (BAL)..... 32

Capítulo 3

Tabela I: Descrição das evidências selecionadas com seres humanos 88

Tabela II: Descrição das evidências selecionadas com modelos animais 93

LISTA DE SIGLAS

AF – Alimentos Funcionais

AGCC – Ácidos Graxos de Cadeia Curta

AGL/FFA – Ácidos Graxos Livres/

ANOVA – Análise de Variância

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

AOAC - *Association of Official Analytical Chemists*

APO-B 100 – Apolipoproteína-B 100

AT – Acidez Titulável

ATCC - *American Type Culture Collection*

BAL – Bactérias do Ácido Lático

°C – Grau Celsius

CaCO₃ – Carbonato de Cálcio

CC – Circunferência da Cintura

COVID-19 – Coronavírus-19

CT – Colesterol Total

DCNT – Doenças Crônicas não-Transmissíveis

DM – Diabetes Mellitus

DPPH- 2,2-difenil-1-picril-hidrazil

DWB – *Delignified Wheat Bran*/ Farelo de trigo deslignificado

EHFY – Extrato hidroetanólico de folhas de yacon

EMP – *EmbdenMeyerhof – Parnas*

FAO/WHO - *Food and Agriculture Organization/ World Health Organization*

FOS – Frutooligossacarídeos

FOSHU – *Foods for Specified Health Use*

FRAP – Capacidade antioxidante total pelo método de redução do ferro

GAE - *Gallic Acid Equivalent*

GLP-1 – Peptídeo semelhante ao glucagon-1

GLUT-2 - *Glucose transporter 2*

GP – Grau de Polimerização

HDL-c - *High-density lipoprotein*
HOMA-IR - *Homeostatic Model Assessment for Insulin Resistance*
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC – Insuficiência Coronariana
IMC – Índice de Massa Corporal
LDL-c – *Low density lipoprotein*
LOG - Logarítimo
LPS - Lipopolissacarídeo
MRS – *Man Rogosa & Sharpe*
OIV - *International Organization of Vine and Wine*
ORAC – *Oxygen Radical Absorbance Capacity*
PA – Pressão Arterial
pH – Potencial Hidrogeniônico
PPO – Polifenolxidase
RCQ – Razão cintura quadril
RI – Revisão Integrativa
RL - Radicais Livres
SBD – Sociedade Brasileira de Diabetes
TCC – Trabalho de Conclusão de Curso
TEAC - Capacidade antioxidante equivalente ao Trolox
TG - Triglicerídeos
TGI – Trato Gastrointestinal
TN – Terapia Nutricional
TNF- α – Fator de necrose tumoral alfa
VLDL-c – *Very low-density lipoprotein*
UFC – Unidades Formadora de Colônias
WGO - *World Gastroenterology Organization Practice Guideline*
YRAE – Extrato aquoso da raiz de yacon

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	15
2 OBJETIVOS	20
2.1 Objetivo geral	20
2.2 Objetivos específicos	20
3 DESENHO DO ESTUDO	21
CAPÍTULO 1	22
Bebidas fermentadas não lácteas à base de frutas e hortaliças probiotizadas com bactérias lácticas: avanços e perspectiva	23
Resumo	23
1 Introdução	24
2 Metodologia	25
3 Resultados	27
4 Discussão	33
5 Conclusão	49
Agradecimentos	44
REFERÊNCIAS	45
CAPÍTULO 2	53
Capacidade antioxidante e viabilidade celular de uma bebida à base de uva fermentada com <i>Lacticaseibacillus rhamnosus</i> e enriquecida com farinha de casca de uva orgânica 54	
Resumo	54
Abstract	55
Resumén	55
1 Introdução	56
2 Material e métodos	58

2.1 Matéria prima	58
2.2 Métodos	58
2.2.1 <i>Desenvolvimento da bebida probiótica</i>	58
2.2.1.1 <i>Preparo do inóculo</i>	58
2.2.1.2 <i>Elaboração da bebida probiótica</i>	58
2.2.1.3 <i>Inoculação da cepa probiótica na bebida e fermentação</i>	59
2.2.2 <i>Avaliação da bebida probiótica</i>	59
2.2.2.1 <i>Contagem de células viáveis da cepa probiótica</i>	59
2.2.2.2 <i>Determinação do pH</i>	59
2.2.2.3 <i>Determinação da capacidade antioxidante utilizando 2,2 difenil-1-picril- hidrazil (DPPH)</i>	59
2.2.2.4 <i>Determinação da capacidade antioxidante total pelo método de redução do ferro (FRAP)</i>	60
2.2.2.5 <i>Determinação da capacidade antioxidante pelo método Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC)</i>	60
2.2.3 <i>Análise estatística</i>	61
3 Resultados e discussão	61
3.1 Viabilidade celular de <i>L. rhamnosus</i>	61
3.2 pH da bebida probiótica desenvolvida	63
3.3 Capacidade antioxidante da bebida à base de uva e da bebida fermentada à base de uva enriquecida com farinha de casca de uva orgânica	66
4 Conclusão	71
REFERÊNCIAS	73
CAPÍTULO 3	79
Efeitos da ingestão do yacon (<i>Smallanthus sonchifolius</i>) na resposta metabólica de indivíduos portadores de Diabetes Mellitus: uma revisão da literatura	80
RESUMO	80
ABSTRACT	81
1. Introdução	81

2. Metodologia.....	83
3. Resultados e Discussão.....	83
4. Conclusão	98
REFERÊNCIAS	99
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	103
REFERÊNCIAS GERAIS	104

1 INTRODUÇÃO GERAL

Diante do desejo por uma melhor e maior qualidade de vida, os indivíduos têm aumentado a demanda por alimentos e bebidas que beneficiam a saúde, como os alimentos funcionais (AF) (GREGÓRIO et al., 2020). O termo foi introduzido inicialmente no Japão em meados dos anos 1980, em referência aos alimentos utilizados em uma dieta normal, que apresentavam, além de suas funções nutricionais básicas como alimentar e nutrir o indivíduo, benefícios fisiológicos e redução do risco de ocorrência de doenças crônicas. São denominados FOSHU (*Foods for Specified Health Use*) e definidos como “qualquer alimento que possa ter um impacto positivo na saúde, desempenho físico ou estado mental de um indivíduo, além de seu valor nutritivo” (COSTA; ROSA, 2016; FERREIRA; FALLER, 2020).

Neste contexto, ao longo dos anos, vários estudos reforçaram os benefícios à saúde associados ao consumo desses alimentos, visto que houve, um crescente aumento no consumo de alimentos prebióticos, probióticos e simbióticos (DIAS, 2018). Os benefícios dos AF são provenientes dos efeitos que estes causam no metabolismo e fisiologia do indivíduo que os ingerem. Alguns componentes químicos que dão funcionalidade aos alimentos são: fibras alimentares, carotenóides, flavonóides, ácidos graxos, probióticos, dentre outros (VIDAL et al., 2012). Além desses já citados, pode-se destacar os prebióticos, como os FOS e a Inulina e os compostos fenólicos, que são compostos funcionais alvo deste estudo. Os AF são alimentos naturais que podem ser de origem animal ou vegetal sem nenhum tipo de processamento ou ainda um alimento industrializado que teve algum tipo de processamento antes do seu consumo. (CAÑAS & BRALBANTE, 2019).

Atualmente, os alimentos probióticos são encontrados em sua maior parte em produtos lácteos, tais como queijos, iogurtes, sorvetes, entre outros. Min et al. (2019) relatam que esses tipos de produtos têm sido utilizados há muito tempo como fonte de probióticos. No entanto, há um grande público que cada vez mais vem crescendo e buscando por saúde e por uma melhor qualidade de vida, que são os consumidores intolerantes à lactose ou que necessitam de uma dieta de baixo colesterol, ou indivíduos veganos ou vegetarianos. De acordo com Blana et al. (2014), com essa demanda por produtos probióticos que não sejam de origem animal, as indústrias têm demonstrado crescente interesse em desenvolver novos produtos que sejam probióticos e não lácteos, incluindo matrizes alimentares à base de frutas, legumes e cereais, que têm sido vistas como uma alternativa a esses indivíduos. Champagne, Gardner e Roy (2005)

também enumeraram outros produtos com potencial probiótico, são eles: maionese, carnes, alimentos infantis, produtos de confeitaria, patês, extratos de sementes vegetais, suco de pepino, produtos de peixe e kimchi.

Diante disso, ao longo dos anos, vários estudos reforçaram os benefícios à saúde associados ao consumo desses alimentos, visto que probióticos são microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem benefícios à saúde do hospedeiro (FAO/WHO, 2006), que podem conter bactérias totalmente conhecidas e quantificadas ou, culturas bacterianas não definidas, especialmente as dos gêneros (FLESCHE; POZIOMYCK; DAMIN, 2014).

As bactérias do ácido láctico (BAL) podem ser utilizadas como probióticos e estarem envolvidas na fermentação de vários alimentos para conferir benefícios a saúde dos consumidores. Além disso, podem aumentar a vida útil do alimento, através da diminuição do pH, ou ainda, pela produção de peptídeos antagonistas contra outras bactérias. As BAL também possuem como função modificar as propriedades sensoriais dos produtos, interferindo na intensidade do sabor e aroma dos alimentos fermentados (FREIRE et al., 2021). Dependendo do seu metabolismo e via de fermentação utilizada, as BAL podem ser homofermentativas, quando produzem ácido láctico predominantemente ou heterofermentativas, heterofermentativas, quando, além do ácido láctico, produzem também dióxido de carbono, diacetil e outros compostos flavorizantes ou homolática (PEREIRA, SANTANA & SANTOS, 2020). O gênero *Lactocaseibacillus* pertence ao grupo de bactérias homofermentativas (ARIOLI et al., 2017; ERLIANA et al., 2020), que são responsáveis principalmente pela produção do ácido láctico como produto final e diminuição do pH do meio que ocorrem através da metabolização e consumo do açúcar como fonte de energia (YAN et al., 2019; PENG et al., 2021; ISAS et al., 2020).

A utilização de BAL no processo fermentativo têm sido amplamente utilizadas em alimentos à base de frutas e vegetais (FILANNINO et al., 2018; WANG et al., 2022), visto que esses alimentos possuem um alto teor de carboidratos, fibras alimentares e compostos fenólicos e as bebidas fermentadas e desenvolvidas com essas matrizes favorecem a metabolização por BAL, gerando diversos benefícios à saúde do consumidor (SEPTEMBRE-MALATERRE et al., 2018; FILANNINO et al., 2018). A fermentação da matriz vegetal (frutas e vegetais) pode ocorrer de duas formas: 1) de forma espontânea, ou seja, pela presença natural na matéria-prima de microbiota em condições favoráveis como, por exemplo, em microaerofilia ou 2) em

condições controladas usando culturas “starters”, também chamada de culturas iniciais, que tem como finalidade conferir consistência, confiabilidade, controle e reprodutibilidade no processo, uma vez que fornecem padronização, segurança e qualidade em alimentos e bebidas na qual foram aplicadas (FILANNINO et al., 2018; RUIZ-RODRÍGUEZ et al., 2021; SZUTOWSKA, 2020).

Já os prebióticos, de acordo com Rocca Pereira, Iani Lusne e Aiello Macfadem (2019) são ingredientes nutricionais não digeríveis, seletivamente fermentáveis pela microbiota intestinal, conferindo benefícios à saúde do hospedeiro, isto é, são os substratos tróficos de microrganismos probióticos (MARQUES et al. 2020). Os prebióticos de maior relevância utilizados são os frutanos tipo inulina e, os frutooligossacarídeos (FOS) ou oligofrutose (BARROS et al., 2022). A associação entre probióticos e prebióticos constituem os simbióticos, cuja união promove uma ação com maior efetividade, uma vez que alimentos prebióticos possuem uma relação de sinergia com os probióticos, sendo, deste modo, multiplicador de suas ações. Esta combinação permite a sobrevivência de bactérias probióticas no meio gástrico (SILVA et al., 2022).

Algumas pesquisas têm se voltado para a uva (*Vitis vinifera*) e para raiz tuberosa yacon (*Smallanthus sonchifolius*).

A uva é uma baga disposta em cachos, podendo ser esférica, ovóide ou elipsóide, apresentando peso, tamanho e coloração diferentes, além de apresentar aroma e sabor variando do doce ao adstringente (AIRES; MODESTO; SANTOS, 2021). É um dos tipos de fruta mais produzidas no mundo, podendo ser utilizada tanto na forma in natura, quanto na forma de sucos e derivados (DOBKE et al., 2020). Apresenta várias propriedades benéficas para o consumo, sendo fonte de carboidratos, importantes para o fornecimento de energia para o corpo, contém fibras alimentares, variedade de compostos secundários com propriedades bioativas como os compostos fenólicos vitamina C, vitaminas do complexo B e sais minerais como ferro, cálcio e potássio (AIRES; MODESTO; SANTOS, 2021; FERRI et al., 2017; TEIXEIRA et al., 2018). Atualmente, é possível constatar um aumento na produção de uva e isso está relacionado com o seu elevado consumo e de seus derivados, visto que potenciais benefícios à saúde têm sido associados ao seu consumo, dentre eles a redução do risco de doença cardiovascular e trombose (AMMOLLO et al., 2017), uma vez que é uma fruta que possui potencial antioxidantes, anti-inflamatórias, antienvelhecimento e antidiabéticas (AIRES; MODESTO; SANTOS, 2021; CASTELLO et al., 2018).

O yacon é uma raiz tuberosa que apresenta elevado conteúdo de água, aproximadamente 80-90% (PICCOLOTTO, 2019), sua matéria seca é constituída, em sua maior parte, por frutanas, como FOS e inulina (GENTA et al., 2009; VILHENA et al., 2000), cuja a diferença entre eles está relacionada ao grau de polimerização (GP), onde os FOS são moléculas menores com GP 1-8 e a inulina são moléculas maiores com GP 10-65, porém as mais comuns são inulinas com GP 10-15 (MORRIS; MORRIS, 2012; GLIBOWSKI, 2010) entretanto, sua composição química é muito variável devido a sua rápida capacidade de perder água e decomposição de FOS (SALES et al., 2010). É considerado um alimento prebiótico devido a sua elevada concentração inulina e FOS responsáveis por conferir, estímulo seletivo do crescimento e da atividade na microbiota intestinal, o que pode auxiliar como coadjuvante no tratamento de Diabetes Mellitus (DM) (SACRAMENTO, 2017). Os FOS ainda estão relacionados com a redução da absorção de glicose e com a sensibilidade à insulina, pois possuem a capacidade de aumentar a produção de peptídeo-1 semelhante ao glucagon (GLP-1), um hormônio que aumenta à medida que a glicose é absorvida e diminui a produção de glucagon. O GLP-1 promove a produção de insulina. Além disto, como não são digeridos, reduzem a eficiência de hidrólise de enzimas e torna mais lenta a velocidade na qual a glicose entra na corrente sanguínea, o que evita uma elevação brusca da curva glicêmica, tendo assim, a capacidade de prolongar o período de saciedade. Outra influência no metabolismo em geral está relacionada com os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), que são produzidos durante a fermentação, e aumenta a tolerância à glicose na região posterior (ALMEIDA, 2011; ROCHA; OLIVEIRA; AMORIM, 2013; SALES, 2010).

O yacon pode ser consumida *in natura*, na forma de farinha ou ainda ser utilizado como ingrediente na elaboração e no enriquecimento de diferentes preparações ou bebidas. Vasconcelos et al. (2010) constataram que a ingestão de 15,44 g/dia de farinha ou 267,8 g/dia da polpa da raiz de Yacon seriam suficientes para fornecer a quantidade de FOS necessária para alegação funcional na DM. No entanto, diversos fatores podem influenciar na quantidade de FOS e conseqüentemente no seu mecanismo funcional de redução glicêmico, como: cultivar, época de cultivo e colheita, tempo e temperatura pós-colheita (KANASHIRO; FERRARO; POLTRONIERI, 2008; VASCONCELOS et al., 2010).

Diante deste contexto, a introdução de uma nova bebida probiótica de origem vegetal no mercado pode ter um impacto positivo na diversificação de produtos funcionais para os consumidores, uma vez que podem servir como uma alternativa aos produtos lácteos probióticos existentes no mercado nacional e ainda oportunizam o seu consumo por indivíduos

com restrição alimentar. Além disso, o uso de matrizes alimentícias vegetais na tecnologia de fabricação destas bebidas, faz com que haja uma possível associação positiva entre os efeitos benéficos da cultura probiótica e dos compostos bioativos provenientes da espécie vegetal como a uva que possuem compostos antioxidantes (DIAS, 2014), e o yacon, rico em FOS do tipo inulina, com potenciais efeitos hipoglicemiante, hipocolesterolêmico, hipotensivo e hipotrigliceridêmico, atividade antiinflamatória, anticâncer e antioxidação relacionada aos seus compostos fenólicos (YAN et al., 2019).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Estudar o potencial bioativo e tecnológico de bebidas fermentadas não lácteas prebióticas e probióticas à base de vegetais e do potencial biológico do yacon.

2.2 Objetivos específicos

- Levantar informações sobre a viabilidade de culturas probióticas, bem como a presença de outros compostos bioativos, antes e após o processamento e armazenamento de bebidas fermentadas não lácteas à base de frutas e hortaliças;
- Desenvolver uma bebida à base de uva fermentada com *Lactocaseibacillus rhamnosus* e enriquecida com farinha de casca de uva orgânica;
- Avaliar a viabilidade celular da cepa probiótica e a capacidade antioxidante da bebida à base de uva fermentada desenvolvida;
- Buscar dados relativos aos efeitos da ingestão do yacon na resposta metabólica de indivíduos portadores de Diabetes Mellitus.

3 DESENHO DO ESTUDO

O cenário pandêmico da Covid-19 impossibilitou dar início ao estudo previamente proposto como desenvolvimento e caracterização físico-química, microbiológica e sensorial de bebida fermentada à base de suco de uva integral orgânico e yacon. Neste sentido, foi necessário redefinir o estudo, o qual foi dividido em três capítulos: 1) Non-dairy fruit and vegetable-based beverages fermented by probiotic lactic acid bacteria: advances and perspectives – artigo de revisão integrativa da literatura submetido ao Journal of Functional Foods; 2) Capacidade antioxidante e viabilidade celular de uma bebida à base de uva fermentada com *Lactobacillus rhamnosus* e enriquecida com farinha de casca de uva orgânica; 3) Efeitos da ingestão do yacon (*Smallanthus sonchifolius*) na resposta metabólica de indivíduos portadores de diabetes mellitus: uma revisão da literatura – aceito para a publicação na Revista Perspectiva por ter sido premiado em 1º lugar, na categoria Ciência dos Alimentos, no I Simpósio Online Sulamericano de Tecnologia, Engenharia e Ciência de Alimentos.

CAPÍTULO 1

Bebidas fermentadas não lácteas à base de frutas e hortaliças probiotizadas com bactérias lácticas: avanços e perspectiva

Raíssa de Oliveira Balthar^a, Elisa Barros dos Santos^a, Renata Rangel Guimarães^b, and Juliana Furtado Dias^a.

^a Food and Nutrition Graduate Program (PPGAN), Federal University of the State of Rio de Janeiro (UNIRIO), Rio de Janeiro, Brazil.

^b Nutrition Institute, State University of Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, Brazil.

*Author to whom correspondence should be addressed: e-mail: and Juliana.dias@unirio.br.

Esse artigo foi submetido em inglês para: Journal of Functional Foods.

Resumo

A crescente demanda por produtos funcionais que não sejam de origem animal levou a indústria alimentícia a desenvolver bebidas fermentadas não lácteas à base de frutas e vegetais utilizando probióticos, como as bactérias lácticas (BAL). Este estudo teve como objetivo explorar o potencial de diferentes bebidas fermentadas não lácteas elaboradas a partir de diferentes matrizes (frutas e hortaliças) utilizando BAL no processo de fermentação. Também examinou a viabilidade de cepas probióticas antes e após o processamento e armazenamento de bebidas fermentadas. A fermentação láctica foi capaz de induzir alterações na composição físico-química do produto, enquanto a fermentação em fase líquida levou à rápida bioconversão, juntamente com a liberação imediata de metabólitos. As cepas de BAL selecionadas para fermentação possuem propriedades funcionais e apresentam potencial de benefício à saúde. As bebidas à base de plantas fermentadas por BAL foram consideradas adequadas para a fermentação láctica, pois demonstraram características sensoriais positivas, além de garantir viabilidade e estabilidade das cepas.

Palavras-chaves: probiótico; bactéria do ácido láctico; bebidas vegetais; alimentos funcionais; bioconversão.

Abstract

The growing demand for functional products that are not of animal origin has led the food industry to develop non-dairy fermented beverages based on fruits and vegetables using

probiotics such as lactic acid bacteria (LAB). This study aimed to explore the potential of different non-dairy fermented beverages made from different matrices (fruits and vegetables) using LAB in the fermentation process, also examined the viability of probiotic strains before and after the processing and storage of fermented beverages. The lactic acid fermentation was able to induce changes in the physicochemical composition of the product, while the liquid phase fermentation led to rapid bioconversion, together with the immediate release of metabolites. The LAB strains selected for fermentation have functional properties and presents a health benefit potential. Plant-based drinks fermented by LAB were considered suitable for lactic acid fermentation, as they demonstrated positive sensory characteristics in addition to ensuring strains viability and stability.

Keywords: probiotic; lactic acid bacteria; Fruit and vegetable-based fermented beverages; functional foods; bioconversion.

1.Introdução

Devido aos efeitos benéficos apresentados à saúde, principalmente relacionados ao trato gastrointestinal (TGI) (Arnold et al., 2019), prevenção e tratamento de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), como o Diabetes Mellitus (DM) (Mafi et al., 2018; Kijmanawat et al., 2019) e a obesidade (Stenman et al., 2016; Hibberd et al., 2019; Pedret et al., 2019), os probióticos tem sido utilizado na fermentação de diferentes tipos de alimentos. As bactérias do ácido láctico (BAL) são os gêneros mais comuns, que têm sido empregadas como probióticos, (Daba, Elnahas & Elkhateeb, 2021) são definidos como todo microrganismo vivo não-patogênico e quando administrados em quantidades adequadas, conferem benefício à saúde ou fisiologia do hospedeiro (Brasil, 2018; Terhaag, Bertusso e Prudêncio, 2020; Valero-Casaes et al., 2020).

O processo de fermentação envolve a utilização de um substrato e a aplicação de microrganismos e enzimas (Mathur, Beresford & Cotter, 2020), utilizadas na conversão de açúcares fermentescíveis do substrato alimentar em ácido láctico (Lamba, Goomer & Saxena, 2019). O ácido láctico pode ser empregado como um método de preservação de alimentos. Os microorganismos são utilizados com o propósito de aumentar os componentes bioativos presentes nos vegetais e, conseqüentemente, sua digestibilidade, biodisponibilidade de nutrientes e bioatividade (Sharifudin et al., 2021). É também através da fermentação que os

metabólitos secundários são gerados. Em geral, pertencem a uma das três principais classes de moléculas: terpenos, compostos fenólicos e nitrogenados (Borges & Amorim, 2020). Obtém-se tais metabólitos através de fermentação submersa, baseada no cultivo de microrganismos em meio líquido, ou por fermentação em estado sólido com crescimento microbiano e formação de partículas de produto em base sólida na ausência de água (Ruiz Rodríguez et al., 2021).

Entretanto, vale ressaltar que é mais difícil de manter a viabilidade dos microrganismos probióticos em matrizes não lácteas do que em matrizes lácteas. Logo, deve-se tomar medidas preventivas a fim de que os parâmetros físico-químicos permaneçam controlados, garantindo desta forma não só a viabilidade probiótica, mas também as propriedades organolépticas adequadas (principalmente aroma e sabor), visto que são os atributos que podem ser alteradas durante o processo fermentativo (Valero-Casaes et al. 2020).

Por esta razão, durante anos os probióticos eram associados somente a produtos lácteos, como iogurte ou outros produtos fermentados a base de leite. Entretanto com o crescente aumento no público vegano/vegetariano e até mesmo intolerantes à lactose ou com alergia a proteína do leite (Pimentel et al. 2021), o mercado dos probióticos tornou-se atrativo para as indústrias de alimentos (Terhaag, Bertusso e Prudêncio, 2020) que buscam desenvolver novos produtos não lácteos, benéficos a saúde, como as bebidas fermentadas à base de frutas e vegetais utilizando cepas probióticas (Bancalari et al., 2020; Chekdid et al., 2021; Pimentel et al., 2021; Vivek et al., 2019). A produção de bebidas fermentadas com essas matrizes alimentares possibilita a redução do desperdício dos resíduos da matéria-prima desses alimentos na horticultura, bem como a redução na perda de substâncias como polifenóis, vitaminas e minerais, que estão presentes nas peles e cascas desses alimentos (Ruiz Rodriguez et al., 2021), estimulando o crescimento de bactérias probióticas e, aumentando sua viabilidade (Lillo-Pérez et al., 2021).

Nesse sentido, esta revisão tem como objetivo explorar o potencial de bebidas fermentadas não lácteas a base de frutas e vegetais, que podem atuar como substrato para crescimento de cepas probióticas de BAL. Esta revisão também investigará a viabilidade de probióticos, bem como a presença de compostos bioativos antes e após o processamento e armazenamento da bebida fermentada.

2. Metodologia

Neste estudo foi utilizada a abordagem de revisão integrativa (RI) da literatura, desenvolvida a partir das seguintes etapas: Identificação do tema e seleção da questão da

pesquisa; Estabelecimento dos critérios de inclusão e exclusão; Identificação dos estudos pré-selecionados e selecionados; Categorização dos estudos selecionados; Análise e interpretação dos resultados e Apresentação da revisão/síntese do conhecimento, de acordo com o Manual de Revisão Bibliográfica Sistemática Integrativa (Ânima Educação, 2014).

Para o desenvolvimento deste trabalho foram elaboradas as seguintes questões norteadoras: “Quais cepas de bactérias estão sendo empregadas na produção de bebidas fermentadas probióticas não lácteas à base de frutas e/ou hortaliças?”, “As culturas probióticas de BAL se mantêm viáveis e estáveis durante a estocagem de bebidas fermentadas de frutas e/ou hortaliças por tempo com valor comercial?” e “Existe agregação do valor funcional quanto à bioacessibilidade de compostos fenólicos de frutas e hortaliças em bebidas fermentadas probióticas não lácteas produzidas a partir destas matrizes vegetais?”.

A busca na literatura ocorreu nos meses de abril a junho de 2022 e foi realizada nas seguintes bases de dados: Science Direct, Web of Science e PubMed (central:PMC). Para a seleção dos artigos foram considerados os seguintes descritores combinados com operadores booleanos: (probiotic*) AND (bacterium) AND (probiotic fermented beverages OR fermented fruits OR fermented vegetables OR fruit-based fermented food OR vegetable-based fermented food OR non-dairy fermented food OR non-dairy food).

Como critérios de inclusão delimitaram-se apenas artigos publicados nos anos de 2017 a 2022, totalmente disponíveis nas bases de dados online, nos idiomas inglês, português e espanhol, que respondessem às questões norteadoras supracitadas. Foram excluídos resumos simples e expandidos; capítulos de livros; artigos de revisão, teses, dissertações e trabalhos de conclusão de curso; artigos científicos sem disponibilidade do texto on-line na íntegra; estudos *in vitro* e *in vivo*, estudos que formularam bebidas com matrizes cereais; bebidas alcóolicas; bebidas fermentadas com leveduras ou bebidas com fermentação mista utilizando bactérias e leveduras.

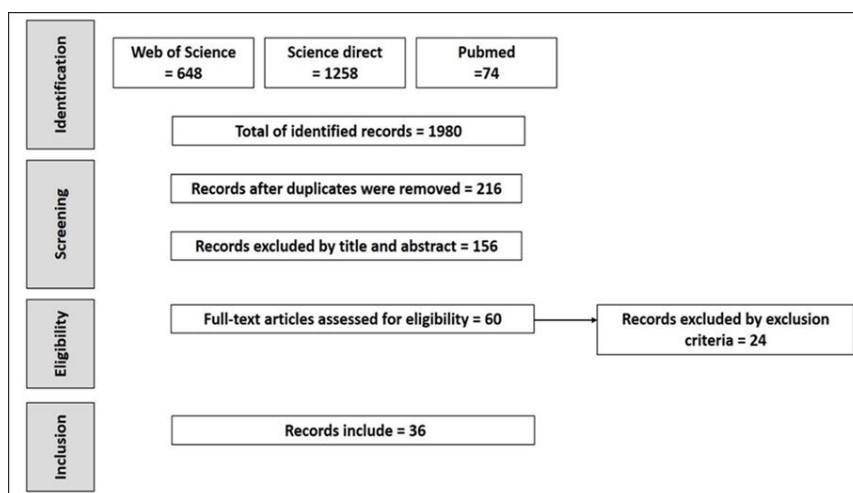
No processo de análise foram coletados dados referentes ao periódico (título e ano de publicação), aos autores (nomes completos) e ao estudo (objetivo, referencial teórico, tipo de estudo, aspectos metodológicos, resultados e recomendações). A fim de minimizar os riscos de vieses foram adotadas as seguintes medidas: a busca, a avaliação e a seleção dos estudos foram realizadas por três revisores e, ao final, foi realizada uma discussão para consenso dos artigos a serem incluídos na revisão.

Os estudos desenvolvidos com bebidas fermentadas com bactérias a base de frutas e/ou vegetais e hortaliças foram divididos em três tabelas: bebidas de frutas, bebidas de vegetais e/ou hortaliças e bebidas mistas (contendo frutas e vegetais e/ou hortaliças). Os resultados obtidos foram analisados criteriosamente e comparados com outros estudos a fim de responder as questões norteadoras pré-estabelecidas.

3. Resultados

A seleção dos estudos ocorreu por meio da leitura de títulos e resumos que já sinalizassem itens dos critérios de inclusão e exclusão e por fim, a leitura dos estudos na íntegra. Depois das buscas, foi contabilizado um número de 1980 artigos e após a clivagem excluíram-se 1944 trabalhos. Durante esta última fase, os artigos foram avaliados de forma crítica e independente e foram feitas as devidas seleções conforme os critérios de inclusão pré-estabelecidos, que foram: artigos publicados nos últimos seis anos, totalmente disponíveis nas bases de dados online, nos idiomas inglês, português e espanhol, que respondessem às questões norteadoras. Após a associação dos termos e exclusão dos artigos repetidos em cada busca nas bases de dados, obteve-se uma amostra final de 36 artigos (**Figura 1**) que foram analisados e discutidos

Figura 2. Fluxograma da seleção dos artigos integrantes da revisão



Fonte: As Autoras, 2022

A partir dos resultados encontrados, os estudos foram categorizados em três tabelas. Os que utilizaram bebidas fermentadas não lácteas à base de frutas (**Tabela 1**), à base de vegetais (**Tabela 2**) e bebidas mistas (**Tabela 3**) probiotizadas com BAL. Foi possível observar que os estudos selecionados investigaram os recentes desenvolvimentos de bebidas fermentadas por cepas de BAL, bem como seu impacto nas propriedades tecnológicas das bebidas. Foram utilizados diferentes substratos de bebidas à base de vegetais, frutas ou mistos, uma vez que, essas matrizes têm demonstrado ser potenciais substratos para inoculação de cepas probióticas

Tabela 1. Bebidas fermentadas não lácteas à base de frutas probiotizadas com Bactérias do Ácido Lático (BAL)

bebida fermentada produzida	Tratamento pré-fermentativo	Cepa utilizada	Processo fermentativo	Tempo/Temperatura de armazenamento	Viabilidade da(s) cultura (s) probiótica(s)	Autor/Ano
Suco de goji berry	-	<i>L. plantarum</i> <i>L. acidophilus</i> <i>L. helveticus</i> <i>Fructobacillus fructosus goji</i> <i>Weissella cibaria</i>	30°C / 24h pH > 4,0	21 days / 4°C	10 ⁹ UFC / mL	Liu <i>et al.</i> (2022)
Suco de Kiwi	Pasteurização (60 °C, 30 min) Resfriamento (temperatura ambiente)	<i>L. acidophilus</i> 85 <i>L. helveticus</i> 76 <i>L. plantarum</i> 90	37°C / 48h	-	> 9,0 log UFC / mL	Wang <i>et al.</i> (2022)
Suco de manga	-	<i>Pediococcus pentosaceus</i> (PROMPP) <i>Pediococcus acidilactici</i> (PROMPA)	37°C / 72h pH PROMPP: 3,10 - 4,64 pH PROMPA: 3,51 - 4,18	28 days / 4°C	4 °C (PROMPP): 0,47 × 10 ⁷ – 2,34 × 10 ⁷ Log UFC / mL 4° C (PROMPA): 0,96 × 10 ⁷ – 3,37 × 10 ⁷ Log UFC / mL. 25°C (PROMPP): 0,34 × 10 ⁷ – 2,81 × 10 ⁷ Log UFC / mL 25°C (PROMPA): 0,77 × 10 ⁷ – 4,05 × 10 ⁷ Log UFC / mL	Adebayo—Tayo, Olomitutu e Adebami (2021)
Suco de pêsego comercial	-	<i>L. acidophilus</i> PTCC 1643 <i>L. fermentum</i> PTCC 1744 <i>S. flexneri</i> PTCC 1865	37°C / 48h pH 2,5 e 2,8	-	<i>L. acidophilus</i> PTCC 1643 e <i>S. flexneri</i> : 4,60 Log UFC / mL <i>L. fermentum</i> PTCC 1744 e <i>S. flexneri</i> : 5,20 Log UFC / mL	Hashemi, Jafarpour e Jouki (2021)
Suco de uva e Suco de romã bioenriquecidos com Selênio	Pasteurização (75°C, 5 min)	<i>L. brevis</i> CRL 2051 <i>Fructobacillus tropaeoli</i> CRL 2034	30°C / 24h pH 3,66 e 3,86	-	Suco de uva: 8.76 Log UFC / mL Suco de romã: 7,97 Log UFC / mL	Gaglio <i>et al.</i> (2021)
Suco de mirtilo	Esterilização em banho-maria (85°C, 15 min)	<i>L. plantarum</i> <i>L. fermentum</i>	37°C / 48h pH < 3,6	-	>10,0 Log UFC / mL	Li <i>et al.</i> (2021)

Suco de jujuba	Pasteurização (80°C, 10min) Resfriamento (temperatura ambiente)	<i>L. acidophilus</i> 85 <i>L. casei</i> 37 <i>L. helveticus</i> 76 <i>L. plantarum</i> 90	37°C / 48h pH 3,74 – 3,82	-	> 11 log UFC / mL	Li <i>et al.</i> (2021)
Suco de jaca	Esterilização (100°C, 30 min) Resfriamento (até 40°C)	<i>L. casei</i> ATCC334	37°C / 24h pH 3,69	21 days / 8°C	8,176 Log UFC / mL	Muhalidin <i>et al.</i> (2021)
Suco de maçã turvo	Aquecimento (90°C, 15 min) Armazenamento da polpa (- 40°C) Pasteurização (80°C, 15 min) Resfriamento (temperatura ambiente)	<i>L. acidophilus</i> CICC6005 <i>L. plantarum</i> CICC21805 <i>L. fermentum</i> CICC21828	37°C / 24h pH 3,89	-	6,37 × 10 ⁸ UFC / mL	Peng <i>et al.</i> (2021)
Suco de mirtilo	Pasteurização (75°C, 15 min)	<i>L. plantarum</i> J26	37°C / 24h pH 3,2	2h / 4°C	9,12 Log UFC / mL	Zhang <i>et al.</i> (2021)
Suco de bergamota/mexerica	Pasteurização (75 °C, 10 min)	<i>L. plantarum</i>	37 °C / 72h pH 3,58	-	8,9 Log UFC / mL	Hashemi e Jafarpour (2020)
Suco de cherimoya	Pasteurização (65 °C, 30 min) Resfriamento (gelo)	<i>L. brevis</i> <i>L. plantarum</i> <i>L. rhamnosus</i> <i>Fructobacillus tropaeoli</i>	30 °C / 48h pH 3,35 – 3, 53	21 days / 4 °C	7,80 – 8,96 Log UFC / mL	Isas <i>et al.</i> (2020)
Bebida de romã	Pasteurização (80°C, 5 min) Resfriamento (temperatura ambiente)	<i>L. paracasei</i> K5	30°C / 24h Ph 3,9	28 days / 4°C	9,8-11,7 Log UFC / mL	Mantzourani <i>et al.</i> (2020)
Suco de Pitaya	-	<i>L. plantarum</i> FBS05	37°C / 48h pH 4,95	90 days / 4°C	-	Muhalidin <i>et al.</i> (2020)
Suco de melão	Esterilização (100 °C, 30 min) Resfriamento (até 40 °C)	<i>L. plantarum</i> FBS05	37°C / 48h pH 3,51	180 days / 8°C	7,37 Log UFC / mL	Muhalidin, Kadum e Hussin (2020)
Suco de romã	-	<i>L. casei</i> NRRL-B-1922	37°C / 24h pH 5,5	-	2,14 Log UFC / mL	Mustafa <i>et al.</i> (2020)
Suco de laranja concentrado	-	<i>Pediococcus acidilactici</i> CE51	37 °C / 24h pH 4,5 e 6,5	35 days / 4° e 30°C	7,2 - 8,5 log UFC / m	Vieira <i>et al.</i> (2020)

Suco de maçã comercial	-	<i>L. acidophilus</i> <i>L. plantarum</i> <i>L. rhamnosus</i> GG <i>L. casei</i>	37°C / 72h pH 3,85	28 days / 4° C	<i>L. rhamnosus</i> : 8,44 log UFC / ml <i>L. casei</i> : 8,30 log UFC / ml <i>L. plantarum</i> e <i>L. acidophilus</i> : > 7 log UFC / ml	Chen <i>et al.</i> (2019)
Suco de cereja da Cornualha	Pasteurização (80°C, 5min)	<i>L. paracasei</i> K5	30°C / 24h	28 days / 4°C	8,6 – 9,7 Log UFC / mL	Mantzourani <i>et al.</i> (2019a)
Suco laranja comercial	-	<i>Weissella cibaria</i> 10 M	35°C / 72h pH 7,9 – 8,7	-	5,4 × 10 ⁸ UFC / mL	Rolim, Hu e Ganzle (2019)
Suco de cacau	-	<i>L. casei</i> NRRL B-442	Temperatura ideal / 24h pH 3,77	42 days / 4°C	9,3 Log UFC / mL	Santos Filho <i>et al.</i> (2019)
Suco de caju	Pasteurização (70°C, 15 min)	<i>L. acidophilus</i> <i>L. casei</i> <i>L. plantarum</i> <i>Leuconostoc mesenteroides</i> <i>Bifidobacterium longum</i>	37°C / 48h pH 4,0	-	2,65 – 6,00 Log UFC / mL	Kaprasob <i>et al.</i> (2018)
Suco de laranja probiótico	Pasteurização (80 °C, 20min) Resfriamento (banho de gelo até atingir 37°C)	<i>L. paracasei</i>	37° / 15h pH 4,10	28 days / 4°C	-	Costa <i>et al.</i> (2017)
Bebida de cupuaçu	-	<i>L. casei</i>	30°C / 24h pH 4,30	-	9,34 Log UFC / mL	Pereira <i>et al.</i> (2017)
Suco de caju	Pasteurização (70°C, 15 min)	<i>L. plantarum</i> <i>L. casei</i> <i>L. acidophilus</i> .	30°C / 48h pH <i>L. plantarum</i> : 3,85 pH <i>L. casei</i> : 3,77 pH <i>L. acidophilus</i> : 3,70	-	<i>L. plantarum</i> : 6,56 Log UFC / mL <i>L. casei</i> : 6,15 Log UFC / mL <i>L. acidophilus</i> : 5,5 Log UFC / mL	Kaprasob <i>et al.</i> (2017)

Fonte: Aatoria própria, 2022.

Tabela 2. Bebidas fermentadas não lácteas à base de hortaliças probiotizadas com Bactérias do Ácido Lático (BAL)

Bebidas vegetais fermentadas	Tratamento pré-fermentativo	Cepas utilizadas	Processo fermentativo	Tempo/Temperatura de armazenamento	Viabilidade da(s) cultura (s) probiótica(s)	Autor/Ano
Suco de couve encaracolada	Pasteurização (70 °C, 25 min) Resfriamento (temperatura ambiente)	<i>L. plantarum</i> JS052 <i>L. sakei</i> JS032	30 °C / 24 h pH 3,91 e 4,16	-	10,44 Log UFC / mL	Szutowska <i>et al.</i> (2021)
Suco de brócolis	Pasteurização (85°C, 15 min)	<i>Pediococcus pentosaceus</i> CCTCC AB2019253 <i>Pediococcus pentosaceus</i> CICC21862	37°C / 18h	Não informado / - 80°C	-	Xu <i>et al.</i> (2021)
Kanji (bebida indiana com cenouras pretas)	-	BAL não especificada	37°C / 24h pH 3,84	32 days / 4°C	8,29 Log UFC / mL	Lamba, Goomer e Saxena (2019)
Bebida à base de abóbora	Autoclavado (121 °C, 20 min)	<i>Lactobacillus mali</i> K8	37°C / 48h pH 4,5	28 days / 4°C	6,5 Log UFC / mL	Koh <i>et al.</i> (2018)

Fonte: Autoria própria, 2022.

Tabela 3. Bebidas fermentadas não lácteas à base de frutas e hortaliças probiotizadas com Bactérias do Ácido Lático (BAL)

bebida fermentada produzida	Tratamento pré-fermentativo	Cepa utilizada	Processo fermentativo	Tempo/Temperatura de armazenamento	Viabilidade da(s) cultura (s) probiótica(s)	Autor/Ano
Suco misto de laranja, cenoura, maçã e jujuba	-	<i>L. plantarum</i> CICC20265 <i>Bifidobacterium breve</i> CICC6184 <i>Streptococcus thermophilus</i> CICC6220	37°C / 48h pH 3,29	21 days / 4°C	7,56 × 10 ⁸ UFC / mL	Xu <i>et al.</i> (2019)
Suco de manga ubá e juçara processados a alta pressão (HIP)	Processamento HIP (600 MPa por 5 min a 25 °C)	<i>L. rhamnosus</i> GG	37 °C/ 24h pH 3,68 e 3,80	30 days / 4°C	8,54 Log UFC / mL	Moreira <i>et al.</i> (2017)

Fonte: Autoria própria, 2022.

4. Discussão

A viabilidade celular está relacionada com a capacidade de uma célula crescer e gerar uma colônia de células em condições ambientais pré-determinadas. Ela é importante para a funcionalidade dos probióticos, no que diz respeito à promoção da saúde nos consumidores, que vai depender da cepa probiótica utilizada, assim como, a quantidade acumulativa ingerida (Lillo-Pérez et al., 2021). É necessário que produtos probióticos alcancem um número mínimo de microrganismos viáveis durante o armazenamento para que no momento do consumo tenha 6 -7 log UFC/g ou ml do produto (Mantzourani et al., 2019b; 2020; Valero-Cases et al, 2020) ou ainda 8 Log UFC/g ou ml afim de que as diminuições ocorridas durante a exposição ao TGI não comprometam a funcionalidade dos probióticos no hospedeiro (World Gastroenterology Organization Practice Guideline (WGO, 2017). O processo de fermentação apresenta algumas vantagens em relação à adição, visto que o crescimento da cepa microbiana na bebida resulta em uma cepa microbiana mais adaptada, o que pode contribuir para maiores taxas de sobrevivência (Pereira et al., 2017).

Durante a elaboração de produtos probióticos, diferentes parâmetros podem influenciar na viabilidade das cepas. Os intrínsecos (pH, acidez titulável, oxigênio, presença de sal, açúcar e outros compostos como as bacteriocinas e aromatizantes), os parâmetros de processamento, como condições de processamento, resfriamento e armazenamento, temperatura de incubação, e parâmetros microbiológicos empregados (cepas de probióticos, taxa e proporção de inoculação). Condições de estresse oxidativo como as do processo de produção de alimentos e do TGI, podem reduzir a viabilidade dos probióticos, que vão responder de forma diferente a esses estímulos, dependendo das condições ambientais e da capacidade de sobrevivência da cepa (Terpou et al., 2019). Todos esses fatores podem alterar a quantidade de células metabolicamente ativas que irão alcançar o intestino do hospedeiro, e conseqüentemente interferir na funcionalidade das bebidas fermentadas (Lillo-Pérez et al. 2021).

Quanto a viabilidade dos microrganismos probióticos, esta parece ser mais difícil de ser mantida em matrizes não lácteas quando comparadas às matrizes lácteas (Valero-Cases et al., 2020), isto ocorre devido a características intrínsecas do leite e derivados, como a capacidade tampão e sua composição nutricional (Lillo-Pérez et al. 2021). Apesar disso, sucos de frutas e vegetais têm sido explorados, e demonstrado ser meios de cultura viáveis para as cepas probióticas (Lillo-Pérez et al. 2021). Alguns estudos demonstraram que os sucos de frutas e vegetais melhoram a viabilidade dos probióticos quando fermentados (Malik, Bora & Sharma,

2019; Pereira et al., 2017; Vivek et al., 2019). Sucos de matriz vegetal contêm grandes quantidades de açúcares que podem estimular o crescimento de probióticos, uma vez que BAL consomem açúcares simples como fonte de carbono e energia, reduzindo, assim, a quantidade de frutose e glicose durante a fermentação (Hashemi, Jafapour & Jouki, 2021).

Foram observadas contagens de probióticos superiores a 10^7 UFC/mL durante o armazenamento em algumas bebidas fermentadas vegetais (Muhialdin et al., 2021; Peng et al., 2021; Sengun et al., 2020; Santos Filho et al., 2019; Malik et al., 2019, Miranda et al., 2019; Vivek et al., 2019, Hashemi et al., 2017; Panda et al., 2017; Panghal et al., 2017), indicando que os sucos fermentados a base de vegetais permitem o crescimento e metabolismo de probióticos (Peng et al., 2021). Isto estaria relacionado a capacidade de síntese celular de nutrientes adicionais a partir da matéria-prima, e da matriz vegetal ser fonte de vitaminas, minerais, antioxidantes e fibra alimentar (Lillo-Pérez et al. 2021). A suplementação de substâncias prebióticas também tem demonstrado ser benéfica para viabilidade das cepas (Mantzourani et al., 2020; Valero-Casaes et al., 2020; Terpou et al., 2019).

No entanto, a contagem de células pode variar em produtos fermentados. Chen et al. (2019) avaliaram os padrões de crescimento de quatro cepas distintas (*Lactobacillus acidophilus*, *Lactiplantibacillus plantarum*, *Lacticaseibacillus rhamnosus* e *Lacticaseibacillus casei*), utilizadas para fermentar um suco de maçã industrializado. Os autores observaram que *Lacticaseibacillus rhamnosus* e *Lacticaseibacillus acidophilus* (8,30 logs UFC/ mL) apresentaram o mais rápido crescimento, atingindo 8,44 logs UFC/mL e 8,30 logs UFC/ mL, respectivamente. Entretanto, durante o primeiro dia de armazenamento refrigerado (4°C, 28 dias), as cepas de BAL apresentaram característica semelhante em relação ao declínio da sobrevivência das cepas, sendo maior na *Lacticaseibacillus rhamnosus* (8,34 – 7,44 logs UFC/mL), seguida da *Lacticaseibacillus acidophilus*, que apresentou a melhor sobrevivência durante o armazenamento, possivelmente devido à sua alta tolerância a ambientes ácidos (Espírito-Santo et al., Carlin & Renard, 2015). A diferença no declínio nos valores de viabilidade celular pode ser explicada devido a exposição dos probióticos a condições estressantes como o processamento para incorporação na matriz alimentar, armazenamento e transporte através do trânsito intestinal, temperatura (quente e frio), ácidos, estresse oxidativo e bile (Terpou et al. 2019). Logo, quando os probióticos são expostos a altas temperaturas, sua atividade e crescimento microbiano são alterados, já a exposição a baixas temperaturas reduz o metabolismo dos probióticos, inibindo o crescimento celular (Lillo-Pérez et al. 2021).

A fermentação dos alimentos é um recurso utilizado há anos em várias regiões do mundo. Ela ocorre de forma espontânea ou com a utilização de culturas starters, ou ainda pela adição de cepas probióticas (Garcia et al., 2020). As bactérias ácido lácticas (BAL) estão envolvidas na fermentação de diversos substratos, sendo, portanto, um grupo importante de microrganismos para a indústria de alimentos e bebidas, pois podem criar uma grande variedade de produtos (Rice et al., 2020). Elas são conhecidas por agregar valor nutricional, melhorar parâmetros tecnológicos, sensoriais (Bancalari et al., 2020; De la Fuente et al., 2021) e a aceitabilidade de produtos fermentados (Garcia et al., 2020). A fermentação ácido láctica é conhecida por gerar metabólitos como substâncias antifúngicas e bacteriocinas, envolvidos na biopreservação dos produtos, aumentando o seu tempo de vida útil (Ruiz Rodriguez et al., 2021), além de impactar positivamente as atividades de promoção da saúde dos alimentos, aumentando assim a atratividade desses produtos pelos consumidores e também impulsionar a fabricação e extração de componentes fitoquímicos em alimentos através da fermentação do ácido láctico (Kwaw et al., 2018).

Frutas e vegetais são alimentos versáteis que podem ser utilizados em diversas preparações, apesar de normalmente serem consumidos *in natura* (Ruiz Rodriguez et al., 2021). Eles apresentam componentes como antioxidantes, peptídeos bioativos, vitaminas, minerais e fibra alimentar que contribuem para o crescimento de cepas probióticas (Lillo-Pérez et al., 2021). Com o aumento da demanda por produtos funcionais não lácteos, tem-se realizado pesquisas utilizando a inoculação de microrganismos probióticos em sucos de frutas e vegetais para o preparo das bebidas fermentadas à base de matrizes vegetais (Valero-Cases et al., 2020). As indústrias de alimentos têm aplicado processos biotecnológicos a fim de criar ou modificar e, ainda, otimizar a funcionalidade de alimentos, criando produtos (Lee & Paik, 2017; Ruiz Rodriguez et al. 2021) como os alimentos funcionais, conhecidos por nutrir, e proporcionar benefícios à saúde dos seus consumidores (Valero-Cases et al., 2020).

Os vegetais são considerados substratos com características adequadas para carrear cepas probióticas, considerando a estrutura da matéria-prima e a composição química (Lillo-Pérez et al., 2021). Além disso, seus subprodutos comumente desprezados na hora do consumo, como cascas, sementes, bagaço, caules são excelentes fontes de baixo custo de nutrientes e compostos bioativos. A fermentação desses subprodutos possibilita sua utilização e valorização no setor alimentício (Feitosa et al., 2020; Ruiz Rodriguez et al., 2021). Os compostos bioativos com propriedades nutracêuticas podem ser encontrados em várias plantas, como vegetais, frutas, grãos integrais, nozes e óleos (Brushan et al., 2021) e são classificados em várias classes,

incluindo os flavonoides, ácidos fenólicos, taninos, dentre outros (Feitosa et al., 2020; Jha & Sit, 2022).

Os compostos bioativos de subprodutos de frutas e vegetais podem estar concentrados na forma de cascas, sementes, flores, folhas, caule, bagaço, bagaço e extratos (Marcillo-Parra et al., 2021). As frutas possuem elevados teores de carboidratos e alta atividade de água, porém, o que as tornam suscetíveis a proliferação de BAL é o baixo potencial hidrogeniônico (pH) e a acidez. Alguns fatores vão influenciar no crescimento e acidificação das BAL das frutas, como concentração de carboidratos fermentescíveis, o ambiente extremamente ácido, a capacidade de tamponamento, a presença de nutrientes não digeríveis (fibra, inulina, FOS etc.), fatores antinutricionais e compostos inibitórios (taninos e compostos fenólicos). Sendo que a adaptação das BAL a diferentes ecossistemas vai depender da espécie e da linhagem da bactéria utilizada (Ruiz Rodriguez et al., 2021).

A fermentação dos produtos à base de vegetais pode ser realizada “espontaneamente” pela microbiota autóctone (quando possui microrganismos endógenos e contaminantes, decorrentes dos procedimentos higiênicos durante a produção dos mesmos, podendo produzir variedade de compostos com ação antimicrobiana, que podem impedir a sobrevivência ou inibir o crescimento de patógenos) do ácido láctico presente na matéria-prima que inclui leveduras, fungos, bactérias dos gêneros *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Enterococcus*, *Enterobacter* e *Proteus* (Machado et al., 2011; Szutowska, 2020). Existe duas vias fermentativas: a homofermentativa e heterofermentativa, que possuem base genética e fisiológica. As BAL homoláticas apresentam as enzimas aldose e hexose-isomerase, mas não têm a fosfoctolase e, utilizam a via de EmbdenMeyerhof-Parnas (EMP) para produzir duas moléculas de lactato para uma de glicose. Já as heteroláticas apresentam a fosfoctolase, mas não a aldolase e a hexose-isomerase e, em vez de utilizarem a via EMP na degradação de glicose, usam ou a via do monofosfato-hexose ou a via das pentoses (Riquette, 2013). As BAL heterofermentativas e homofermentativas mais identificadas em diferentes nichos vegetais como *Lacticaseibacillus* spp., *Leuconostoc* spp., *Pediococcus* spp., *Weissella* spp., *Fructobacillus* spp. e *Enterococcus* spp., devido suas condições favoráveis de anaerobiose, atividade de água, concentração de sal e temperatura (Szutowska, 2020). No entanto, fermentações controladas usando culturas “starters” contendo BAL, como por exemplo, *Lactiplantibacillus plantarum*, *Lacticaseibacillus rhamnosus*, *Lactobacillus gasseri* e *Lactobacillus acidophilus*, atribuem consistência, confiabilidade, controle e reprodutibilidade no processo, fornecendo produtos padronizados, seguros e de qualidade constante. As fermentações em matrizes vegetais, que utilizam culturas

“starters” autóctones apresentam resultados mais vantajosos quando comparadas com cepas comerciais ou alóctones ou processos de fermentação espontânea (Ruiz Rodriguez, et al., 2021; Szutowska, 2020).

Algumas características pré-tecnológicas são importantes para as culturas “starters” de BAL que serão aplicadas a matrizes vegetais ou de frutas, como se adaptar a matriz, crescimento acelerado, acidificar o meio, mesmo em condições estressantes de baixos valores de pH e temperatura, tolerar e/ou metabolizar compostos fenólicos (Ayed, M’hir & Hamdi, 2020). Além disso, é relevante que fermentem diversos tipos de substratos a fim de aumentar a densidade dos nutrientes do meio, sintetizem substâncias que garantam a segurança do produto através da eliminação de microrganismos deteriorantes e metabolizem compostos aromáticos (ácido acético, ésteres, cetonas, álcoois e terpenos) que terão impacto na aceitabilidade do produto pelo consumidor (Ruiz Rodriguez et al., 2021). Os produtos fermentados com BAL possuem potenciais efeitos benéficos à saúde como anticâncer, antibacteriana, antioxidantes (Ruiz Rodriguez et al., 2021), além de potenciais propriedades antidiabéticas, hipocolesterolêmicos e imunomoduladores (Mathur et al., 2020) e alguns apresentam efeito prebiótico, ou seja, de atuar de forma sinérgica para a sobrevivência de probióticos no TGI (Bancalari et al., 2020).

Diante disso, a probiotização de bebidas fermentadas a base de matriz vegetal é feita através da adição de microrganismos probióticos ao suco para fermentação, ou seja, as bebidas fermentadas podem ser classificadas em bebidas com culturas vivas, como os probióticos que apresentam potencial benéfico e específico à saúde do consumidor (Marrero et al., 2019). As cepas selecionadas para serem utilizadas como probióticas devem ser capazes de sobreviver e colonizar o TGI do consumidor (Garcia et al., 2020). Apesar da veiculação de probióticos às bebidas vegetais ser algo novo no setor alimentício, parece um segmento promissor que se encontra em crescimento (Lillo-Pérez et al., 2021; Ruiz Rodriguez et al., 2021), visto que, a maioria dos alimentos fermentados com probióticos até então, eram encontrados em produtos lácteos, tais como queijos, iogurtes, sorvetes, entre outros, o que poderia ser um fator limitante para alguns consumidores (Lillo-Pérez et al., 2021).

O metabolismo dos probióticos em matrizes vegetais pode aumentar a bioacessibilidade e biodisponibilidade dos compostos fenólicos, bem como sua funcionalidade, uma vez que, esses compostos quando atingem o cólon, por meio da ação da microbiota, transformam-se, gerando metabólitos que podem ser mais facilmente absorvidos, propicio a um efeito fisiológico benéfico (Valero-Cases et al., 2020). Além disso, os produtos fermentados possuem maior

atividade antioxidante relacionadas à metabolização e liberação de compostos bioativos da matriz alimentar (Annunziata, et al., 2020), uma vez que a quantificação de fenólicos é normalmente associada ao seu potencial antioxidante, pois a maioria dos fenólicos atuam como sequestradores de radicais ou quelantes de metais, evitando assim, o processo oxidativo (Silva & Nery, 2020).

O emprego de culturas probióticas exclui microrganismos potencialmente patogênicos e reforça os mecanismos naturais de defesa do organismo. Assim, os microrganismos probióticos modulam a microbiota intestinal através de um mecanismo denominado "exclusão competitiva", que impedirá a colonização dessa mucosa por microrganismos potencialmente patogênicos, através da competição por sítios de adesão, da competição por nutrientes e/ou da produção de compostos antimicrobianos (Saad, 2006). Esses terão efeitos potenciais na prevenção de várias doenças: hipertensão arterial; melhora do nível de colesterol sanguíneo; controle do DM; redução dos sintomas associados a distúrbios gastrointestinais e prevenção de diferentes alergias e, até mesmo, uma única cepa microbiana ou probióticos de múltiplas cepas podem servir como reforço imunológico contra o novo vírus do coronavírus (COVID-19) (Lillo-Pérez et al., 2021).

Diante disso, diversos estudos foram avaliados com o intuito de verificar o principal metabólito das BAL, que é o ácido láctico (Cirlini et al., 2020; Mantzourani et al., 2020; Muhiardini et al., 2021; Panghal et al., 2017). Sua concentração depende da matriz utilizada para a fermentação, mas também das espécies e cepas BAL aplicadas, cujo efeito desejável para seu crescimento é a acidez. Com o processo fermentativo, tem-se a redução do pH ao longo do tempo devido ao aumento do teor de ácido láctico nas bebidas fermentadas (Mantzourani et al., 2018). Pimentel et al. (2021), relatam que, geralmente, a adição de culturas probióticas não tem influência na composição química (umidade, proteínas, lipídios, cinzas, fibras e conteúdo de carboidratos), entretanto, o impacto da adição de culturas probióticas na acidez (pH e acidez titulável (AT) das bebidas à base de vegetais e fermentadas com *Lactobacillus* pode ser influenciado pelo tipo de alimento e cepa probiótica. Esse achado corrobora com o estudo de Cirlini et al. (2020), que verificaram que o ácido láctico e o pH geralmente baixo danificam tanto a parede quanto a membrana celular, alterando o potencial de membrana e o transporte ativo, o que pode levar à depleção de energia e morte celular. Logo, o alto teor de ácido láctico produzido pela BAL pode favorecer a preservação das bebidas fermentadas.

O metabolismo dos carboidratos, em especial alimentos considerados como prebióticos, como inulina e oligofrutose, que não são digeríveis pelo TGI, vão estimular o crescimento e a atividade de BAL, em especial, as do gênero *Bifidobacterium* e *Lacticaseibacillus*, permitindo-as competir por substratos em um ambiente favorável, com bactérias patogênicas ou indesejáveis (Heriques, 2015). A frutose, também conhecida como levulose é constituinte da sacarose (b-D-Frutofuranosil a-D-glicopiranosida) e de outros polímeros denominados frutanos ou inulina. A frutose é o monossacarídeo, composta por seis átomos de carbono unidos em ligações covalentes simples, apresentando grupamentos hidroxila, formados por hidrogênio e oxigênio e um grupamento carbonila, formado por ligação dupla entre o carbono e o oxigênio predominante em várias frutas, incluindo maçãs, laranjas e melões (Barreiros, Bossolan & Trindade, 2005; Henriques, 2015).

De acordo com seu estudo, Peng et al. (2021) relataram que a frutose foi o açúcar mais consumido no suco fermentado de maçã das cultivares Qinguan e Duanfu durante fermentação mista com três cepas de *Lacticaseibacillus* (*Lacticaseibacillus acidophilus* CICC6005, *Lactiplantibacillus plantarum* CICC21805 e *Limosilactobacillus fermentum* CICC21828). Em conformidade com o estudo anterior, Pereira et al. (2017) e Hasheni et al. (2017) verificaram em seus estudos que a frutose também foi o açúcar mais consumido durante a fermentação do cupuaçu por *Lacticaseibacillus casei* e suco de limão doce fermentado com *Lactiplantibacillus plantarum* LS5.

Um estudo realizado com suco de cacau verificou que a glicose foi o principal carboidrato consumido durante a fermentação (23,18%). A frutose não foi consumida (Santos Filho et al., 2019). O mesmo resultado foi encontrado por Dimitrovski et al. (2015) e Li et al. (2018) em uma bebida de maçã fermentada com *L. plantarum*, não foram observadas alterações para esse açúcar ao longo de 48h e 24h, respectivamente. Ao que parece, o metabolismo de carboidratos se difere de uma cepa de BAL. para a outra (Santos Filho et al., 2019). Para Dimitrovski et al. (2015) a conversão malolática e o consumo de outras substâncias não mensuradas no estudo, mas presentes no suco de maçã, podem ser responsáveis pelo crescimento das cepas na forma de energia e fontes de carbono. Resultados semelhantes foram encontrados por Plumed-Ferrer et al. (2008) que compararam o crescimento de duas linhagens de *L. plantarum*, tanto em caldo *Man Rogosa & Sharpe* (MRS) quanto em suco de pepino. Eles relataram que as cepas cultivadas em suco de pepino mostraram um consumo de hexose relativamente baixo, embora o meio contivesse um excesso de glicose. A razão para este comportamento foi reconhecida como sendo a utilização do malato presente no suco. A

fermentação malolática é responsável pela transformação do ácido málico em ácido láctico e dióxido de carbono, através da ação das BAL, além de outros substratos como os açúcares residuais, o glicerol e os ácidos tartárico e cítrico, que podem liberar compostos secundários de acordo com as condições do meio e da linhagem de BAL presente (homolática ou heterolática) (Rizzon, Zanuz & Miele, 1997).

Rolim, Hu e Ganzle (2019) trabalharam com um suco de laranja comercial e extrato de malte que foi probiotizado com *Weissella cibaria* 10 M, onde verificaram que a sacarose foi consumida durante a fermentação quando comparada ao processo não fermentativo (controle). Estes autores associaram esse resultado a ação da sacarose de promover a formação de oligossacarídeos por meio da atividade dextransucrase de *W. cibaria* 10 M, cuja síntese enzimática de isomaltoligossacarídeos, produziu uma bebida com teor reduzido de açúcar e baixa caloria, aliado a boas características sensoriais, como acidez e doçura, contribuindo para o aumento do mercado de alimentos funcionais. Logo, pode-se constatar que a fermentação de açúcares por microrganismos está relacionada não apenas às condições de processamento, mas também ao processo fermentativo, como tempo, substrato e tipo de cepa (Santos Filho, et al., 2019).

O estudo de Mantzourani et al. (2020) apresentou o ácido láctico como principal composto metabolizado por açúcares totais no suco funcional de romã a partir da cepa *L. paracasei* imobilizada em farelo de trigo deslignificado. O suco foi fermentado a 30°C por 24h, e então foi observado aumento do conteúdo de fenólicos totais e voláteis, assim como a concentração de ácido láctico, isso se deu a partir da redução do teor de açúcares (sacarose, glicose e frutose) (27,1%) durante 4 semanas de armazenamento. Além disso, foi verificada a liberação de compostos voláteis como o 2-metil-1-penten-3-ona e a 2,3-butanediona, relatados com um sabor estranho em sucos de frutas processados e como um metabólito de levedura muito comum em sucos de frutas fermentados, respectivamente. Esses compostos até então, não haviam sido identificados em outras frutas ou romãs frescas. Resultados semelhantes foram encontrados por Mantzourani et al. (2019a) no suco de cereja cornalina fermentado pela cepa *L. paracasei* a 30°C por 24h. Foi possível observar a eficácia da fermentação láctica pelas células livres e imobilizadas, a partir do aumento da concentração de ácidos orgânicos e a diminuição da concentração de açúcares. De acordo com Kaprasob et al. (2017), a redução nas concentrações de açúcar causadas pela fermentação ocorreu devido a bioconversão em ácido láctico e à sua utilização para o crescimento e metabolismo dessas bactérias lácticas. Neste estudo foi possível, então, observar a liberação de compostos metabolizados como ácido

ascórbico e taninos condensados como também a liberação de compostos voláteis ácidos como 2,6-dimetil-4-heptanol (aroma frutado e doce), etil-3-metil-butanoato (aroma frutado) e 3-metil-1-butanol (uísque, malte, aroma queimado).

Além disso, as BAL contribuem para a produção de diversos compostos bioativos importantes por meio da fermentação. As bebidas à base de vegetais possuem altas concentrações de compostos fenólicos, que podem ser encontrados como ácidos fenólicos ou ligados a carboidratos, formando moléculas complexas como os glicosídeos (Ruiz Rodriguez et al., 2021). Essas bebidas possuem essas características por serem fontes de vitaminas, minerais e moléculas antioxidantes, fornecendo bons substratos pois, além de fornecer nutriente essenciais para a viabilidade das cepas probióticas podem manter ou ainda transformar esses nutrientes em compostos já relacionados com benefícios a saúde (García et al., 2020). Além de seu potencial funcional para a saúde humana, os compostos fenólicos possuem grande variedade de aplicações tecnológicas, contribuindo também para a cor, sabor e adstringência dos alimentos (Ruiz Rodriguez, 2021) e bebidas, diversificando assim, o mercado desses produtos. Atualmente uma gama de estudos tem sido focada na produção de bebidas simbióticas não lácteas fermentadas como sucos de romã e bebidas de cereja com farelo de trigo deslignificado (Mantzourani et al., 2019b; Mantzourani et al., 2020)

Alguns autores relataram o aumento da atividade antioxidante em bebidas fermentadas com cepas de BAL (Muhialdin et al, 2020; Mustafa et al., 2020; Santos Filho et al. 2019). Mantzourani et al. (2018) utilizaram na fermentação do suco de cereja cornalina as cepas probióticas *Lacticaseibacillus paracasei* K5 na forma livre ou imobilizada em farelo de trigo deslignificado (DWB). O conteúdo de fenólicos totais foi determinado por meio de uma reação colorimétrica utilizando o reagente *Folin-Ciocalteu*, onde foi observado maiores valores de teor de fenólicos totais (188,1 e 205,4 mg GAE/100 mL) no suco fermentado livre e imobilizado, respectivamente, quando comparado ao não fermentado (169 mg GAE/ 100 mL), principalmente nas últimas três semanas de armazenamento sob refrigeração a 4°C. Na quarta semana de armazenamento foi verificado os seguintes valores 200,8 mg GAE/ 100 mL, 228,5 mg GAE/ 100 mL e 143 mg GAE/ 100 mL para os sucos fermentado livre, imobilizado e não fermentado, respectivamente.

Mantzourani et al. (2019b) desenvolveram um suco de romã fermentado com *L. plantarum* ATCC 14917 e avaliaram o conteúdo de fenólicos totais e atividade antioxidante, utilizando os métodos *Folin-Ciocalteu* e ABTS, respectivamente. O suco fermentado

apresentou aumento do conteúdo fenólico em todas as semanas de armazenamento, assim como em sua atividade antioxidante. Esses resultados podem ser explicados a partir de achados na literatura, que relatam que a fermentação láctica promove a conversão dos compostos fenólicos simples e a despolimerização de fenólicos com maiores pesos moleculares, em função de várias enzimas como a β -glicosidase (Mousavi et al., 2011), que rompe a celobiose, liberando glicose e atuando também como exo enzima sobre oligossacarídeos (Koblitz, 2017). Além disso, algumas bactérias são capazes de produzir β -galactosidase catalisando a liberação de compostos fenólicos do açúcar ligado, levando a um aumento da atividade antioxidante mesmo após a fermentação (Sharma et al., 2018). Resultados semelhantes foram observados por Kaprasob et al. (2017) no suco de caju fermentado com *Lactiplantibacillus plantarum*, *Lacticaseibacillus casei* e *Lactobacillus acidophilus* e Segun et al. (2020) em um suco de laranja fortificado com urtiga fermentado com *Lacticaseibacillus rhamnosus*. Esses resultados interessantes para a indústria de alimentos devido ao aumento natural do potencial antioxidante das bebidas ser obtido por meio da adição de culturas probióticas.

As características metabólicas específicas de espécies ou cepas de BAL, em sinergia com atividades enzimáticas vegetais, podem melhorar a biodisponibilidade e bioatividade de fitoquímicos (Filannino, Di Cagno & Gobetti, 2018). A biodisponibilidade pode ser definida como a proporção na qual o composto é absorvido e se torna disponível para o metabolismo celular do hospedeiro, envolvendo a digestão gastrointestinal, que libera os compostos dos alimentos; a absorção pelas células epiteliais; a distribuição nos tecidos e a bioatividade. Com isso, a atividade de várias enzimas, por meio da fermentação de frutas e vegetais tende a melhorar a bioacessibilidade e/ou biodisponibilidade dos diversificados tipos de compostos, como proteínas, aminoácidos, vitaminas e compostos antioxidantes, como os polifenóis, por exemplo (Septembre-Malaterre, Remize & Poucheret, 2018). Além disso, a atividade enzimática pode desencadear aumento acentuado de metabólitos microbianos funcionais com consequências benéficas para a saúde humana. A ampla gama de compostos inclui vários metabólitos vegetais secundários (Filannino, Di Cagno & Gobetti, 2018).

Os metabólitos primários são provenientes das vias fotossintéticas e respiratórias, ou seja, são aqueles indispensáveis para a vida celular, como os carboidratos, proteínas, aminoácidos e ácidos nucleicos. Já os metabólitos secundários são resultantes de várias reações anabólicas e catabólicas das estruturas celulares (Cunha et al, 2016), são conhecidos como compostos naturais produzidos pelos vegetais com a finalidade de protegê-los de estresses abióticos e bióticos, além de possuírem valores nutricionais e farmacológicos importantes no

contexto da nutrição humana e desempenharem relevante papel na evolução dos vegetais e na interação com os seres vivos (Borges & Amorim, 2020) e podem influenciar diretamente no aumento da bioacessibilidade, funcionalidade, segurança, qualidade nutricional e propriedades sensoriais dos compostos supracitados (Fessard et al, 2017; Pimentel et al., 2021).

Quando a BAL é associada a matrizes vegetais, é possível verificar a presença de enzimas que são capazes de degradar polifenóis. Dessa maneira, tem havido um interesse crescente na bioconversão de fenólicos por BAL, por meio de reações de descarboxilação, redução, desesterificação e desglicosilação (Lee & Paik, 2017; Li et al., 2019), que são capazes de biotransformar os polifenóis da ação de diferentes glicosil-hidrolases por meio da liberação de agliconas de compostos fenólicos conjugados com glicol (Li et al., 2019). Ao que se refere as enzimas microbianas, as β -glucosidases, as redutases e descaboxilases do ácido fenólico e as tanases têm sido mais associadas ao principal metabolismo fenólico (Lee & Paik, 2017; Ruiz Rodriguez et al., 2021), que por apresentarem intensa absorção na região do UV, são facilmente oxidáveis, tanto através de enzimas vegetais específicas quanto por influência de metais (como ferro e manganês), da luz e do calor, ou em meio alcalino, acarretando o escurecimento de suas soluções ou dos compostos isolados (Verruck, Prudencio & Silveira, 2018).

No estudo de Gao et al. (2019), onde os autores desenvolveram uma bebida de melão de São Caetano (Melãozinho) fermentada com *Lactiplantibacillus plantarum*, foi possível verificar a conversão do ácido dihidrocaféico em ácido caféico e do catecol do ácido protocatecuico por diferentes subespécies de *Lacticaseibacillus*. Como o ácido dihidrocaféico apresenta maior capacidade antioxidante e maior biodisponibilidade do que o ácido caféico, essa bioconversão pode melhorar sua bioatividade. Alguns dos compostos liberados durante a fermentação, como o ácido dihidrocaféico ou o pirogalol, são antioxidantes fortes e podem explicar as propriedades antioxidantes observadas nos sucos fermentados.

É sugerido que a modificação no perfil dos polifenóis das bebidas possa estar ligada a este aumento na atividade de eliminação de radicais, onde a conversão de compostos fenólicos dietéticos ocorra através das BAL, que podem descarboxilar, desesterificar, desmetilar e desglicosilar esses compostos de alto peso molecular, por meio das enzimas expressas por elas, em especial a descarboxilase e a redutase. Logo, os polifenóis podem ser biotransformados pelas BALs em compostos com maior biodisponibilidade e bioatividade (Li et al., 2019). Além disso, a estabilidade dos polifenóis depende do pH. Portanto, a diminuição do pH devido ao ácido lático liberado pode estabilizar os compostos fenólicos das bebidas fermentadas (Kwaw

et al., 2018), visto que a acidez da bebida pode permitir um bom crescimento bacteriano e, caso este alimento contenha altas concentrações de açúcares simples, espera-se que haja o crescimento de BAL (Riquette, 2013), que podem proteger os polifenóis da degradação química sob condições fisiológicas (Li et al., 2019).

5. Conclusão

Bebidas vegetais fermentadas, parecem ser matrizes alimentares adequadas para a fermentação de ácido láctico e a inoculação de bactérias probióticas. A fermentação de BAL pode ser empregada como uma biotecnologia simples e valiosa para aumentar a biodisponibilidade de polifenóis em sucos de frutas e vegetais. Além disso, efeitos sinérgicos podem ser esperados resultantes do metabolismo dessas bactérias. As vantagens da combinação abrangem a elaboração de bebidas não lácteas com características sensoriais agradáveis, diminuição do teor de açúcar, maior tempo de vida útil, liberação e síntese de compostos bioativos, viabilidade e estabilidade dos probióticos durante tempo de armazenamento. Logo, por meio deste estudo, foi possível analisar o metabolismo dos probióticos em relação as matrizes vegetais, bem como, sua funcionalidade, bioacessibilidade e a composição química e físico-química de bebidas fermentadas vegetais acrescidas de BAL.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior -Brasil (CAPES) - Finance Code 001.

REFERÊNCIAS

- Adebayo-Tayo, B. C., Olomitutu, F. O., & Adebami, G. E. (2021). Production and evaluation of probioticated mango juice using *Pediococcus pentosaceus* and *Pediococcus acidilactici* during storage at different temperature. *Journal of Agriculture and Food Research*, 6, 100202. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100202>.
- Ânima Educação. Grupo Ânima Educação. (2014). Manual revisão bibliográfica sistemática integrativa: a pesquisa baseada em evidências. *Grupo Ânima Educação*. http://biblioteca.cofen.gov.br/wp-content/uploads/2019/06/manual_revisao_bibliografica-sistemática-integrativa.pdf.
- Annunziata, G., Arnone, A., Ciampaglia, R., Tenore, G. C., & Novellino, E. (2020). Fermentation of foods and beverages as a tool for increasing availability of bioactive compounds. Focus on short-chain fatty acids. *Foods*, 9, (8), 999. <https://doi.org/10.3390/foods9080999>.
- Ayed, L.; M'hir, S., & Hamdi, M. (2020). Microbiological, Biochemical, and Functional Aspects of Fermented Vegetable and Fruit Beverages. *Journal of Chemistry*. Article ID 5790432, 12. <https://doi.org/10.1155/2020/5790432>.
- Bancalari, E., Castellone, V., Bottari, B., & Gatti, M. (2020). Wild *Lactobacillus casei* Groups Strains: Potentiality to Ferment Plant Derived Juices. *Foods*, 9(3), 314. <https://doi.org/10.3390/foods9030314>.
- Barreiros, R. C.; Bossolan, G., & Trindade, C. E. P. (2005). Frutose em humanos: efeitos metabólicos, utilização clínica e erros inatos associados. *Revista de Nutrição*, 18, (3), 377 –389. <https://doi.org/10.1590/S1415-52732005000300010>.
- Borges, L. P., & Amorim, V. A. (2020). Metabólitos secundários de plantas. *Revista Agrotecnológica [online]*, 11 (1), 54 – 67. <https://metodista.br/biblioteca/arquivos/norma-apa-metodista-24jan-2022.pdf>.
- Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2018). Resolução da Diretoria Colegiada *RDC n° 241*, de 26 de julho de 2018. https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2018/rdc0241_26_07_2018.pdf.
- Brushan, I., Sharma, M., Mehta, M., Badyal, S., Sharma, V., Sharma, I., Singh, H., & Sistla, S. (2021). Bioactive compounds and probiotics—a ray of hope in COVID-19 management. *Food Science and Human Wellness*, 10 (Ed. 2), 131 – 140. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2021.02.001>.
- Chekdid, A. A., Kahn, C. J. F., Prévot, E., Ferrières, M., Lemois, B. Choquet, C., & Linder, M. (2021). Mixture design applied for formulation and characterization of vegetable-based fermented products. *LWT*, 146, 111336. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111336>.
- Chen, C., Lu, Y., Yu, H., Chen, Z., & Tian, H. (2019). Influence of 4 lactic acid bacteria on the flavor profile of fermented apple juice. *Food Bioscience*, 27, 30 – 36. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.11.006>.
- Cirlini, M., Ricci, A., Galaverna, G., & Lazzi, C. (2020). Application of lactic acid fermentation to elderberry juice: Changes in acidic and glucidic fractions. *LWT*, 118, 108779. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108779>.

- Costa, G. M., Silva, J. V. C., Mingotti, J. D., Barão, C. E., Klososki, S. J., & Pimentel, T. C. (2017). Effect of ascorbic acid or oligofructose supplementation on *L. paracasei* viability, physicochemical characteristics, and acceptance of probiotic orange juice. *LWT*, 75, 195 – 201. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.08.051>.
- Cunha, A. L., Moura, K. S., Barbosa, J. C., & dos Santos, A. F. (2016). Os metabólitos secundários e sua importância para o organismo. *Diversitas Journal*, 1 (2), 175 – 181. <https://doi.org/10.17648/diversitas-journal-v1i2.332>.
- Daba, G. M., Elnahas, M. O., & Elkhateeb, W. A. (2021). Contributions of exopolysaccharides from lactic acid bacteria as biotechnological tools in food, pharmaceutical, and medical applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 173, 79 – 89. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.01.110>.
- De la Fuente, B., Luz, C., Puchol, C., Meca, G., & Barba, F. J. (2021). Evaluation of fermentation assisted by *Lactobacillus brevis* POM, and *Lactobacillus plantarum* (TR-7, TR-71, TR-14) on antioxidant compounds and organic acids of an orange juice milk-based beverage. *Food Chemistry*, 343, 128414. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128414>.
- Dimitrovski, D., Velickova, E., Langerholc, T., & Winkelhausen, E. (2015). Apple juice as a medium for fermentation by the probiotic *Lactobacillus plantarum* PCS 26 strain. *Annals of Microbiology*, 65, 2161-2170. <https://doi.org/10.1007/s13213-015-1056-7>.
- Espírito-Santo, A. P., Carlim, F. & Renard, C. M. C. G. (2015). Apple, grape, or orange juice: Which one offers the best substrate for lactobacilli growth? — A screening study on bacteria viability, superoxide dismutase activity, folates production and hedonic characteristics. *Food Research International*, 78, 352 – 360. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.09.014>.
- Feitosa, P. R. B., Santos, T. R. J., Gualberto, N. C., Narain, N., & Santana, L. C. L. A. (2020). Potencial bioativo de sementes de moringa (*Moringa oleifera* Lamarck) após processo de fermentação em estado sólido. *Research, Society, and Development*, 9 (6), e56963429. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i6.3429>.
- Fessard, A., Kapoor, A., Patche, J., Assemat, S., Hoarau, M., Bourdon, E., Baborun, T., & Remize, F. (2017). Lactic Fermentation as an Efficient Tool to Enhance the Antioxidant Activity of Tropical Fruit Juices and Teas. *Microorganisms*, 5(2), 23. <https://doi.org/10.3390/microorganisms5020023>.
- Filannino, P., Di Cagno, R., & Gobbetti, M. (2018). Metabolic and functional paths of lactic acid bacteria in plant foods: get out of the labyrinth. *Current Opinion in Biotechnology*, 49, 64-72. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2017.07.016>.
- Gaglio, R., Pescuma, M., Madrid-Albarrán, Y., Franciosi, E., Moschetti, G., Francesca, N., Mozzi, F., & Settanni, L. (2021). Selenium bio-enrichment of Mediterranean fruit juices through lactic acid fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 354, 109248. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109248>.
- Gao, H.; Wen, J.-J.; Hu, J.-L.; Nie, Q.-X.; Chen, H.-H.; Nie, S.-P.; Xiong, T., & Xie, M.-Y. (2019). *Momordica charantia* juice with *Lactobacillus plantarum* fermentation: Chemical composition, antioxidant properties and aroma profile. *Food Bioscience*, 29, 62–72. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.03.007>.
- Garcia, C., Guerin, M., Souidi, K., & Remize, F. (2020). Lactic Fermented Fruit or Vegetable Juices: Past, Present and Future. *Beverages*, 6 (1), 8. <https://doi.org/10.3390/beverages6010008>.

- Hashemi, S. M. B., Khaneghah, A. M., Barba, F. J., Nemati, Z., Shokofti, S. S., & Alizadeh, F. (2017). Fermented sweet lemon juice (*Citrus limetta*) using *Lactobacillus plantarum* LS5: Chemical composition, antioxidant, and antibacterial activities. *Journal of Functional Food*, 38 (Pt A), 409 – 414. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.09.040>.
- Hashemi, S. M. B. e Jafarpour, D. (2020). Fermentation of bergamot juice with *Lactobacillus plantarum* strains in pure and mixed fermentations: Chemical composition, antioxidant activity and sensorial properties. *LWT*, 131, 109803. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109803>.
- Hashemi, S. M. B.; Jafarpour, D., & Jouki, M. (2021). Improving bioactive properties of peach juice using *Lactobacillus* strains fermentation: Antagonistic and anti-adhesion effects, anti-inflammatory, and antioxidant properties, and Maillard reaction inhibition. *Food Chemistry*, 365, 130501. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130501>.
- Hibberd, A. A., Yde, C. C., Ziegler, M. L., Honoré, A. H., Saarinen, M. T., Lahtinen, S., Stahl, B., Jensen, H. M., & Stenman, L. K. (2019). Probiotic or symbiotic alters the gut microbiota and metabolism in a randomized controlled trial of weight management in overweight adults. *Beneficial microbes*, 10(2), 121–135. <https://doi.org/10.3920/BM2018.0028>.
- Horst, M. A.; Cruz, A. C.; & Lajolo, F. M. (2016). Biodisponibilidade de compostos bioativos de alimentos. In: Cozzolino, S. M. F. (2016). *Biodisponibilidade de Nutrientes* (5ª ed. Rev. e atual.). Manole, 1433 p.
- Isas, A. S., Mariotti Celis, M. S., Pérez Correa, J. R., Fuentes, E., Rodríguez, L., Palomo, I., Mozzi, F., & Van Nieuwenhove, C. (2020). Functional fermented cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) juice using autochthonous lactic acid bacteria. *Food Research International*, 128 (Pt A), 109729. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109729>.
- Jha, A. K. & Sit, N. (2022). Extraction of bioactive compounds from plant materials using combination of various novel methods: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 119, 579-591. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.11.019>.
- Kaprasob, R., Kerdchoechuen, O., Laohakunjit, N., Sarkar, D. & Shetty, K. (2017). Fermentation-based biotransformation of bioactive phenolics and volatile compounds from cashew apple juice by select lactic acid bacteria. *Process Biochemistry*, 59, (Pt B), 141-149. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2017.05.019>.
- Kaprasob, R., Kerdchoechuen, O., Laohakunjit, N., & Soomboonpanyakul, P. (2018). B vitamins and prebiotic fructooligosaccharides of cashew apple fermented with probiotic strains *Lactobacillus* spp., *Leuconostoc mesenteroides* and *Bifidobacterium longum*. *Process Biochemistry*, 70, 9 – 19. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2018.04.009>.
- Kijmanawat, A.; Panburana, P.; Reutrakul, S.; Tangshewinsirikul, C. (2019). Effects of probiotic supplements on insulin resistance in gestational diabetes mellitus: A double-blind randomized controlled trial. *Journal of Diabetes Investigation*, 10 (1), 163-170. <https://doi.org/10.1111/jdi.12863>.
- Koblitz, M. G. B. (2017). *Bioquímica de Alimentos: Teoria e Aplicações Práticas*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 20-74.
- Koh, W. Y., Uthumporn, U., Rosma, A., Irfan, A. R., & Parque Y. H. (2018). Optimization of a fermented pumpkin-based beverage to improve *Lactobacillus mali* survival and α -glucosidase inhibitory activity: A response surface methodology approach. *Food Science and Human Wellness*, 7 (Ed. 1), 57 – 70. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2017.11.001>.

- Kwaw, E., Ma, Y., Tchabo, W., Apaliya, M. T., Wu, M., Sackey, A. S., Xiao, L., & Tahir, H. E. (2018). Effect of lactobacillus strains on phenolic profile, color attributes and antioxidant activities of lactic-acid-fermented mulberry juice. *Food Chemistry*, 250, 148 – 154. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.009>.
- Lamba, J., Goomer, S., & Saxena, S. K. (2019). Study the lactic acid bacteria content in traditional fermented Indian drink: Kanji. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 16. 10.1016/j.ijgfs.2019.100143.
- Lee, N. K., & Paik, H. D. (2017). Bioconversion Using Lactic Acid Bacteria: Ginsenosides, GABA, and Phenolic Compounds. *Journal of Microbiology and Technology*, 27, (5), 869 – 877. <https://doi.org/10.4014/jmb.1612.12005>.
- Li, S., Tao, Y., Li, D., Wen, G., Zhou, J., Manickam, S., Han, Y., & Chai, W. S. (2021). Fermentation of blueberry juices using autochthonous lactic acid bacteria isolated from fruit environment: Fermentation characteristics and evolution of phenolic profiles. *Chemosphere*, 276, 130090. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130090>.
- Li, T., Jiang, T., Liu, N., Wu, C., Xu, H., & Lei, H. (2021). Biotransformation of phenolic profiles and improvement of antioxidant capacities in jujube juice by select lactic acid bacteria. *Food Chemistry*, 339, 127859. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127859>.
- Li, X.; Li, M.; Ji, N.; Jin, P.; Zhang, J.; Zheng, Y; Zhang, X.; Li, F. (2019). Cold plasma treatment induces phenolic accumulation and enhances antioxidant activity in fresh-cut pitaya (*Hylocereus undatus*) fruit. *LWT*, 115, 108447. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108447>.
- Li, Z., Teng, J., Lyu, Y., Hu, X., Zhao, Y., & Wang, M. (2018). Enhanced antioxidant activity for apple sumo fermented with *Lactobacillus plantarum* ATCC14917. *Molecules*, 24 (1), 51. <https://doi.org/10.3390/molecules24010051>.
- Lillo-Pérez, S., Guerra-Valle, M., Orellana-Palma, P., & Petzold, G. (2021). Probiotics in fruit and vegetables matrices: Opportunities for non-dairy consumers. *LWT*, 151, 112106. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112106>.
- Liu, Y., Gu, P., Laaksonen, O., Wei, B., Zhu, Y., Zhang, B., Zhu, B. & Li, H. (2022). Lactic acid bacteria incubation and aging drives flavor enhancement of goji berry juice. *Journal of Food Composition and Analysis*, 105, 104202. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104202>.
- Machado, T. F.; Borges, M. F.; Porto, B. C.; Sousa, T. C.; Oliveira, F. E. M. (2011). Interferência da microbiota autóctone do queijo coalho sobre *Staphylococcus coagulase* positiva. *Revista Ciência Agronômica*, 42 (2). <https://doi.org/10.1590/S1806-66902011000200011>.
- Mafi, A.; Namazi, G.; Soleimani, A.; Bahmani, F.; Aghadavod, E. & Asemi, Z., (2018). Metabolic and genetic response to probiotics supplementation in patients with diabetic nephropathy: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Food & function*, 9(9), 4763–4770. <https://doi.org/10.1039/c8fo00888d>.
- Malik, M., Bora, J. & Sharma, V. (2019). Growth studies of potentially probiotic lactic acid bacteria (*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus acidophilus*, and *Lactobacillus casei*) in carrot and beetroot juice substrates. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43 (11), e14214. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14214>.
- Mantzourani, I., Kazakos, S., Terpou, A., Alexopoulos, A., Bezirtzoglou, E., Bekatorou, A., & Plessas, S. (2018a). Potential of the Probiotic *Lactobacillus Plantarum* ATCC 14917 Strain to

Produce Functional Fermented Pomegranate Juice. *Foods*, 8 (1), 4. <https://doi.org/10.3390/foods8010004>.

Mantzourani, I., Nouska, C., Terpou, A., Alexopoulos, A., Bezirtzoglou, E., Panayiotidis, M. I., Galanis, A., & Plessas, S. (2018b). Production of a Novel Functional Fruit Beverage Consisting of Cornelian Cherry Juice and Probiotic Bacteria. *Antioxidants*, 7 (11), 163. <https://doi.org/10.3390/antiox7110163>.

Mantzourani, I., Terpou, A., Alexopoulo, A., Bezirtzoglou, E., Bekatorou, A., & Plessas, S. (2019). Production of a potentially symbiotic fermented Cornelian cherry (*Cornus mas* L.) beverage using *Lactobacillus paracasei* K5 immobilized on wheat bran. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 17, 347 – 351. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.12.021>.

Mantzourani, I., Terpou, A., Bekatorou, A., Mallouchos, A., Alexopoulos, A., Kimbaris, A., Bezirtzoglou, E., Koutinas, A. A., & Plessas, S. (2020). Functional pomegranate beverage production by fermentation with a novel symbiotic biocatalyst. *Food Chemistry*, 308, 25658. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125658>.

Marcillo-Parra, V., Tupuna-Yerovi, D. S., González, Z., & Ruales, J. (2021). Encapsulation of bioactive compounds from fruit and vegetable by-products for food application – A review. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 11-23. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.07.009>.

Marrero, S. C., Martínez-Rodríguez, A., Pérez, S. E. M., & Moya, S. P. (2019). New Trends and Applications in Fermented Beverages. *Fermented Beverages*, 5, 31 – 66. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815271-3.00002-6>.

Mathur, H., Beresford, T. P., & Cotter, P. D. (2020). Health Benefits of Lactic Acid Bacteria (LAB) Fermentates. *Nutrients*, 12(6), 1679. <https://doi.org/10.3390/nu12061679>.

Miranda, R. F., Paula, M. M., Costa, G. M., Barão, C. E., Silva, A. C. R., Raices, R. S. L., Gomes, R. G., & Pimentel, T. C. (2019). Orange juice added with *L. casei*: is there an impact of the probiotic addition methodology on the quality parameters? *LWT*, 106, 186 – 193. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.02.047>.

Moreira, R. M., Martins, M. L., Leite Júnior, R. C., Martins, E. M. F., Ramos, A. M., Cristianini, M., Campos, A. N. R., Stringheta, P. C., Silva, V. R. O., Canuto, J. W. Oliveira, D. D. C., & Pereira, D. C. S. (2017). Development of a juçara and Ubá mango juice mixture with added *Lactobacillus rhamnosus* GG processed by high pressure. *LWT*, 77, 259 – 268. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.049>.

Mousavi, Z. E., Mousavi, S. M., Razavi, S. H., Emam-Djomeh, E., & Kiani, H. (2011). Fermentation of pomegranate juice by probiotic lactic acid bacteria. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 27, 123–128. <https://doi.org/10.1007/s11274-010-0436-1>.

Muhaladin, B. J., Kadum, H., Zarei, M. & Hussin, A. S. M. (2020). Effects of metabolite changes during lacto-fermentation on the biological activity and consumer acceptability for dragon fruit juice. *LWT*, 121, 108992. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108992>.

Muhaladin, B. J., Hussin, A. S. M., Kadum, H., Hamid, A. A. & Jaafar, A. H. (2021). Metabolomic changes and biological activities during the lacto-fermentation of jackfruit juice using *Lactobacillus casei* ATCC 334. *LWT*, 141, 110940. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.110940>.

- Mustafa, S. M., Chua, L. S., El-Enshasy, H. A., Majid, F. A. A. & Hanapi, S. Z. (2020). Kinetic profile and anti-diabetic potential of fermented *Punica granatum* juice using *Lactobacillus casei*. *Process Biochemistry*, 92, 224 – 231. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2020.01.014>.
- Panda, S. K., Behera, S. K., Qaku, X. W., Sekar, S., Ndinteh, D. T., Nanjundaswamy, H. M., Ray, R. C. & Kayitesi, E. (2017). Quality enhancement of prickly pears (*Opuntia* sp.) juice through probiotic fermentation using *Lactobacillus fermentum* - ATCC 9338. *LWT*, 75, 453–459, 2017. doi: 10.1016 / j.lwt.2016.09.026. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.09.026>.
- Panghal, A., Virkar, K., Kumar, V., Dhull, S. B., Gat, Y. & Chhikara, N. (2017). Development of Probiotic Beetroot Drink. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 5 (3). <http://dx.doi.org/10.12944/CRNFSJ.5.3.10>.
- Peng, W., Meng, D., Yue, T., Wang, Z & Gao, Z. (2021). Effect of the apple cultivar on cloudy apple juice fermented by a mixture of *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum*, and *Lactobacillus fermentum*. *Food Chemistry*, 340, 127922. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127922>.
- Pereira, A., Feitosa, W., Abreu, V., Lemos, T. O., Gomes, W. F., Narain, N., & Rodrigues, S. (2017). Impact of fermentation conditions on the quality and sensory properties of a probiotic cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) beverage. *Food Research International*, 100 (Pt 1), 603 – 611. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.055>.
- Pimentel, T. C., Costa, W. K. A., Barão, C. E., Rosset, M. & Magnani, M. (2021). Vegan probiotic products: A modern tendency or the newest challenge in functional foods. *Food Research International*, 140, 110033. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110033>.
- Plumed-Ferrer, C.; Koistinen, K. M.; Tolonen, T. L.; Lehesranta, S. J. et al. (2008). Comparative Study of Sugar Fermentation and Protein Expression Patterns of Two *Lactobacillus plantarum* Strains Grown in Three Different Media. *Applied And Environmental Microbiology*, 74, 17, 5349–5358. doi:10.1128/AEM.00324-08.
- Rice, T., Sahin, A. W., Lynch, K. M., Arendt, E. K., & Coffey, A. (2020). Isolation, characterization, and exploitation of lactic acid bacteria capable of efficient conversion of sugars to mannitol. *International Journal of Food Microbiology*, 321, 108546. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108546>.
- Riquette, R. F. R. (2013). *Bebidas fermentadas probióticas à base de extrato hidrossolúvel de soja adicionadas de mel de abelha: desenvolvimento, avaliação sensorial e determinação de vida de prateleira*. [Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais].
- Rizzon, L. A.; Zanuz, M. C. & Miele, A. (1997). Efeito da fermentação maloláctica na composição do vinho tinto. *Ciência Rural*, 27 (3). <https://doi.org/10.1590/S0103-84781997000300022>.
- Rolim, P. M.; Hu, Y. & Ganzle, M. G. (2019). Sensory analysis of juice blend containing isomalto-oligosaccharides produced by fermentation with *Weissella cibaria*. *Food Research International*, 124, 86-92. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.089>.
- Ruiz Rodríguez, L. G., Zamora Gasga, V. M., Pescuma, M., Van Nieuwenhove, C., Mozzi, F., & Sánchez Burgos, J. A. (2021). Fruits and fruit by-products as sources of bioactive compounds. Benefits and trends of lactic acid fermentation in the development of novel fruit-based functional beverages. *Food Research International*, 140, 109854. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109854>.

- Saad, S. M. I. (2006). Probióticos e prebióticos: o estado da arte. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, 42 (1). <https://doi.org/10.1590/S1516-93322006000100002>.
- Santos Filho, A. L., Freitas, H. V., Rodrigues, S., Abreu, V. K. G., Lemos, T. O., Gomes, W. F., Narain, N. & Pereira, A. L. F. (2019). Production and stability of probiotic cocoa juice with sucralose as sugar substitute during refrigerated storage. *LWT*, 99, 371 – 378. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.007>.
- Segün, I. Y., Kirmizigul, A., Atlama, K. & Yilmaz, B. (2020). The viability of *Lactobacillus rhamnosus* in orange juice fortified with nettle (*Urtica dioica* L.) and bioactive properties of the juice during storage. *LWT*, 118, 108707. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108707>.
- September -Malaterre, A., Remize, F. & Poucheret, P. (2018). Fruits and vegetables, as a source of nutritional compounds and phytochemicals: Changes in bioactive compounds during lactic fermentation. *Food research international*, 104, 86–99. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.031>
- Sharifudin, S. A., Ho, W. Y., Yeap, S. K., Abdullah, R. & Koh, S. P. (2021). Fermentation and Characterization of potential Kombucha cultures on papaya-based substrates. *LWT*, 151, 112060. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112060>.
- Sharma S., Kandasamy, S., Kavitate, D. & Shetty, P. H. (2018). Probiotic characterization and antioxidant properties of *Weissella confusa* KR780676, isolated from an Indian fermented food. *LWT*, 97, 53-60. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.06.033>.
- Silva, J. C. & Nery, I. A. (2020). Produção e avaliação comparativa da atividade antioxidante de bebidas fermentadas de caju sob diferentes condições de pH e temperatura. *Perspectivas da Ciência e Tecnologia*, 12, 91 – 102. <http://dx.doi.org/10.22407/1984-5693.2020.v12.p91-102>.
- Stenman, L. K., Lehtinen, M. J., Meland, N., Christensen, J. E., Yeung, N., Saarinen, M. T., Courtney, M., Burcelin, R., Lähdeaho, M. L., Linros, J., Apter, D., Scheinin, M., Kloster Smerud, H., Rissanen, A., & Lahtinen, S. (2016). Probiotic With or Without Fiber Controls Body Fat Mass, Associated with Serum Zonulin, in Overweight and Obese Adults-Randomized Controlled Trial. *EBioMedicine*, 13, 190–200. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2016.10.036>.
- Szutowska, J. (2020). Functional properties of lactic acid bacteria in fermented fruit and vegetable juices: a systematic literature review. *European Food Research and Technology*, 246, 357 -372. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03425-7>.
- Szutowska, J., Gwiazdowska, D., Rybicka, I., Pawlak-Lemańska, K., Biegańska-Marecik, R., & Gliszczyńska-Świgło, A. (2021) Controlled fermentation of curly kale juice with the use of autochthonous starter cultures. *Food Research International*, 149, 110674. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110674>.
- Terhaag, M. M.; Bertusso, F. R.; Prudêncio, S. H. (2020). Desenvolvimento de bebidas probióticas não lácteas adicionadas de *Saccharomyces boulardii*: situação atual e perspectiva. *Research, Society and Development*, 9 (12), e17491211031. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i12.11031>.
- Terpou, A., Papadaki, A., Lappa, I. K., Kachrimanidou, V., Bosnea, L. A., & Kopsahelis, N. (2019). Probiotics in Food Systems: Significance and Emerging Strategies Towards Improved Viability and Delivery of Enhanced Beneficial Value. *Nutrients*, 11(7), 1591. <https://doi.org/10.3390/nu11071591>.

- Valero-Cases, E., Cerdá-Bernad, D., Pastor, J. J., & Frutos, M. J. (2020). Non-Dairy Fermented Beverages as Potential Carriers to Ensure Probiotics, Prebiotics, and Bioactive Compounds Arrival to the Gut and Their Health Benefits. *Nutrients*, 12(6), 1666. <https://doi.org/10.3390/nu12061666>.
- Verruck, S.; Prudencio, E. S. & Silveira, S. M. (2018). Compostos Bioativos com capacidade antioxidante e antimicrobianas em frutas. *Revista do Congresso Sul Brasileiro de Engenharia de Alimentos*, 4 (1), 111- 124. <https://doi.org/10.5965/24473650412018111>.
- Vieira, K. C. O., Ferreira, C. S., Bueno, E. B. T., Moraes, Y. A., Toledo, A. C. C. G., Nakagagi, W. R., Pereira, V. C. & Winkelstroter, L. K. (2020). Development and viability of probiotic orange juice supplemented by *Pediococcus acidilactici* CE51. *LWT*, 130, 109637. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109637>.
- Vivek, K., Mishra, S., Pradha, R. C. & Jayabalan, R. (2019). Effect of probiotification with *Lactobacillus plantarum* MCC 2974 on quality of Sohiong juice. *LWT*, 108, 55 - 60. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.03.046>.
- Wang, Z., Feng, Y., Yang, N., Jiang, T., Xu, H. & Lei H. (2022). Fermentation of kiwifruit juice from two cultivars by probiotic bacteria: Bioactive phenolics, antioxidant activities and flavor volatiles. *Food Chemistry*, 373 (Pt B), 131455. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131455>.
- World Gastroenterology Organization Practice Guideline. WGO. (2017). *Probiotics and prebiotics*, 35p. <https://www.worldgastroenterology.org/UserFiles/file/guidelines/probiotics-and-prebiotics-portuguese-2017.pdf>.
- Xu, X., Bi, S., Lao, F., Chen, F., Liao, X., & Wu, J. (2021). Comprehensive investigation on volatile and non-volatile metabolites in broccoli juices fermented by animal- and plant-derived *Pediococcus pentosaceus*. *Food Chemistry*, 341(Pt 1). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128118>.
- Xu, X., Bao, Y., Wu, B., Lao, F., Hu, X., & Wu, J. (2019). Chemical analysis and flavor properties of blended orange, carrot, apple, and Chinese jujube juice fermented by selenium-enriched probiotics. *Food Chemistry*, 289, 250 – 258. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.068>.
- Zhang, Y., Liu, W., Wei, Z. Yin, B., Man, C. & Jiang, Y. (2021). Enhancement of functional characteristics of blueberry juice fermented by *Lactobacillus plantarum*. *LWT*, 139, 110590. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110590>

CAPÍTULO 2

Capacidade antioxidante e viabilidade celular de uma bebida à base de uva fermentada com *Lacticaseibacillus rhamnosus* e enriquecida com farinha de casca de uva orgânica

Techandra Karani^a, Raíssa de Oliveira Balthar^b, Carolina Beres^c, Kátia Gomes de Lima Araújo^a e Renata Rangel Guimarães^d, Juliana Furtado Dias^b.

^a Programa De Pós-Graduação Em Ciências Aplicadas A Produtos Para Saúde, Universidade Federal Fluminense (UFF), Rio de Janeiro, Brasil.

^b Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), Rio de Janeiro, Brasil.

^c Universidade Estácio de Sá (UNESA), Rio de Janeiro, Brasil.

^d Instituto de Nutrição, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, Brasil.

Este artigo será submetido a Revista: Research, Society and Development.

Resumo

É crescente a demanda por produtos alimentícios com alegação de propriedade funcional e de saúde como os alimentos probióticos. Associado a isto, bebidas à base de uva podem conferir benefícios à saúde devido à maior produção de compostos bioativos como os compostos fenólicos, que conferem características antioxidantes e são preservados nos subprodutos da industrialização da uva. Estes subprodutos podem ser utilizados como base para o desenvolvimento de bebidas fermentadas com características probióticas, de alto valor funcional agregado. O objetivo deste estudo foi aprimorar uma bebida à base de uva fermentada com *Lacticaseibacillus rhamnosus* e enriquecida com farinha de casca de uva orgânica. O uso de suco e subproduto de uva orgânica permitiu o desenvolvimento de uma bebida probiótica com alta capacidade antioxidante. Realizou-se a caracterização antioxidante das bebidas nos tempos 0, 1, 7, 15, 30 e 45 dias de intervenção com as bebidas. O uso de suco e subproduto de uva orgânica permitiu o desenvolvimento de uma bebida probiótica com alta capacidade antioxidante. Foi possível verificar que a produção de ácido lático, durante o processo fermentativo, manteve o consumo de açúcar e aumento da acidez em condições extremas durante o armazenamento da bebida por 45 dias sob refrigeração à 4°C. A presença do probiótico e a fermentação na bebida produzida, fonte de compostos fenólicos, contribuíram com o aumento da capacidade antioxidante provavelmente devido a biotransformações dos fenólicos.

Palavras-chave: bagaço de uva; uvas orgânicas; probióticos; bactéria láctica; atividade antioxidante

Abstract

There is a growing demand for food products with health and functional properties, such as probiotic foods. Associated with this, grape-based beverages can provide health benefits due to the greater production of bioactive components such as phenolic compounds, which confer antioxidant characteristics and are preserved in the by-products of grape industrialization. These by-products can be used as a basis for the development of fermented beverages with probiotic characteristics, with high added value. The aim of this study was to improve a grape-based drink fermented with *Lacticaseibacillus rhamnosus* and enriched with organic grape skin flour. The use of organic grape juice and by-products allowed the development of a probiotic beverages with a high antioxidant capacity. The antioxidant characterization of the beverages was carried out on 0, 1, 7, 15, 30 and 45 days of intervention with the beverages. The use of organic grape juice and by-product allowed the development of a probiotic beverages with high antioxidant capacity. It was possible to verify the production of lactic acid, during the fermentation process, during the consumption of sugar and the maintenance of precision in extreme conditions during the storage of the beverage for 45 days in the aeronautical vehicle. The presence of probiotics and fermentation in the beverage produced, a source of antioxidant compounds, with increased capacity probably due to biotransformation.

Keywords: grape pomace; organic grapes; probiotics; lactic acid bacteria; antioxidant activity

Resumén

Existe una demanda creciente de productos alimenticios con declaraciones de propiedades saludables y funcionales, como los alimentos probióticos. Asociado a esto, las bebidas a base de uva pueden brindar beneficios para la salud debido a la mayor producción de componentes bioactivos como los compuestos fenólicos, que les confieren características antioxidantes y se conservan en los subproductos de la industrialización de la uva. Estos subproductos pueden ser utilizados como base para el desarrollo de bebidas fermentadas con características probióticas, de alto valor agregado. El objetivo de este estudio fue mejorar una bebida a base de uva fermentada con *Lacticaseibacillus rhamnosus* y enriquecida con harina de piel de uva orgánica. El uso del jugo proótico de uvabi con el desarrollo de una bebida con alta capacidad antioxidante. La caracterización antioxidante de las bebidas se realizó a los 0, 1, 7, 15, 30 y 45 días de intervención con las bebidas. El uso del jugo proótico de uvabi con el desarrollo de una bebida con alta capacidad antioxidante. Se pudo verificar la producción de ácido láctico, durante el proceso de fermentación, durante el consumo de azúcar y el mantenimiento de la

precisión en condiciones extremas durante el almacenamiento de la bebida durante 45 días bajo el vehículo aeronáutico. La presencia de probióticos y fermentación en la bebida producida, fuente de compuestos antioxidantes, con mayor capacidad probablemente por biotransformaciones.

Palabras clave: orujo de uva; uvas orgánicas; probióticos; bacterias de ácido láctico; actividad antioxidante

1.Introdução

A produção mundial de frutas tem apresentado um crescimento contínuo (Departamento de Economia Rural – DERAL, 2020). De acordo com dados da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (2021), os três maiores Produtores mundiais de frutas são a China, a Índia e o Brasil, sendo o último responsável por 4,6% do volume colhido, com uma produção de 39,9 milhões de toneladas, com colheitas significativas de laranja, banana, melancia, abacaxi e uva (Deral, 2020).

No Brasil, em especial a região Sul, é um dos centros mais importantes de produção de frutas junto a região Nordeste, é a maior produtora de uva (*Vitis vinifera* L. (Vitaceae)). A uva é uma importante cultura comercial mundial (Zhou et al., 2019). Seu cultivo representa a segunda maior produção de frutas do mundo e sua produção mundial atingiu cerca de 77,8 milhões de toneladas em 2018 (OIV, 2020). No Brasil, em março de 2021, estima-se uma produção de 1,7 milhões toneladas, o que representa uma área vinícola plantada correspondente a cerca de 73.816 hectares (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], 2021). Das uvas derivam diversos produtos como sucos de uva, vinhos, vinagre, geleia e licores (Beres et al., 2017), sendo grande parte da uva que é cultivada, é utilizada para a produção, principalmente, de suco e vinho, onde cerca de 144,63 milhões de litros de vinho de mesa e 184,54 milhões de suco de uva integral foram produzidos a partir de uvas americanas no ano de 2019 (de Mello, 2020).

A agricultura orgânica é um padrão cada vez mais popular devido aos benefícios associados ao meio ambiente, biodiversidade e a busca gradual dos consumidores por produtos saudáveis e sustentáveis (Iglesias-Carres et al., 2019; Cravero, 2019; Xu et al., 2020). Além disso, o cultivo de plantas orgânicas estimula uma maior produção de metabólitos secundários, em comparação com o método convencional não orgânico, como os compostos bioativos que beneficiam a saúde do ser humano (De La Luz Cádiz-Guerra et al., 2020).

O processamento da uva gera grande quantidade de subprodutos, como o bagaço constituído principalmente por cascas e sementes, que são ricos em flavonoides, sendo uma fonte mais barata de compostos bioativos, sendo usados como suplementos ou na produção de fitoquímicos, o que representa uma alternativa ecológica e econômica na gestão de resíduos (Beres et al., 2017; DU et al., 2021). O processamento do bagaço de uva em farinha permite melhor conservação e maior durabilidade desse produto (Bender et al., 2020; Monteiro et al., 2021), uma vez que o processo de secagem e liofilização aplicado ao bagaço da uva pode contribuir para o aumento do teor de compostos fenólicos e da atividade antioxidante, quando aplicado a uma temperatura entre 40°C e 80°C. Já a aplicação da temperatura acima de 100°C causa a perda dessas propriedades e mudança de cor, relacionada à perda de antocianinas (Dermikol & Tarakci, 2018). Assim, este processo permite a aplicação do bagaço de uva em novos produtos como muffins (Elif; Tugba; Ilkay, 2022), muffins veganos (Bianchi et al., 2022), biscoitos (Abreu et al., 2019; Wenjuan et al. 2022), folha de wafer (Altinok et al., 2022), que possuem efeitos benéficos para a saúde (Abreu et al., 2019).

Os produtos e subprodutos derivados da uva, principalmente os orgânicos, apresentam um alto valor nutricional e propriedades bioativas em sua composição, que os caracterizam como alimentos funcionais (AF) (Bender et al., 2020; Iglesias-Carres et al., 2019), que são definidos como “qualquer alimento que possa ter um impacto positivo na saúde, desempenho físico ou estado mental de um indivíduo, além de seu valor nutritivo” (Costa; Rosa, 2016; Ferreira; Faller, 2020), provocando assim, alterações metabólicas promovidas após o seu consumo em quantidades específicas (Magalhães, 2019). Dentre os alimentos funcionais, têm impulsionado a indústria alimentícia os alimentos probióticos (Dias, 2012).

Os probióticos são microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem benefícios à saúde do hospedeiro (Fao/Who, 2006). Quando aplicados a subprodutos de frutas em um processo fermentativo, os probióticos favorecem a biotransformação de nutrientes e bioativos compostos que permitem um aumento nas características funcionais (Dermikol & Tarakci, 2018; Deolindo et al., 2019; Martins et al., 2020). A biotransformação durante processos de fermentação envolve o crescimento da viabilidade celular probiótica, redução do pH do meio, metabolização de açúcares e ácidos, especialmente o ácido lático que pode aumentar a acidez (Campanella et al., 2017; Dias et al., 2018; Morais et al., 2019; Yan et al., 2019; Oliveira et al., 2020; Wang et al., 2020). No entanto, a capacidade antioxidante melhora pode estar associada às biotransformações de compostos

fenólicos que interferem na sua biodisponibilidade (Semptembre-Malaterre et al., 2018; Filannino et al., 2018; Yan et al., 2019).

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi desenvolver uma bebida à base de uva fermentada com *Lactocaseibacillus rhamnosus* e enriquecida com farinha de casca de uva orgânica.

2. Material e métodos

2.1 Matéria-prima

Foram utilizados suco de uva orgânico comercial sem adição de conservantes e farinha de casca da uva orgânica Bordeaux *Vitis labrusca* L., resultante da produção de suco de uva integral, doados pela empresa Econatura Produtos Ecológicos Naturais LTDA, da cidade de Garibaldi, (RS, Brasil), que é certificada para a produção de produtos orgânicos à base de uva. Ambos os produtos foram armazenados sob refrigeração a 4 °C, em recipientes selados, próprios, ao abrigo de luz, calor e umidade, para garantir a sua preservação.

A cultura probiótica utilizada no estudo foi a cepa *Lactocaseibacillus rhamnosus* LR04 - ID (DSM16605), proveniente da Itália, que foi doada pela empresa comercializadora de probióticos COANA Importação e Exportação LTDA da cidade de Florianópolis (Santa Catarina, Brasil). Esta cultura liofilizada foi mantida na embalagem original, sob refrigeração à 4 °C.

2.2 Métodos

2.2.1 Desenvolvimento da bebida probiótica

2.2.1.1 Preparo do inóculo

A cepa foi ativada em caldo Man Rogosa & Sharp (MRS) (Merck) e incubada em atmosfera microaerófila por 24 horas a 37 °C. Posteriormente, foi preparada uma suspensão na Escala 0,5 de McFarland, 10^6 log de Unidades Formadoras de Colônias por mililitro (UFC.mL⁻¹), em solução salina para inoculação à bebida (Dias, 2014). A sobrevivência da cultura foi avaliada pela técnica da contagem em placa por plaqueamento na superfície de ágar MRS a 37 °C em atmosfera de microaerofilia.

2.2.1.2 Elaboração da bebida probiótica

A bebida foi preparada utilizando suco de uva orgânica a 50 % v/v, suplementado com 3 % m/v de farinha de casca de uva orgânica, adicionado 7,5 % de sacarose e água destilada em frascos estéreis de 20 mL. O pH foi ajustado para 5,5 com carbonato de cálcio (CaCO₃) 0,02M. Após mistura dos ingredientes e agitação em vórtex Mixer XH-2800 (marca Warmnest) por até 1 minuto em velocidade média, a bebida foi pasteurizada em banho-maria por 15 min a 85 °C com subsequente resfriamento em banho de gelo por mais 15 min (Dias et al., 2018).

2.2.1.3 Inoculação da cepa probiótica na bebida e fermentação

A cepa *Lactocaseibacillus rhamnosus* LR04 - ID (DSM16605) foi inoculada em cada frasco de 20 mL de bebida em uma proporção de 10 µL da suspensão bacteriana para cada 1 mL de bebida correspondente a 10⁶ UFC.mL⁻¹, em triplicata, e as bebidas fermentadas por 18h em microaerofilia a 37 °C. Após o processo fermentativo, as amostras foram armazenadas sob refrigeração a 4 °C por 45 dias, sendo avaliadas no tempo 0, controle (bebida à base de uva não fermentada), dia 1, imediatamente após a fermentação, e após 7, 15, 30 e 45 dias de armazenamento refrigerado.

2.2.2 Avaliação da bebida probiótica

2.2.2.1 Contagem de células viáveis da cepa probiótica

A contagem de células viáveis de *L. rhamnosus* LR04- ID (DSM16605) na bebida probiótica, foi realizada em triplicata pela técnica da contagem em placa por semeadura em superfície em ágar MRS a 37 °C por 48 a 72h. As amostras da bebida foram diluídas em série, 10⁻¹ a 10⁻⁶, em solução salina 0,85%, homogeneizadas em vórtex XH-2800 (marca Warmnest) e 0,1 mL foram semeadas em ágar MRS e incubadas a 37 °C por 48 a 72h em atmosfera de microaerofilia (DIAS, 2014). Os resultados foram expressos em UFC.mL⁻¹.

2.2.2.2 Determinação do pH

As medidas de pH foram realizadas após fermentação e durante os tempos de armazenamento da bebida, através da leitura direta em potenciômetro marca Metrohm, modelo 785, de acordo com a metodologia descrita pela AOAC (1984), utilizando as soluções tampão pH 4,0 e pH 7,0, para calibração do equipamento. As análises de pH foram realizadas durante a produção e armazenamento da bebida.

2.2.2.3 Determinação da capacidade antioxidante utilizando 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH)

A avaliação da atividade sequestrante do radical DPPH foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Brand-Williams (1995) e Rufino et al. (2007). Para avaliação da atividade antioxidante, a bebida foi diluída a concentração equivalente a 1:100 sendo 1 parte da bebida desenvolvida para 100 partes de água e uma curva padrão de DPPH foi preparada com trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico) a partir da preparação de soluções metanólicas em diferentes concentrações (0 a 2000 μmol de trolox). O meio reacional foi constituído por 500 μL de três diferentes concentrações (50 μL , 100 μL , 200 μL) da bebida e metanol e 3 mL de uma solução do radical DPPH 0,06 mM, em triplicata. Em cada poço da microplaca foram adicionados 200 μL da solução. A redução do radical do DPPH foi medida através da leitura no comprimento de onda de máxima absorção a 515 nm, em espectrofotômetro da Marca Shimadzu, Modelo UV-1800, utilizando o metanol como o branco. Os resultados foram expressos em atividade antioxidante equivalente de trolox por mililitro de amostra.

2.2.2.4 Determinação da capacidade antioxidante total pelo método de redução do ferro (FRAP)

A atividade antioxidante determinada pelo método de FRAP foi realizada de acordo com Pulido et al. (2000) e Rufino et al. (2006). A análise da atividade antioxidante e poder de redução de metal foi baseado na quantificação da capacidade de redução do complexo Fe (III)-TPTZ (forma férrica) para o complexo Fe (II)-TPTZ (forma ferrosa) em meio ácido, formando um complexo colorido em pH 3,6. Para análise, foi preparada uma diluição da bebida desenvolvida de 1:10 em água e uma curva padrão analítica de sulfato ferroso em diferentes concentrações (50 μL , 100 μL , 200 μL , 400 μL , 600 μL , 800 μL). O meio reacional foi constituído por 20 μL de amostra e 180 μL de reagente FRAP em microplaca de 96 poços. Após 30 min em banho-maria 37°C foi efetuada a leitura de absorbância a 593 nm em um leitor de microplacas da Marca Shimadzu, Modelo UV-1800 com detector de absorbância. Os resultados foram expressos em μmol de sulfato ferroso equivalente por mililitro de amostra.

2.2.2.5 Determinação da capacidade antioxidante pelo método Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC)

A capacidade de absorção do radical de oxigênio ORAC foi realizado segundo Zulueta et al. (2009) e Rufino et al. (2007) com intuito de avaliar a capacidade antioxidante da bebida desenvolvida em eliminar radicais peroxila ($\text{ROO}\cdot$). A atividade antioxidante das substâncias foi determinada através da diferença entre a área sob a curva de fluorescência da amostra

subtraída pela área sob a curva do branco, medida pelo decaimento da fluorescência com a adição da substância antioxidante no decorrer do tempo, em microplaca de cor escura de 96 poços. A leitura foi realizada em um leitor de microplacas (BMG Labtech, FLUOstar OPTIMA) em comprimentos de onda específicos (485 nm e 535 nm). A microplaca contendo amostras em triplicata foi incubada por 15 minutos a 37°C, antes da adição do AAPH (430 mM, em PBS). A atividade antioxidante ORAC foi expressa em μmol equivalente trolox por litro (μmol trolox.L⁻¹) (Zulueta, Esteve & Frígola, 2009). Não foi possível realizar a análise ORAC do período de 45 dias de armazenamento da bebida produzida devido a dificuldades oriundas do fechamento dos laboratórios durante a pandemia da COVID-19. Após os tempos de armazenamento, as amostras das bebidas eram mantidas armazenadas em congelamento no ultracongelador (abaixo de 15°C) até a possível realização da análise.

2.2.3 Análise estatística

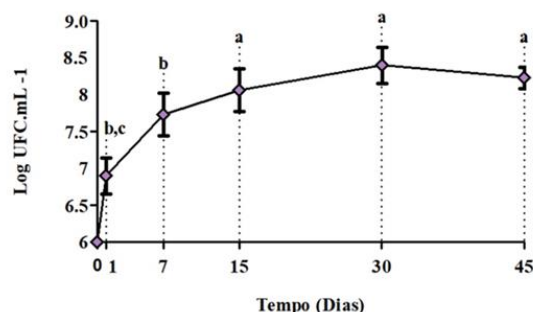
Os dados foram avaliados por estatística básica descritiva como média e desvio-padrão. Os dados experimentais obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), seguida pelo pós-teste de Tukey, com nível de significância de 5% ($p < 0,05$). A análise de correlação linear de Pearson também foi realizada. Todo o tratamento estatístico foi realizado pelo *software* GraphPad Prism 5.

3. Resultados e discussão

3.1 Viabilidade celular de *L. rhamnosus*

A viabilidade celular de *L. rhamnosus* na bebida desenvolvida armazenada sob refrigeração a 4 °C está expressa na **Figura 1**.

Figura 1. Viabilidade celular de *L. rhamnosus* em bebida à base de uva e enriquecida com farinha de casca de uva orgânica durante o armazenamento 4°C por 45 dias



Legenda: Tempo 0: Referente ao controle (antes da fermentação); Dia 1: Resultados obtidos após 18h/37°C em microaerofilia (1º dia de análise). Resultados expressos em média e desvio-padrão. Letras diferentes apresentam diferença significativa pelo teste estatístico aplicado ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Fonte: Os Autores, 2022.

Na Figura 1, é possível observar que a cepa probiótica é capaz de crescer na matriz à base de uva enriquecida com farinha de casca de uva orgânica. Nos primeiros 15 dias, a contagem de células viáveis foi $6,9 \pm 0,9$; $7,6 \pm 0,56$ e $8,0 \pm 0,6$ log UFC.ml-1 ($p < 0,05$), respectivamente nos dias 1, 7 e 15 de armazenamento refrigerado a 4 °C. A cepa se manteve estável e viável após 30 dias ($8,4 \pm 0,8$ log.UFC.ml-1) e 45 dias ($8,2 \pm 0,7$ log.UFC.ml-1) ($p > 0,05$).

As BAL apresentam capacidade de crescimento em meios ricos em nutrientes e compostos fenólicos como em bebidas à base de frutas cítricas. Para conferir capacidade probiótica, com benefícios à saúde, é necessário que a contagem de células viáveis dos produtos probióticos alcancem um número mínimo de microrganismos viáveis durante o armazenamento para que no momento do consumo tenha 6 -7 log UFC/g ou mL do produto (Mantzourani et al., 2019; Valero-Cases et al, 2020) ou ainda 8 Log UFC/g ou mL e, conseqüentemente, promova o (s) efeito (s) benéfico (s) à saúde (*World Gastroenterology Organization Practice Guideline* (WGO, 2017).

Os resultados encontrados neste estudo estão de acordo com a avaliação da viabilidade celular em produtos e subprodutos de diferentes frutas e de uva fermentadas. Foram observadas contagens de probióticos superiores a 10^7 UFC/mL durante o armazenamento em algumas bebidas fermentadas à base de frutas (Gaglio et al., 2021; Liu et al., 2022; Muhialdin et al., 2021; Peng et al., 2021; Wang et al., 2022; Zhang et al. 2021), o que demonstra que as bebidas

fermentadas à base de frutas permitem o crescimento e metabolismo de probióticos (Peng et al., 2021). Isto estaria relacionado à capacidade de síntese celular de nutrientes adicionais a partir da matéria-prima e da matriz vegetal ser fonte de vitaminas, minerais, antioxidantes e fibra alimentar (Lillo-Pérez et al. 2021). A suplementação de substâncias prebióticas também tem demonstrado ser benéfica para viabilidade das cepas (Mantzourani et al., 2020; Valero-Casaes et al., 2020; Terpou et al., 2019).

Campanella et al. (2017) observaram que *L. plantarum* 12 A e PU1 e *L. paracasei* 14A mostraram a capacidade de crescimento em bagaço de uva adicionado de glicose (1%) (GMG) e sacarose (1%) (GM) e fermentado por um período de 24h/30°C, que apresentou viabilidade celular de até 9 log.UFC.ml-1, com aumento de 2 ciclos log. Em concordância, Dias et al. (2018) observaram que *L. rhamnosus* ATCC 7469, *L. casei* ATCC 393 e *L. delbrueckii* ATCC 9649 foram capazes de crescer até 4 ciclo logs em bebida de uva enriquecida com bagaço durante 24 h/37°C de fermentação, na qual apresentaram contagens entre 8 e 9 log.UFC.ml-1 e viabilidade durante o período de armazenamento por 10 dias. Ambos os estudos indicaram que o processo fermentativo em produtos e subprodutos de frutas e uva, por pelo menos 24h/37°C, contribui para o crescimento e a viabilidade celular em até 4 ciclos log, semelhante ao observado neste estudo. A bebida produzida com farinha de bagaço de uva orgânica fermentada por 18h/37°C, contribuiu com o aumento em aproximadamente 3 ciclos log durante o armazenamento, indicando que a viabilidade celular pode variar de acordo com o tipo de substrato disponível e o tempo de fermentação. Por ser fonte de fibras alimentares, vitaminas e antioxidantes, é possível que a presença da farinha de bagaço de uva tenha contribuído com o atraso do crescimento da viabilidade celular, uma vez que estes compostos sofrem hidrólise por parte das BAL para liberação de carboidratos, fontes de energia para crescimento (Filannino et al., 2018).

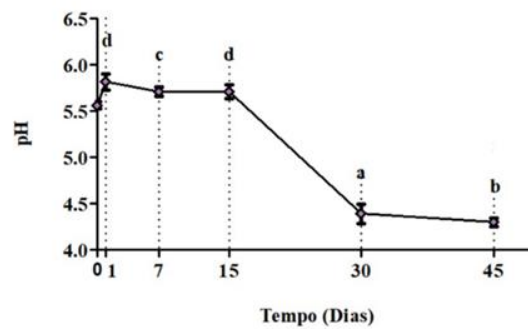
3.2 pH da bebida probiótica desenvolvida

Na Figura 2, podem ser observados os valores de pH da bebida fermentada à base de uva enriquecida com farinha de bagaço de uva orgânica. Observou-se que houve uma acidificação da bebida ao longo do período de armazenamento sob refrigeração a 4 °C.

No presente estudo, o processo fermentativo seguiu, mesmo em condições extremas, ao longo do armazenamento sob refrigeração a 4 °C. É provável que a presença da farinha de bagaço de uva orgânica, rica em fibras alimentares e compostos fenólicos, tenha contribuído com a resistência da ação probiótica durante processo fermentativo, uma vez que as BAL são

capazes de utilizar esses componentes como substrato para o seu crescimento (Filannino et al., 2018; September-Malaterre et al., 2018; Chan et al., 2020).

Figura 3. Valor de pH na bebida à base de uva e na bebida à base de uva enriquecida com farinha de casca de uva orgânica durante o armazenamento a 4°C por 45 dias



Legenda: Tempo 0: Referente ao controle (antes da fermentação); Dia 1: resultados obtidos após 18h/37°C em microaerofilia (1º dia de análise). Resultados expressos em média e desvio padrão. Letras diferentes apresentam diferença significativa pelo teste estatístico aplicado ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Fonte: Os Autores, 2022

Após a fermentação, em relação ao controle, observou-se que o pH aumentou de $5,5 \pm 0,02$ para $5,8 \pm 0,04$ ($p < 0,05$). Como BAL são relativamente tolerantes a exposições prolongadas em meio ácidos, que podem levar ao estresse ácido autoimposto e à interferência no crescimento da viabilidade celular (Kawai et al., 2020), foi realizado o ajuste do pH inicial, antes da fermentação, para valor de pH 5,5 com o uso do CaCO_3 , que permite melhor crescimento e adaptação de BAL (Campanella et al., 2017; Rodríguez et al., 2020; Wang et al., 2021). Durante os 15 primeiros dias de armazenamento, os valores de pH encontrados foram de $5,72 \pm 0,02$ e $5,77 \pm 0,01$ ($p > 0,05$) com 7 e 15 dias, respectivamente. Após 30 dias, pôde ser observada queda significativa de pH para $4,45 \pm 0,01$ ($p < 0,05$) e $4,31 \pm 0,09$ com 45 dias ($p < 0,05$), alcançando valores abaixo de 5,5, normalmente utilizados em bebidas fermentadas para caracterizar êxito da fermentação (Yan et al., 2019; Wu et al., 2020).

Além disso, durante a elaboração de produtos probióticos, diferentes parâmetros podem influenciar na viabilidade das cepas, como os parâmetros de processamento, como condições de processamento, resfriamento e armazenamento, temperatura, que podem reduzir a viabilidade dos probióticos, que vão responder de forma diferente a esses estímulos, dependendo das condições ambientais e da capacidade de sobrevivência da cepa (Terpou et al., 2019), o que pode indicar que o armazenamento sob refrigeração pode ter contribuído para a

redução das atividades metabólicas e para a lentidão da acidificação e da produção de ácido láctico no meio por BAL, capaz de crescer e manter-se viável sob refrigeração a 4° C (Chan et al., 2020).

A viabilidade celular, a atenuação do pH, o aumento da acidez do meio e a produção do ácido láctico também dependem da presença e da metabolização dos carboidratos disponíveis que são utilizados pelas BALs como fonte de energia (Pimentel et al., 2021), uma vez que o metabolismo de carboidratos se difere de uma cepa de BAL para a outra (Santos Filho et al., 2019). Frutas e vegetais são alimentos que apresentam componentes como antioxidantes, peptídeos bioativos, vitaminas, minerais e FA que contribuem para o crescimento de cepas probióticas (Lillo-Pérez et al., 2021). As Frutas e seus subprodutos são ricos em carboidratos, que são utilizados como principais fontes de energia e carbono por BAL (Oliveira et al., 2018; Yan et al., 2019; Wang et al., 2021). Além disso, açúcares como sacarose e glicose podem ser adicionados a bebidas de frutas antes do processo fermentativo a fim de garantir um melhor crescimento celular (Ricci et al., 2019; Rodríguez et al., 2020; Chan et al., 2020). Sendo assim, é possível deduzir que a adição de sacarose na bebida produzida nesse estudo, tenha contribuído com o crescimento de *L. rhamnosus* LR04. No entanto, dissacarídeos como maltose e sacarose precisam ser quebrados em monossacarídeos para funcionar como fontes de energia primária (Yan et al., 2019; Morais et al., 2019). o processo de quebra em monossacarídeo da sacarose pode ser também um dos fatores que contribuiu com a resistência da produção final de ácido láctico, se comparado com estudos anteriores, uma vez que

No tempo de 30 dias, a maior concentração no número de células viáveis na bebida fermentada produzida ($8,4 \pm 0,8 \log.UFC.ml^{-1}$) e a pequena redução significativa de pH do meio ($4,45 \pm 0,01$) pode ser relacionado ao aumento da produção de ácido láctico com o aumento de células probióticas viáveis na bebida (Yan et al., 2019; Peng et al., 2020; Wang et al., 2021), uma vez que o probiótico utilizado pertence ao gênero *Lactocaseibacillus*, capaz de realizar a fermentação homolática (Erliana et al., 2020; Morais et al., 2020), que apresentam as enzimas aldose e hexose-isomerase e utilizam a via de EmbdenMeyerhof-Parnas (EMP) para produzir duas moléculas de lactato para uma de glicose (Riquette, 2013). Esses resultados estão de acordo com os encontrados em análise de fermentação por bactérias homoláticas em bagaço de uva, suco de maçã, subproduto de blueberry, subproduto de acerola e goiaba e polpa de pitaya vermelha (Campanella et al., 2017; Morais et al., 2019; Oliveira et al., 2021; Wang et al., 2021; Yan et al., 2020), que observaram que a fermentação contribuiu para o aumento da viabilidade celular, atenuação do pH e produção do ácido láctico. Embora o baixo pH seja associado como

principal fator à queda de viabilidade de BALs em frutas, este estudo demonstrou que *L. rhamnosus* LR04- ID 1132 foi capaz de suportar o baixo pH entre os dias 30 e 45.

A atenuação do pH do meio durante e após processo fermentativo, normalmente, é associada ao aumento da acidez titulável e à produção final de ácidos orgânicos, como o ácido lático, que são produzidos mediante o consumo de carboidratos e outros compostos, como os compostos fenólicos e a BAL, durante processo fermentativo (Dias et al., 2018). Em meios não fermentados nenhuma dessas variações são observadas (Campanella et al., 2017; Yan et al., 2019; Morais et al., 2019; Oliveira et al., 2020; Wu et al., 2020; Wang et al., 2021).

Esses resultados diferem de outros estudos em produtos e subprodutos de frutas fermentadas, uma vez que a diminuição do pH foi observada durante o processo fermentativo por pelo menos 24 horas de fermentação. Dias et al. (2018) observaram, em bebida de uva enriquecida com bagaço de uva, a redução dos valores de pH abaixo de 5,5 durante a fermentação por 24h/37°C por *L. rhamnosus* ATCC 7469. Em concordância, Campanella et al. (2017) também observaram atenuação de pH abaixo de 5,5 na maioria das BAL analisadas durante processo fermentativo a 24h/30°C em bagaço de uva. Para a cepa *L. rhamnosus* SP1 foi observado, após fermentação, valores de pH entre 5,50 e 5,23 no bagaço de uva e no bagaço de uva adicionado com 1% glicose, respectivamente. Do mesmo modo, em análise de outros produtos fermentados, também foi observada diminuição de pH abaixo de 5,0 logo após a fermentação. Em um subproduto de blueberry, Yan et al. (2021) observaram que *L. rhamnosus* GG., associado ao aumento de ácidos, incluindo ácido lático, foi capaz de diminuir o pH de 6,8 para 3,8, após fermentação por 24h/37°C.

Contudo, para compreender melhor esses resultados, estudos de avaliação de consumo de açúcares, pH, acidez titulável e produção de ácido lático devem ser realizados durante a fermentação e o armazenamento da bebida.

3.3. Capacidade antioxidante da bebida à base de uva e da bebida fermentada à base de uva enriquecida com farinha da casca de uva orgânica

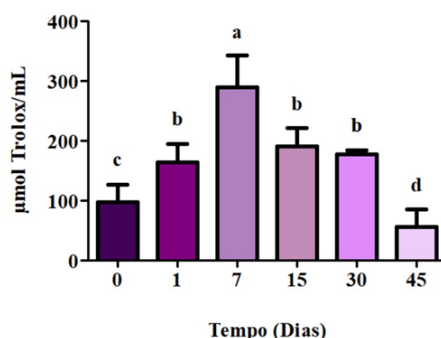
Os métodos FRAP, DPPH e ORAC são mais utilizados para determinar a capacidade antioxidante *in vitro*. O método FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*), o complexo férrico-tripiridiltriazina (FeIII-TPZ) é reduzido ao complexo ferroso (FeII-TPZ), na presença de um antioxidante e em condições ácidas. O complexo formado por esta reação possui uma coloração azul intensa, com absorção máxima a 593 nm (Sucupira et al., 2012). O DPPH (2,2-difenil-1-picrilidrazil) é um radical de nitrogênio orgânico, estável, de cor violeta, que possui

absorção na faixa de 515-520 nm. O método é baseado na medida da capacidade antioxidante de uma determinada substância em sequestrar o radical DPPH, reduzindo-o a hidrazina (molécula estável diamagnética DPPH-H), com mudança concomitante na coloração de violeta a amarelo pálido (Reis, 2016; Sucupira et al., 2012). O método de capacidade de absorção dos radicais de oxigênio - ORAC (*Oxygen Radical Absorbance Capacity*) consiste em um ensaio espectrofluorimétrico, baseado na capacidade de absorbância do radical de oxigênio, utilizando fluoresceína como marcador da capacidade antioxidante, um método amplamente utilizado para avaliação de diversas matrizes alimentícias, que tem como vantagem ser o único método que combina tempo e grau de inibição por um antioxidante num único valor, reproduzindo o mecanismo de atuação e prevenção dos radicais livres no organismo (Reis, 2016).

A determinação do poder antioxidante através do sequestro de radicais livres (DPPH), da análise de redução do Ferro (FRAP) e da absorbância do radical oxigênio (ORAC) são ferramentas de triagem importantes utilizadas para determinar a capacidade antioxidante e a rastreabilidade da funcionalidade de polifenóis e potenciais bioativos de alimentos vegetais (Camargo et al., 2019), entretanto, outras substâncias também podem apresentar esta bioatividade, uma vez que os alimentos são considerados matrizes complexas ao tratar-se de determinações analíticas, devido a diferentes compostos bioativos com características químicas específicas e, que muitas vezes, interagem entre si, por esta razão há um consenso entre os pesquisadores que não há uma metodologia específica para a determinação da capacidade antioxidante nesses produtos, sendo necessário, muitas vezes fazer uso mais de uma metodologia para a determinação da atividade antioxidante (Silva et al., 2022). Esses métodos, quando realizados em conjunto e associados com técnicas de quantificação e identificação dos compostos fenólicos por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), permitem compreender as propriedades específicas dos antioxidantes sobre marcadores oxidativos (Camargo et al., 2019). Entretanto, a otimização da extração de compostos fenólicos para avaliação da atividade antioxidante pode variar de acordo com o uso de solventes como água, etanol e acetona em diferentes proporções (Babazadeh et al., 2017; Camargo et al., 2019; Abreu et al., 2019).

Os resultados obtidos das análises de capacidade antioxidante na bebida fermentada e enriquecida com farinha de uva orgânica pelos métodos DPPH, FRAP e ORAC estão representados nas Figuras 3, 4 e 5.

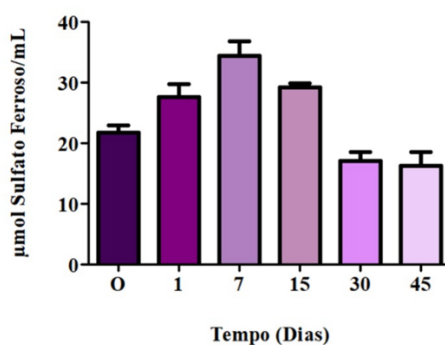
Figura 4. Atividade antioxidante da bebida de uva probiótica enriquecida, pelo método de eliminação ou inibição da atividade do radical livre DPPH



Legenda: Tempo 0: Referente ao controle (antes da fermentação); Dia 1: resultados obtidos após 18h/37°C em microaerofilia (1º dia de análise). Resultados expressos em média e desvio padrão. Letras diferentes apresentam diferença significativa pelo teste estatístico aplicado ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Fonte: Os Autores, 2022.

Figura 5. Atividade antioxidante da bebida de uva probiótica enriquecida, pelo método de FRAP



Legenda: Tempo 0: Referente ao controle (antes da fermentação); Dia 1: resultados obtidos após 18h/37°C em microaerofilia (1º dia de análise). Resultados expressos em média e desvio padrão de μmol sulfato ferroso/mL. Letras diferentes apresentam diferença significativa pelo teste estatístico aplicado ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Fonte: Os Autores, 2022.

As figuras 3 e 4 demonstram que a fermentação contribuiu com o aumento da capacidade antioxidante da bebida de uva orgânica produzida. Nas análises por DPPH e FRAP, esse aumento pode ser observado logo após as 18h/37°C em microaerofilia e na análise de ORAC, após 30 dias de armazenamento.

Em análise do ensaio DPPH, a atividade antioxidante aumentou de $97,08 \pm 3,3$ para $164,56 \pm 3,3 \mu\text{mol trolox mL}^{-1}$ ($p < 0,05$), após fermentação, demonstrando que o processo fermentativo por 18h/37°C contribui com o aumento da captura e a eliminação do radical orgânico DPPH• (2,2-difenil-1-picril-hidrazil). Após 7 dias de armazenamento sob refrigeração,

ainda é possível observar aumento da capacidade antioxidante, sendo encontrado valor máximo de $289,46 \pm 5,8 \mu\text{mol trolox mL}^{-1}$ ($p < 0,05$). No entanto, nas análises seguintes, pôde ser observada queda e subsequente estabilidade estatística da capacidade antioxidante após o tempo 7 e entre 15 e 30 dias, cujos valores foram de $190,61 \pm 3,3$ e $176,99 \pm 0,8$ ($p > 0,05$). Na análise de 45 dias de armazenamento sob refrigeração, observa-se mais uma queda da capacidade antioxidante ($55,64 \pm 3,3 \mu\text{mol trolox mL}^{-1}$) ($p < 0,05$). No entanto, até os 30 dias de armazenamento, a atividade antioxidante de captura do radical DPPH determinada foi maior nas amostras fermentadas do que na amostra controle.

Após a fermentação, a capacidade antioxidante determinada pelo poder de redução do metal ferro (FRAP) aumentou de $21,72 \pm 2,05$ para $27,61 \pm 3,6 \mu\text{mol sulfato ferroso mL}^{-1}$ ($p < 0,05$). Assim como na análise da capacidade antioxidante de DPPH, o valor máximo encontrado de FRAP ocorreu em 7 dias de armazenamento refrigerado da bebida ($34,36 \pm 4,3 \mu\text{mol sulfato ferroso mL}^{-1}$). Diminuição da capacidade antioxidante pôde ser observada após 15 dias ($29,17 \pm 1,3 \mu\text{mol sulfato ferroso mL}^{-1}$) ($p > 0,05$) até a análise do tempo de 30 dias ($17,12 \pm 0,02 \mu\text{mol sulfato ferroso mL}^{-1}$) ($p > 0,05$), demonstrando estabilidade de redução do complexo férrico para o complexo ferroso com 45 dias de armazenamento ($6,32 \pm 0,02 \mu\text{mol sulfato ferroso mL}^{-1}$) ($p > 0,05$). Esses resultados indicam uma boa capacidade do antioxidante em reduzir o início da peroxidação lipídica e reações oxidativas (Camargo et al., 2019).

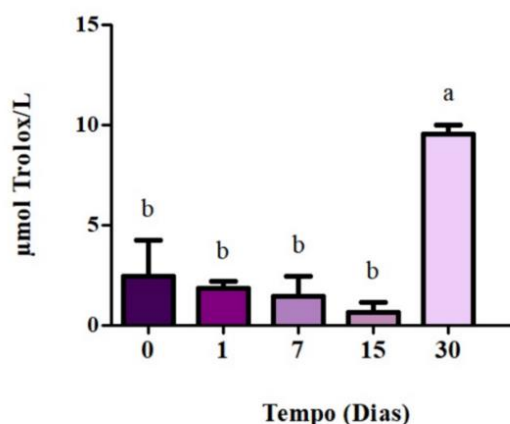
Os resultados de DPPH e FRAP demonstram que a bebida fermentada produzida com suco e farinha de casca uva orgânica apresentam capacidade antioxidante maiores que em produtos de uvas não inoculadas com probiótico. Os resultados de DPPH encontrados nesse estudo ($97,08 \pm 3,3$ a $289,46 \pm 5,8 \mu\text{mol trolox mL}^{-1}$) foram maiores que os resultados achados por Toaldo et al. (2015) em uvas convencionais e orgânicas naturais (sem inoculação de probiótico), cujos valores encontrados ficaram entre $40,76 \pm 0,71$ e $54,19 \pm 0,71 \mu\text{mol TE L}^{-1}$, sendo o maior valor correspondente à análise de uvas orgânicas. Em concordância, Zahedipour et al. (2019) também observaram em uvas orgânicas e convencionais valores abaixo dos que os encontrados na bebida produzida neste estudo, entre 10 e 20 $\mu\text{mol trolox g}^{-1}$. Ainda, esses estudos observaram que as uvas orgânicas obtiveram maior capacidade antioxidante que as uvas convencionais.

As avaliações dos ensaios por DPPH e FRAP neste estudo também indicaram que o processo fermentativo por 18h/37°C em microaerofilia contribuiu com o aumento da capacidade antioxidante. Essa observação está de acordo com Oliveira et al. (2020), que

observaram que a fermentação em subproduto de acerola e goiaba em até 120h/37°C contribuiu com o aumento da atividade antioxidante analisado por FRAP, de $469,73 \pm 14,32$ a $768,46 \pm 5,6$ $\mu\text{mol TEAC } 100 \text{ g}^{-1}$ em acerola e de $219,83 \pm 1,53$ a $313,63 \pm 1,312$ $\mu\text{mol TEAC } 100 \text{ g}^{-1}$ em goiaba. O pH ácido, que baixou de 3,5 para 2,5 durante a fermentação, não alterou o crescimento da capacidade antioxidante. Em concordância, Yan et al. 2020 observaram que a fermentação por 24h/37°C em subproduto de blueberry também contribuiu com o aumento por FRAP de $205,15 \pm 26,21$ para $269,82 \pm 51,13$ $\mu\text{mol trolox L}^{-1}$. Além disso, avaliou-se que o pH em condições simuladas do trato gastrointestinal, com pH entre 3,5 e 1,5, não alterou a capacidade antioxidante, mas que, com pH 7,0, houve redução do valor da atividade antioxidante. Dessa forma, é possível compreender que a atividade antioxidante pelos métodos de DPPH e FRAP é otimizada de acordo com a metabolização ocorrida por BAL, e que o pH do meio não interfere na avaliação dessas análises nem na eliminação do radical DPPH e redução do metal férrico pelos antioxidantes.

Diferentemente das avaliações encontradas pelas análises de DPPH e FRAP, os resultados da capacidade de absorção do radical oxigênio, relacionados com a doação de hidrogênio ao radical livre peroxila (ensaio ORAC), diminuíram mesmo após processo fermentativo de 18h/37°C por BAL e durante os primeiros 15 dias de armazenamento refrigerado. Na amostra controle, o valor encontrado foi de $2,44 \pm 0,72$ $\mu\text{mol trolox L}^{-1}$ e de $1,87 \pm 0,14$ $\mu\text{mol trolox L}^{-1}$ após 18h/37°C de fermentação em microaerofilia (Tempo 1). Com 7 e 15 dias, os valores encontrados foram de $1,47 \pm 0,39$ e $0,64 \pm 0,19$ $\mu\text{mol trolox L}^{-1}$, respectivamente. Contudo, através da análise estatística, foi possível verificar que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) em um primeiro momento, demonstrando menores atividades antioxidantes relacionadas com a doação de átomo de hidrogênio do antioxidante ao radical livre presente, contribuindo com o decaimento da fluoresceína. Todavia, na análise de 30 dias de armazenamento refrigerado, ocorreu um atraso da reação entre o radical e a fluoresceína indicando aumento significativo da atividade antioxidante, apontado para valores de $9,55 \pm 0,19$ $\mu\text{mol trolox L}^{-1}$ ($p < 0,05$).

Figura 6. Atividade antioxidante da bebida de uva probiótica enriquecida, pelo método de ORAC



Legenda: Tempo 0: Referente ao controle (antes da fermentação); Dia 1: resultados obtidos após 18h/37°C em microaerofilia (1º dia de análise). Resultados expressos em média e desvio padrão. Letras diferentes apresentam diferença significativa pelo teste estatístico aplicado ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Fonte: Os Autores, 2022.

O aumento da atividade antioxidante pelo ensaio ORAC, com 30 dias, apresentou alta correlação negativa com o valor de pH ($r = -0,98$), o que indica que o decaimento do pH até 4,5 contribuiu com o aumento da capacidade antioxidante pela análise de ORAC na bebida fermentada de uva orgânica (Tabela 1), visto que a capacidade antioxidante por ORAC aumentou após fermentação por 48h/37°C em pH com valores entre 4,3 e 3,5 (Morais et al. (2019).

É sabido que a presença da capacidade antioxidante em produtos e derivados de frutas e hortaliças, como as uvas, ocorre, principalmente, devido à presença dos compostos fenólicos (Toaldo et al., 2015; Pinto et al., 2016). Para além disso, o aumento da capacidade antioxidante após a fermentação, como é o caso da avaliação por ensaio DPPH e FRAP, e durante armazenamento e declínio do pH, avaliado em ORAC, pode ser associado principalmente à metabolização dos compostos fenólicos pelas BAL, que proporcionam o aumento da bioacessibilidade desses compostos (Campanella et al., 2017; Oliveira et al., 2020; Yan et al., 2019).

4. Conclusão

Dessa forma, é possível concluir que a bebida de uva probiótica formulada com farinha de bagaço uva orgânica e armazenada durante 45 dias pode ser considerada adequada para a produção de bebida com maiores características funcionais, que podem promover maior

potencialidade no desenvolvimento da saúde dos consumidores, caracterizada pela presença e viabilidade de probióticos e pelo aumento da bioatividade dos compostos fenólicos, com capacidade antioxidante.

Portanto, vale salientar que análises futuras podem ser realizadas com intuito de compreender melhor os resultados encontrados e enriquecer as discussões como: a avaliação da viabilidade celular, pH, acidez titulável e consumo de açúcares durante o processo fermentativo e durante o armazenamento da bebida; avaliação durante disposição da bebida probiótica em microaerofilia por 18h/37°C e por 24h/37°C; avaliação da produção do ácido lático e outros ácidos orgânicos e avaliação da presença, identificação dos compostos fenólicos pelos métodos de CLAE e CLAE-MS/MS e realizar testes *in vivo*.

Agradecimentos

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001”.

REFERÊNCIAS

- Abreu, J., Quintino, I., Pascoal, G., Postinger, B., Cadena, R., & Teodoro, A. (2019). Antioxidant capacity, phenolic compound content and sensory properties of cookies produced from organic grape peel (*Vitis labrusca*) flour. *International Journal of Food Science & Technology*, 54 (4), 1215-1224.
- Alcântara, F., Cunha, M. A., & Almeida, M. A. *Microbiologia: práticas laboratoriais*. 2ª ed. Aveiro: Universidade de Aveiro, 2001. 297 p.
- Altinok, E. et al. (2022). Investigation of using possibility of grape pomace in wafer sheet for wheat flour substitution. *International Journal of Food Science and Technology* (article in press). Doi: DOI: 10.1111/ijfs.15687.
- AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY). *Official methods as analysis of the association of official analytical chemistry*. 14. ed. Washington, 1984.
- Bender, A. B. B., Speroni, C. S., Moro, K. I. B., Morisso, F. D. P., dos Santos, D. R., da Silva, L. P., & Penna, N. G. (2020). Effects of micronization on dietary fiber composition, physicochemical properties, phenolic compounds, and antioxidant capacity of grape pomace and its dietary fiber concentrate. *LWT-Food Science and Technology*, 17, 08652.
- Beres, C.; Costa, G. N. S., Cabezudo, I., Silva-James, N. K., Teles, A. S.C., Cruz, A. P. G., Mellinger-Silva, C., Tonon, R. V., Cabral, L. M. C., & Freitas, S. P. (2017). Towards integral utilization of grape pomace from winemaking process: A review. *Waste Management*, 68, 581-594.
- Bianchi, F. et al. (2022). Distilled grape pomace as a functional ingredient in vegan muffins: effect on physicochemical, nutritional, rheological, and sensory aspects. *International Journal of Food Science and Technology* (article in press). Doi: doi:10.1111/ijfs.15720.
- Brand-Williams, W.; Cuvelier, M. E.; Berset, C. L. W. T. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.
- Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Portaria n° 398 de 1999, de 30 de abril de 1999, que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos*. Brasília: Ministério da Saúde; 1999. http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/1999/prt0398_30_04_1999.html.
- Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *RDC n° 241, de 26 de julho de 2018. Dispõe sobre os requisitos para comprovação da segurança e dos benefícios à saúde dos probióticos para uso em alimentos*. https://www.in.gov.br/materia//asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/34379910/do1-2018-07-27-resolucao-da-diretoria-colegiada-rdc-n-241-de-26-de-julho-de-2018-34379900.
- Camargo, A. C.; Biasoto, A. C. T.; Schwember, A. R.; Granato, D.; Rasera, G. B.; Franchin, M.; Shahidi, F. (2019). Should we ban total phenolics and antioxidant screening methods? The link between antioxidant potential and activation of NF-κB using phenolic compounds from grape by-products. *Food chemistry*, v. 290, p. 229-238.
- Campanella, D., Rizello, C. G., Fasciano, C., Gamborta, G., Pinto, D., Marzani, B., Scarano, N., Angelis, M., & Gobbetti, M. (2017). Exploitation of grape marc as functional substrate for lactic acid bacteria and bifidobacteria growth and enhanced antioxidant activity. *Food Microbiology*, 113, 277-287.

Chan, M. Z. A.; Toh, M.; Liu, S. (2020). Growth, survival, and metabolic activities of probiotic *Lactobacillus* spp. in fermented coffee brews supplemented with glucose and inactivated yeast derivatives. *Food Research International*, v. 137, p. 109746.

Costa, M. M., & Strehlau, S. (2020). Alegações de saúde e nutrição no consumo de alimentos funcionais. *Revista Brasileira de Marketing*, 19 (1), 216 – 236. Doi: <https://doi.org/10.5585/remark.v19i1.14919>.

de Mello, L. M. R., & Machado, C. A. E. (2018). *Vitivinicultura brasileira: Panorama 2019*. Bento Gonçalves, EMBRAPA. ISSN 1808-6802 (Comunicado técnico).

Demirkol, M., & Tarakci, Z. (2018). Effect of grape (*Vitis labrusca* L.) pomace dried by different methods on physicochemical, microbiological, and bioactive properties of yoghurt. *LWT - Food Science and Technology*, 97, 770-777.

Departamento de Economia Rural – DERAL. (2020). *Panorama 2020*. Fruticultura: Análise da conjuntura. Disponível em: https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2020-01/fruticultura_2020.pdf. Acesso em 30 de maio de 2022.

Deolindo, C. T. P., Monteiro, P. L., Santos, J. S., Cruz, A. G., da Silva, M. C., & Granato, D. (2019). Phenolic-rich Petit Suisse cheese manufactured with organic Bordeaux grape juice, skin, and seed extract: Technological, sensory, and functional properties. *LWT - Food Science and Technology*, 115, 108493.

Dias, J. F., Simbras, B. D.; Beres, C., Santos, K. O., Cabral, L. M. C., & Miguel, M. A. L. (2018). Acid Lactic Bacteria as a Bio-Preservant for Grape Pomace Beverage. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2, 58 ,p. 1–8.

Erliana, W.; Widjaja, T.; Altway, A.; Sandra, M.; Susilo, D. (2020). The effects of various pH and temperature to enhance lactic acid production using *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus rhamnosus*. In: AIP Conference Proceedings. *AIP Publishing LLC*, v. 2197, p. 060005.

Fabjanowicz, M., Płotka-Wasyłka, J., & Namieśnik, J. (2018). Detection, identification, and determination of resveratrol in wine. Problems and challenges. *Trends in Analytical Chemistry*, 103, 21–33.

Ferri, M., Rodini, G., Calabretta, M. M., Michelini, E., Vallini, V., Fava, F., Roda, A., Minucci, G., & Tassoni, A. (2017). White grape pomace extracts, obtained by a sequential enzymatic plus ethanol-based extraction, exert antioxidant, anti-tyrosinase and anti-inflammatory activities. *New Biotechnology*, 39, 51-58.

Filannino, P., Di Cagno, R., & Gobbetti, M. (2018). Metabolic and functional paths of lactic acid bacteria in plant foods: get out of the labyrinth. *Current opinion in biotechnology*, 49, 64-72.

Gaglio, R., Pescuma, M., Madrid-Albarrán, Y., Franciosi, E., Moschetti, G., Francesca, N., Mozzi, F., & Settanni, L. (2021). Selenium bio-enrichment of Mediterranean fruit juices through lactic acid fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 354, 109248. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109248>.

Iglesias-Carres, L., Mas-Capdevila, A., Bravo, F. I., Aragonès, G., Arola-Arnal, A., & Muguerza, B. (2019). A comparative study on the bioavailability of phenolic compounds from organic and nonorganic red grapes. *Food Chemistry*, 299, 125092.

- Kawai, M.; Harada, R.; Yoda, N.; Yamasaki-Yashiki, S.; Fukusaki, E.; Katakura, Y. (2020). Suppression of lactate production by using sucrose as a carbon source in lactic acid bacteria. *Journal of bioscience and bioengineering*, v. 129, n. 1, p. 47-51.
- Lillo-Pérez, S., Guerra-Valle, M., Orellana-Palma, P., & Petzold, G. (2021). Probiotics in fruit and vegetables matrices: Opportunities for non-dairy consumers. *LWT*, 151, 112106. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112106>.
- Liu, Y., Gu, P., Laaksonen, O., Wei, B., Zhu, Y., Zhang, B., Zhu, B. & Li, H. (2022). Lactic acid bacteria incubation and aging drives flavor enhancement of goji berry juice. *Journal of Food Composition and Analysis*, 105, 104202. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104202>.
- Mantzourani, I., Terpou, A., Alexpoulo, A., Bezirtzoglou, E., Bekatorou, A., & Plessas, S. (2019). Production of a potentially symbiotic fermented Cornelian cherry (*Cornus mas* L.) beverage using *Lactobacillus paracasei* K5 immobilized on wheat bran. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 17, 347 – 351. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.12.021>.
- Martins, I. M., Macedo, G. A., & Macedo, J. A. (2020). Biotransformed grape pomace as a potential source of anti-inflammatory polyphenolics: Effects in Caco-2 cells. *Food Bioscience*, 100607.
- Monteiro, G. C., Minatel, I. O., Junior, A. P., Gomez-Gomez, H. A., de Camargo, J. P. C., Diamante, M. S., & Lima, G. P. P. (2021). Bioactive compounds and antioxidant capacity of grape pomace flours. *LWT - Food Science and Technology*, 135, 110053.
- Morais, S. G. G., Borges, G. D. S. C., dos Santos Lima, M., Martín-Belloso, O., & Magnani, M. (2019). Effects of probiotics on the content and bioaccessibility of phenolic compounds in red pitaya pulp. *Food Research International*, 26, 108681.
- Muhialdin, B. J., Hussin, A. S. M., Kadum, H., Hamid, A. A. & Jaafar, A. H. (2021). Metabolomic changes and biological activities during the lacto-fermentation of jackfruit juice using *Lactobacillus casei* ATCC 334. *LWT*, 141, 110940. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.110940>.
- Nash, V., Ranadheera, C. R., Georgousopoulou, E. N., Mellor, D. D., Panagiotakos, B. D., Mckune, A. J., Kellett, J., Naumovski, N. (2018). The effects of grape and red wine polyphenols on gut microbiota—A systematic review. *Food Research International*, 113, 277–28.
- OIV (2020). Statistical Report on World Vitiviniculture. Paris: *International Organization of Vine and Wine*. Disponível em: www.oiv.int/public/medias/6782/oiv-2019-statistical-report-on-world-vitiviniculture.pdf.
- Oliveira, R. A.; Komesu, A.; Rossell, C. E. V.; Maciel Filho, R. (2018). Challenges and opportunities in lactic acid bioprocess design—From economic to production aspects. *Biochemical Engineering Journal*, v. 133, p. 219-239.
- Oliveira, S. D., Araújo, C. M., Borges, G. D. S. C., dos Santos Lima, M., Viera, V. B., Garcia, E. F., & de Oliveira, M. E. G. (2020). Improvement in physicochemical characteristics, bioactive compounds, and antioxidant activity of acerola (*Malpighia emarginata* DC) and guava (*Psidium guajava* L.) fruit by-products fermented with potentially probiotic lactobacilli. *LWT - Food Science and Technology*, 134, 110200.
- Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação. FAO. FAOSTAT. *Divisão de estatística*. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>. Acesso em: 05 maio. 2021.

- Peng, W., Meng, D., Yue, T., Wang, Z & Gao, Z. (2021). Effect of the apple cultivar on cloudy apple juice fermented by a mixture of *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum*, and *Lactobacillus fermentum*. *Food Chemistry*, 340, 127922. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127922>.
- Pimentel, T. C., Costa, W. K. A., Barão, C. E., Rosset, M. & Magnani, M. (2021). Vegan probiotic products: A modern tendency or the newest challenge in functional foods. *Food Research International*, 140, 110033. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110033>.
- Pinto, E. P. E. P.; Perin, E. C.; Schott, I. B.; Rodrigues, S. R.; Lucchetta, L.; Manfroi, V.; Rombaldi, C. V. (2016). The effect of postharvest application of UV-C radiation on the phenolic compounds of conventional and organic grapes (*Vitis labrusca* cv. 'Concord'). *Postharvest Biology and Technology*, v. 120, p. 84-91.
- Pulido, K.; Bravo, L.; Saura-Calixto, F. Antioxidant activity of dietary as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay. *Journal Agriculture and Food Chemistry*, v. 48, p. 3396-3402, 2000.
- Reis, E. C. (2016). Avaliação da atividade antioxidante dos extratos etanólicos dos frutos de *Eugenia moraviana* e *Eugenia blastantha*. [Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná].
- Ricci, A.; Cirilini, M.; Calani, L.; Bernini, V.; Neviani, E.; Del Rio, D.; Azzi, C. (2019). In vitro metabolism of elderberry juice polyphenols by lactic acid bacteria. *Food Chemistry*, v. 276, p.692–699.
- Riquette, R. F. R. (2013). *Bebidas fermentadas probióticas à base de extrato hidrossolúvel de soja adicionadas de mel de abelha: desenvolvimento, avaliação sensorial e determinação de vida de prateleira*. [Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais].
- Rodríguez, L. G. R.; Gasga, V. M. Z.; Pescuma, M.; Van Nieuwenho, V. E. C., Mozzi, F.; Burgos, J. A. S. (2020) Fruits, and fruit by-products as sources of bioactive compounds. Benefits and trends of lactic acid fermentation in the development of novel fruit-based functional beverages. *Food Research International*, p. 109854.
- Rufino, M. D. S. M. et al. *Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do ferro (FRAP)*. Embrapa Agroindústria Tropical-Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 2006.
- Rufino, M. D. S. M. M. D. S. M.; Alves, R. E.; Brito, E. S.; Morais, S. M.; Sampaio, C. D. G., Pérez-Jimenez, J.; Saura-Calixto, F. D. *Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH*. Embrapa Agroindústria Tropical-Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 2007. Disponível em: D:\Editoracao\Cot\cot_127\Cot_1 (embrapa.br). Acesso em: 12 dez 2020.
- Santos Filho, A. L., Freitas, H. V., Rodrigues, S., Abreu, V. K. G., Lemos, T. O., Gomes, W. F., Narain, N. & Pereira, A. L. F. (2019). Production and stability of probiotic cocoa juice with sucralose as sugar substitute during refrigerated storage. *LWT*, 99, 371 – 378. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.007>.
- Septembre-Malaterre, A., Remize, F., & Poucheret, P. (2018). Fruits and vegetables, as a source of nutritional compounds and phytochemicals: Changes in bioactive compounds during lactic fermentation. *Food Research International*, 104, 86-99.

- Silva, A. S. L.; Silva, A. J.; Latif, A. L. O.; Santos Júnior, A. F. & Benevides, C. M. J. (2022). Uso de metodologias analíticas para determinação de compostos fenólicos em alimentos no Brasil: avanços e fragilidades. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 2, e1311225193. Doi: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i2.25193>.
- Sucupira, N. R.; Silva, A. B.; Pereira, G. & Costa, J. N. (2012). Métodos Para Determinação da Atividade Antioxidante de Frutos. *UNOPAR Científica. Ciências biológicas e da saúde*, v. 14, n. 4, p. 263 – 269.
- Terpou, A., Papadaki, A., Lappa, I. K., Kachrimanidou, V., Bosnea, L. A., & Kopsahelis, N. (2019). Probiotics in Food Systems: Significance and Emerging Strategies Towards Improved Viability and Delivery of Enhanced Beneficial Value. *Nutrients*, 11(7), 1591. <https://doi.org/10.3390/nu11071591>.
- Toaldo, I.M.; Cruz, F.A.; Alves, T.D.L.; Gois, J.S.; Borges, D.L.G.; Cunha, H.P.; Tournour, H. H.; Segundo, M. A.; Magalhães, L. M.; Barreiros, L.; Queiroz, J.; Cunha, L. M. (2015) Valorization of grape pomace: Extraction of bioactive phenolics with antioxidant properties. *Industrial Crops and Products*, v. 74, p. 397-406.
- Valero-Cases, E., Cerdá-Bernad, D., Pastor, J. J., & Frutos, M. J. (2020). Non-Dairy Fermented Beverages as Potential Carriers to Ensure Probiotics, Prebiotics, and Bioactive Compounds Arrival to the Gut and Their Health Benefits. *Nutrients*, 12(6), 1666. <https://doi.org/10.3390/nu12061666>.
- Wang, W., & Kang, P. M. (2020). Oxidative Stress and Antioxidant Treatments in Cardiovascular Diseases. *Antioxidants*, 9, 1292.
- Wang, Z., Feng, Y., Yang, N., Jiang, T., Xu, H. & Lei H. (2022). Fermentation of kiwifruit juice from two cultivars by probiotic bacteria: Bioactive phenolics, antioxidant activities and flavor volatiles. *Food Chemistry*, 373 (Pt B), 131455. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131455>.
- Wenjuan, L. et al. (2022). Rheological, pasting, and sensory properties of biscuits supplemented with grape pomace powder. *Food Science and Technology (Brazil)*, v. 42, e78421. Doi: 10.1590/fst.78421.
- World Gastroenterology Organization Practice Guideline. WGO. (2017). *Probiotics and prebiotics*, 35p. <https://www.worldgastroenterology.org/UserFiles/file/guidelines/probiotics-and-prebiotics-portuguese-2017.pdf>.
- WU, C.; LI, T.; QI, J.; JIANG, T.; XU, H.; LEI, H. Effects of lactic acid fermentation-based biotransformation on phenolic profiles, antioxidant capacity and flavor volatiles of apple juice. *LWT-Food Science and Technology*, v. 122, p. 109064, 2020.
- Yan, Y., Zhang, F., Chai, Z., Liu, M., Battino, M., & Meng, X. (2019). Mixed fermentation of blueberry pomace with *L. rhamnosus* GG and *L. plantarum*-1: Enhance the active ingredient, antioxidant activity and health-promoting benefits. *Food and Chemical Toxicology*, v. 131, p. 110541.
- Zahedipour, P.; Asghari, M.; Abdollahi, B.; Alizadeh, M.; Danesh, Y. R. (2019). Comparative study on quality attributes and physiological responses of organic and conventionally grown table grapes during cold storage. *Scientia Horticulturae*, v. 247, p. 86-95.

Zhang, Y., Liu, W., Wei, Z. Yin, B., Man, C. & Jiang, Y. (2021, March). Enhancement of functional characteristics of blueberry juice fermented by *Lactobacillus plantarum*. *LWT*, 139, 110590. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110590>.

Zendeboodi, F., Khorshidian, N., Mortazavian, A. M., & da Cruz, A. G. (2020). Probiotic: Conceptualization from a new approach. *Current Opinion in Food Science*, 32, 103-123.

Zhou, X. et al. (2019). The biocontrol of postharvest decay of table grape by the application of kombucha during cold storage. *Scientia Horticulturae*, v. 253, p.134 – 139. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.04.025>.

Zulueta, A.; Esteve, M. J.; Frígola, A. (2009). ORAC and TEAC assays comparison to measure the antioxidant capacity of food products. *Food Chemistry*, v. 114, n. 1, p. 310 – 316. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.033>.

CAPÍTULO 3

Efeitos da ingestão do *yacon* (*Smallanthus sonchifolius*) da resposta metabólica de indivíduos portadores de diabetes mellitus: uma revisão da literatura

Raíssa de Oliveira Balthar^{1,2*}; Carlos Eduardo de Faria Cardoso¹; Elisa Barros dos Santos^{1,2} e
Juliana Furtado Dias^{1,2}

¹Programa de Pós-graduação em Alimentos e Nutrição (PPGAN), Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), Rio de Janeiro, Brasil;

²Laboratório de Investigação em Nutrição e Doenças Crônico-Degenerativas;

*Endereço de correspondência: raissabalthar@edu.unirio.br; Av. Pasteur, 296 - Botafogo, Rio de Janeiro - RJ, 22290-250.

Trabalho premiado em 1º lugar, Categoria Ciência dos Alimentos no I Simpósio Online Sulamericano de Tecnologia, Engenharia e Ciência de Alimentos Online (I TECALI) e convidado para publicação na Revista Perspectiva (Qualis: B4).

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo revisar pesquisas científicas relativas à utilização da raiz tuberosa *yacon* como elemento coadjuvante no tratamento do Diabetes Mellitus, identificando suas potencialidades hipoglicemiantes. Foram utilizados artigos publicados entre 2012 e 2022, empregando os seguintes descritores de busca Diabetes Mellitus e *yacon*, disponíveis em revistas científicas publicados nas bases de dados Science Direct, Scopus e Pubmed, nos idiomas inglês, português e espanhol. Como critérios de inclusão, selecionou-se artigos originais relacionados ao conteúdo e acabaram excluídos artigos de revisão, trabalhos de conclusão de curso, dissertações, teses, periódicos duplicados, incompletos ou não relacionados ao assunto abordado e/ou idioma selecionado. As evidências mostraram os benefícios da utilização da *yacon* sob o perfil glicêmico in vivo (modelos humanos e animais), além de contribuições significativas na redução do estresse oxidativo, potencial anti-inflamatório e importante atuação na interface do controle lipídico. Entretanto, vale ressaltar que, em humanos, o consumo de alimentos funcionais de forma isolada, sem o acompanhamento de um profissional devidamente capacitado, pode não culminar nos mesmos resultados.

Palavras-chave: Frutanos; Inulina; Frutooligossacarídeos; Fibra alimentar; Diabetes Mellitus

ABSTRACT:

The present study aimed to review scientific research related to the use of yacon tuberous root as an adjuvant element in the treatment of Diabetes Mellitus, identifying its hypoglycemic potential. Articles published between 2012 and 2022 were used, using the following search descriptors: Diabetes Mellitus and yacon, available in scientific journals published in the databases: Science Direct, Scopus and Pubmed, in the languages: English, Portuguese and Spanish. As inclusion criteria, original articles related to the content were used and review articles, course conclusion works, dissertations, theses, duplicate journals, incomplete or unrelated to the subject addressed and/or selected language were excluded. Evidence has shown the benefits of using yacon root in the glycemic profile *in vivo* (human and animal models), in addition to significant contributions to reducing oxidative stress, anti-inflammatory potential and to a significant role in the interface of lipid control. However, it is worth mentioning that in humans, the consumption of functional foods in isolation, without the follow-up of a trained professional, may not lead to the same results.

Keywords: Fructans; Inulin; Fructooligosaccharides; Dietary fiber; Diabetes Mellitus

1. Introdução

O Diabetes Mellitus (DM) é um grupo de distúrbios metabólicos, caracterizado por recorrentes episódios de hiperglicemia, ou seja, quando o indivíduo apresenta altas concentrações de glicose à nível sanguíneo, provenientes de alterações na ação ou excreção do hormônio insulina e até mesmo em ambos os casos, o que acaba impedindo a translocação da molécula de glicose para o interior das células, inviabilizando a sua metabolização (FRANZ; EVERT, 2018; SBD, 2019). De forma geral, esta patologia, é classificada no amplo espectro de saúde, como uma Doença Crônica Não Transmissível (DCNT), sendo categorizada e subdividida em DM do tipo 1 (A e B) e DM do tipo 2, podendo, em casos específicos, ser classificada como DM gestacional, dentre outros genótipos (SBD, 2019).

O DM 2 corresponde a cerca de 90 a 95% de todos os casos existentes em níveis globais, sendo uma patologia de forte herança hereditária, cuja ocorrência tem contribuições significativas de fatores ambientais, tais como hábitos dietéticos não saudáveis e inatividade física, contribuindo para a obesidade, destacando-se assim, como um dos principais fatores de risco (SBD, 2019). É válido ainda ressaltar que, indivíduos portadores de DM 2 apresentam uma história de progressão lenta da doença e muitas vezes são assintomáticos ou diagnosticados

na presença de condições como Insuficiência Coronariana (IC), Neuropatia, Nefropatia, entre outras (SILVA et al., 2011).

Atualmente o DM, por ser uma patologia que está associada a diversas outras, é também uma doença que classifica e insere um indivíduo ao grupo de risco no cenário de pandemia decorrente da COVID-19, uma vez que, está entre as comorbidades mais frequentemente relatadas em pacientes infectados com o coronavírus (BRASIL, 2021). Ao contrair a infecção viral, pacientes portadores de DM podem sofrer com um potencial desequilíbrio glicêmico e consequentemente favorecer a ocorrência de complicações metabólicas típicas da doença, como a cetoacidose, o que torna indivíduos com DM propensos a desenvolver a forma mais grave da COVID-19, quando comparados a indivíduos saudáveis (ORIOLI, 2020).

É de amplo conhecimento no cenário de saúde, que no tratamento do diabetes, são incluídos diversos recursos terapêuticos, que transcendem a esfera medicamentosa de forma exclusiva. Em muitos casos, esta abordagem deixa de ser a primeira opção no plano terapêutico, potencializando a aplicação de condutas alternativas ao tratamento. Uma destas alternativas é a Terapia Nutricional (TN). Considerando que a dieta do indivíduo diabético é um dos fatores fundamentais para manter os níveis glicêmicos dentro de limites desejáveis, o planejamento alimentar deve ser cuidadosamente elaborado por um profissional capacitado, dando ênfase na individualização e lançando mão da oferta de alimentos específicos que contribuem com o tratamento (SBD, 2019).

Com isso, muito se tem discutido a respeito das propriedades de uma raiz tuberosa nativa das regiões Andinas da América do Sul (CAETANO et al., 2016), conhecida popularmente como batata yacon ou apenas yacon (*Smallanthus sonchifolius*). Embora esta não faça parte da família da batata, recebeu esse nome devido ao seu aspecto físico morfológico similar à batata doce, possuindo um gosto doce e a polpa crocante. A yacon foi introduzida no Brasil em meados dos anos 90 (SALVADOR et al., 2012) após ter seu consumo fortemente negligenciado nos anos 80, podendo ser consumido crua (*in natura*) em saladas ou como fruta, além de ser conhecida como potencial “planta medicinal” (SALES et al., 2010).

Essa raiz tuberosa vem sendo considerada um alimento funcional (AF) em virtude de sua composição nutricional, rica em componentes ditos como bioativos, tais como as fibras alimentares solúveis com ação prebiótica, como os frutooligossacarídeos (FOS) e a inulina, estimulando de forma seletiva o crescimento e atividade de bactérias intestinais promotoras da

saúde, devido principalmente a sua baixa digestibilidade no trato gastrointestinal (TGI) superior (YAN et al., 2019).

Tendo como ponto de interesse o manejo terapêutico de distúrbios como o DM, a yacon tem ganhado bastante visibilidade no cenário científico, pois além de apresentar um alto valor nutritivo ligado à sua composição química, também pode atuar como coadjuvante para um maior controle dos mecanismos fisiopatológicos da doença (ALMEIDA, 2011).

Por se tratar de uma matriz alimentar que desponta de diversas potencialidades, pesquisadores estão realizando estudos tanto com a raiz em si, como também com subprodutos obtidos de seu processamento como farinhas da polpa e extratos de suas folhas. Estes estudos visam analisar desde a produção, caracterização físico-química e propriedades tecnológicas até as propriedades funcionais da yacon na alimentação humana.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo revisar pesquisas científicas relativas à utilização da raiz tuberosa yacon como elemento coadjuvante no tratamento do DM identificando suas potencialidades hipoglicemiantes.

2. Metodologia

Este estudo trata-se de uma revisão da literatura, onde verificou-se artigos publicados entre os anos 2012 e 2022, em revistas científicas disponíveis nas seguintes bases de dados: *Science Direct*, *Scopus* e *Pubmed*, em inglês, português e espanhol.

Os critérios de inclusão foram artigos originais relacionados ao conteúdo com os seguintes descritores de busca: Diabetes Mellitus e yacon. O presente estudo é composto por 11 referências, incluindo pesquisas clínicas em modelos animais e humanos. Foram excluídos artigos de revisão, trabalhos de conclusão de curso (TCC), dissertações, teses, periódicos duplicados, incompletos ou não relacionados ao assunto abordado e/ou idioma selecionado.

3. Resultados e Discussão

O DM é uma das mais prevalentes DCNT no mundo, afetando cerca de 3% da população geral. A patologia ocupa a nona posição no ranking das doenças que mais diminuem a expectativa de vida saudável, apresentando uma perspectiva de aumento de sua prevalência até 2030. Dado o exposto, é notório que o DM se constitui, então, como um grande problema de saúde pública (MUZY et al., 2021), o que abre espaço para discussão dos aspectos relacionados à assistência ao paciente portador.

No Brasil, devido ao aumento da população idosa marcada pela transição demográfica, a demanda por terapias alternativas para problemas comuns da sociedade, tais como DM, representa um ganho importante dos investimentos governamentais na área de saúde. Nesta perspectiva, o uso de fitoterápicos e plantas medicinais atua pautado na perspectiva de servir como um aliado na interface terapêutica, disponível aos profissionais que atuam com pacientes que possuem o DM, considerando ser um tratamento de baixo custo operacional, cujos benefícios se associam aos da terapia convencional (BORGES et al., 2008). Entretanto, é importante salientar a diferença entre ambos. As plantas medicinais, muito utilizadas popularmente, são aquelas capazes de aliviar ou curar doenças. Quando estas plantas medicinais são industrializadas, obtendo-se um medicamento, este passa a ser classificado dentro do grupo dos fitoterápicos (BRASIL, 2016), que são medicamentos preparados exclusivamente com plantas ou partes de plantas medicinais (raízes, cascas, folhas, flores, frutos ou sementes), os quais podem possuir propriedades reconhecidas de cura, prevenção, diagnósticos ou tratamento sintomático de doenças validadas em estudos etnofarmacológicos, documentações tecnocientíficas ou ensaios clínicos de fase 3 (BRASIL, 2004).

A utilização das plantas medicinais constitui-se uma prática passada de geração para geração desde a antiguidade e hoje está se firmando como um campo da medicina complementar/alternativa, em que diversos nichos profissionais vêm tomando conhecimento de sua utilização, inserindo-a em sua prática clínica no cuidado assistencial, vislumbrando a saúde do ser humano assistido (VANINI et al., 2009).

Atualmente, a literatura científica aponta para uma diversidade de alimentos que possuem, em sua característica intrínseca, substâncias benéficas que atuam no manejo de doenças, como o DM e suas complicações, podendo-se citar: a linhaça, a cebola, a farinha de casca de maracujá, o alho e a yacon, dentre outras variedades (ZAPAROLLI et al., 2013).

A raiz tuberosa yacon tem despertado o interesse mundial em questões de produção e consumo, tanto pelas indústrias alimentícias, quanto pelas indústrias farmacêuticas, principalmente pelo fato desta raiz ser considerada um AF, ofertando uma variedade de compostos bioativos, os quais se destacam as frutanas, como a inulina e os FOS (GUSSO et al., 2015). Entretanto, diversos outros compostos, tais como os compostos fenólicos, contribuem para essa denominação de funcional ao alimento (SANTANA & CARDOSO, 2008).

Diferente da grande parte das raízes e tubérculos, popularmente difundidos no mercado consumidor, os quais armazenam carboidratos em sua estrutura na forma de moléculas de amido, as raízes e tubérculos não amiláceos como a yacon têm sua reserva na forma de frutanas (MORO; CLEIRICI, 2021). As frutanas são polímeros de frutose que se apresentam de forma linear ou ramificada, ou seja, são carboidratos de reserva, com moléculas unidas por ligação frutossilfrutose β (2 \rightarrow 6) encontrados em frutanas do tipo de levana (produzidos por bactérias), ou β (2 \rightarrow 1) que são encontrados em frutanas do tipo inulina (MACEDO; VIMERCATI; ARAÚJO, 2020).

Estes polímeros são classificados no grupo das fibras solúveis e fermentáveis, os quais não são digeridos pela α -amilase e por enzimas hidrolíticas como a sacarase, a maltase e a isomaltase na parte superior do TGI, sendo capazes de passar intactas por meio dele, sem que haja metabolização. Uma vez que não sofrem processos de hidrólise ou metabólicos, essas moléculas são fermentadas seletivamente por bactérias presentes no ecossistema intestinal, como as bifidobactérias, formando gases (hidrogênio, oxigênio, dióxido de carbono e metano) e produzindo ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), principalmente o butirato, utilizado preferencialmente como fonte de energia pelos colonócitos (GUSSO et al., 2015).

Além de produzir o butirato, as bactérias intestinais, durante o processo de fermentação colônica, também produzem o ácido acético e propiônico, que atuam facilitando a absorção de alguns minerais, como o cálcio, ferro e o magnésio (CELEMI et al., 2017), possuindo também uma atividade prebiótica importante ao propiciar a proliferação de bactérias benéficas como *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*, que estão relacionados a possíveis efeitos benéficos à saúde (CAETANO et al., 2016), como melhora da resposta imune, perfil glicêmico e lipídico e tratamento de distúrbios do TGI, em detrimento de bactérias patogênicas (KHALESI et al., 2019).

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), os FOS e a Inulina contribuem para o equilíbrio da flora intestinal e o seu consumo deve estar associado a uma alimentação equilibrada e hábitos de vida saudáveis. De acordo com o órgão, esta alegação pode ser utilizada em um produto desde que a recomendação de consumo diário do produto pronto para consumo forneça no mínimo 5 g de FOS ou Inulina. (BRASIL, 2016).

O modo de consumo da yacon pode variar de acordo com a sua utilização, mas normalmente ela é consumida na forma *in natura*, apresentando sabor adocicado e refrescante, sendo descrita com um sabor que lembra a pera (GUSSO; MATTANNA; RICHARDS, 2015).

Vasconcelos et al. (2010) apontam que a ingestão de 15,44 g/dia de farinha ou 267,8 g/dia da polpa da raiz de yacon seriam suficientes para fornecer a quantidade de FOS necessária para alegação funcional ao produto.

Ao redor do mundo, quando se fala em propriedade funcional da matéria-prima em questão, o principal benefício associado a raiz tuberosa yacon gira em torno de seu potencial efeito hipoglicemiante, sendo foco promissor nos estudos atuais e foco desta revisão. É válido salientar que a maior parte dos açúcares solúveis presentes nesta matriz alimentar são moléculas de frutose. Numa perspectiva metabólica, a frutose é majoritariamente metabolizada no parênquima hepático, mesmo o intestino e os rins possuindo arcabouço enzimático necessário para sua catabolização. Não há uma circulação expressiva da molécula de frutose na circulação sistêmica, uma vez que rapidamente ela é captada pelo hepatócito (via GLUT 2), não havendo gasto energético ou necessidade do estímulo pela insulina (BARREIROS; BOSSOLAN; TRINDADE, 2005).

Diversos estudos foram e estão sendo realizados com o intuito de avaliar as propriedades funcionais da yacon e seus derivados no que se refere à sua influência na resposta glicêmica de seres humanos e de animais. Na **Tabela I**, estão descritos os principais estudos realizados em humanos, os quais associaram o consumo da yacon aos efeitos hipoglicemiantes.

No que se refere a intervenções realizadas em humanos, Bianchi et al. (2021) constataram que a porção de 24 g de yacon, equivalia a 7,7 g de FOS e que esse valor de ingestão contribuiu para a diminuição das concentrações de hemoglobina glicada na população avaliada. Entretanto, foram realizados outros exames bioquímicos, tais como frutossamina, glicemia e insulina de jejum antes e após a intervenção, os quais se mostraram conflitantes aos valores. Os autores destacam que os resultados encontrados no presente estudo, mesmo que conflitantes, devem-se, principalmente, à presença de alguns critérios limitantes que não foram levados em consideração no desenho do estudo, tais como doenças pregressas, fator de atividade física, utilização de medicamentos e quantidade real de ingestão de FOS pela amostra.

Satoh et al. (2014) de forma similar ofereceram, por via dietética, a yacon *in natura*. No entanto, em indivíduos com DM2, o consumo de 100g de yacon (8 g de FOS) não alterou a glicemia de jejum, insulina, albumina glicada e HOMA-IR, após os meses avaliados, não havendo uma explicação técnica para tal desfecho. Entretanto, alguns marcadores, como o fator de necrose tumoral alfa (TNF- α) e ácidos graxos livres (AGL), tiveram uma significativa redução de 10,3% e 9,8% respectivamente. Como conclusão, os autores sugerem que a

suplementação de yacon a longo prazo pode atuar como um elemento importante na melhora do quadro de resistência à insulina induzida pelo quadro fisiopatológico do DM2, uma vez que ela seria capaz de diminuir a expressão de marcadores, tais como o TNF- α e o AGL, responsáveis pela diminuição da fosforilação do receptor de insulina e de tirosina (IRS) estando diretamente ligado na melhor sensibilidade ao hormônio insulina e possibilitando a melhora do metabolismo da glicose.

Tabela I. Descrição das evidências selecionadas com seres humanos

Autor/Ano	Objetivo	Forma de utilização da yacon	Amostra	Quantidade e Período de administração	Forma de administração	Principais Resultados
Adriano <i>et al.</i> (2019)	Avaliar o efeito glicêmico e lipídico pós-prandial do xarope de yacon em mulheres adultas com peso normal e obesas.	Xarope	40 mulheres com idade entre 19 e 40 anos, com IMC entre 18,5 a 34,99 Kg/m ²	40 g/dia por 10 dias	Via Oral	Após administração do produto, notou-se que as concentrações de glicose e insulina sérica reduziram, em comparação com o grupo placebo nos seguintes tempos: 30 min para glicose e 15, 30 e 45 min para insulina.
Bianchi <i>et al.</i> (2021)	Avaliar o efeito da yacon sobre os parâmetros glicêmicos de idosos de uma instituição de longa permanência do município de Itajaí/Santa Catarina.	<i>in natura</i> adicionada ao suco de frutas.	23 idosos internados em uma instituição de longa permanência; idade superior a 60 anos; com DM e/ou resistência à insulina. Subdividida em 2 grupos, nomeados Grupo I e II. O Grupo I era composto por 12 indivíduos que possuíam o diagnóstico de DM e/ou resistência à insulina. Já o Grupo 2 era composto por 12 indivíduos sem diagnóstico.	24 g/dia por 35 dias	Via Oral	Observou-se que as taxas de de hemoglobina glicada foram significativamente menores, enquanto a frutamina apresentou aumento significativo apenas no Grupo II. As concentrações de glicemia e insulina de jejum permaneceram semelhantes durante todo o período avaliado. As medidas antropométricas não sofreram alterações em ambos os grupos.
Dionísio <i>et al.</i> (2020)	Avaliar o impacto do consumo de xarope de yacon na glicemia, lipídios séricos e endotoxemia (lipopolissacarídeos - LPS) em indivíduos saudáveis através de um	Xarope	32 indivíduos saudáveis, de ambos os sexos, com idade de 20 a 59 anos, IMC \geq 18,5 m ² , não fazem uso de hipoglicemiante nem suplementação com fibras e	40 g/dia por 14 dias	Via Oral	Destaca-se que o consumo do xarope de yacon por duas semanas não foi capaz de promover alterações nas taxas do LPS sérico em voluntários saudáveis. Além disso, o perfil glicêmico e lipídico também foi

	estudo de intervenção randomizado de 2 semanas controlado por placebo.		FOS a pelo menos 30 dias prévios ao estudo.			semelhante entre os grupos antes e após a intervenção. Entretanto, pode-se destacar que seja possível observar efeitos positivos da ingestão do xarope de yacon, apenas em uma intervenção de longo prazo.
Ribeiro <i>et al.</i> (2021)	Avaliar como o consumo de farinha de yacon e uma dieta com restrição energética afetam as concentrações de marcadores de glicação e investigar as associações entre esses marcadores e fatores ligados à obesidade em adultos com excesso de peso corporal.	Farinha	26 adultos, de ambos os sexos, com excesso de peso. Os indivíduos foram divididos de forma aleatória nos grupos: controle ou no grupo farinha de yacon. O grupo controle foi submetido a um placebo sem a adição da farinha de yacon, enquanto o grupo intervenção consumiu diariamente uma bebida de café da manhã contendo a farinha de yacon adicionada.	25 g de farinha de yacon contendo em média 8,7 g de FOS/dia por 6 meses	Via Oral	Foi possível observar que AGES e produtos de glicação precoce não aumentaram o nível sérico no grupo que recebeu a bebida adicionada de farinha de yacon. Observa-se ainda que o receptor solúvel para AGES (sRAGE) diminuiu independentemente do grupo. Além disso, alterações nos AGES foram positivamente associadas com alterações na gordura corporal e nos níveis de sRAGE, com insulina e índice de avaliação do modelo de homeostase da resistência à insulina.
Satoh <i>et al.</i> (2014)	Investigar o efeito do consumo de yacon durante 5 meses em pacientes portadores de diabetes mellitus tipo 2.	<i>in natura</i>	56 indivíduos portadores de DM tipo II, com idade entre 21 e 80 anos, de ambos os sexos. Os indivíduos foram divididos de forma aleatória em dois grupos.	Grupo 1: 100 g/dia; Grupo 2: 100 g de aroid/dia. Obs: Todos os participantes foram orientados a excluir da dieta alimentos ricos em FOS, como cebolas, alho poró etc.	Via Oral	Destaca-se que o volume de 100 g dos produtos testados foi tolerado em ambos os grupos, sem efeitos adversos, como diarreia, gases ou náuseas. O peso corporal, o IMC e a PA dos indivíduos de ambos os grupos não apresentaram variações significativas ($p < 0,05$) durante o período de acompanhamento de 5 meses. Em relação aos parâmetros glicose, insulina, lipídios séricos e adipocinas, observa-se a mesma tendência não havendo variação significativa entre os grupos durante o

						tratamento. No entanto, lança luz sob a redução significativa dos níveis de FFA e TNF- α no grupo que ingeriu a yacon, em 10,3% e 9,8%, respectivamente.
Scheid <i>et al.</i> (2014)	Investigar o efeito de uma ingestão diária de um produto contendo 7,4 g de FOS obtido do pó liofilizado de yacon, por 9 semanas na glicose, metabolismo lipídico e trânsito intestinal de idosos.	pó liofilizado	72 idosos, de ambos os sexos,	18 g/dia por 63 dias	Via Oral	Os autores destacam que a ingestão do produto adicionado em sua composição de yacon em pó, liofilizada, oferecendo cerca de 7,4 g de FOS, por 9 semanas, teve uma associação positiva, com a diminuição média da glicemia sérica. No entanto, a suplementação com o produto não foi capaz de apresentar redução nos níveis de lipídios séricos no grupo estudado.

Legenda: g: gramas; DM: diabetes *mellitus*; LPS: lipopolissacarídeo; IMC: índice de massa corporal; AGEs: Produtos finais da glicação avançada; PA: Pressão arterial; FOS: frutooligossacarídeo; FFA: Ácidos graxos livres/ *free fatty acids*; TNF- α : Fator de necrose tumoral alfa/ *Tumor necrosis factor alpha*.

Fonte: Autores, 2022.

Ao diversificar a forma de apresentação da matriz alimentar, Dionísio et al. (2020) investigaram o impacto da ingestão do xarope de yacon ministrado durante 10 dias, em 32 indivíduos saudáveis na resposta glicêmica e lipídica e na endotoxemia metabólica, divididos em dois grupos. Um ingeriu 40 g de xarope/dia, o que equivale a 8,74 g/FOS e o outro grupo recebeu um placebo. Os autores constataram que, após o período de intervenção, a ingestão da yacon sob a forma de xarope não afetou os parâmetros analisados, os quais eram o estado nutricional, medido pelo IMC (kg/m²), circunferência da cintura (cm) e relação cintura quadril (RCQ) e os níveis séricos de colesterol total (CT), colesterol HDL (HDL-c) e triglicérides (TG), além da glicemia de jejum, insulina sérica, apolipoproteínas B (Apo-B100) e proteína C reativa. Os autores apontam para uma melhor intervenção, buscando avaliar de forma longitudinal o consumo do produto em indivíduos diabéticos.

De forma comparativa, Adriano et al. (2019) apontam que existem incertezas acerca do uso do xarope de yacon, principalmente se ele é capaz de modular a glicose pós-prandial, dentre outros parâmetros. Os autores constataram que as concentrações de glicose sérica e insulina reduziram após a ingestão do xarope de yacon em comparação com o placebo, nos seguintes momentos: 30 min para glicose e 15, 30 e 45 min para insulina após a ingestão. Dito isto, os autores chegam à conclusão de que o xarope de yacon exerce um possível efeito pós-prandial na redução das concentrações de glicose e insulina em mulheres adultas. Vale ainda ressaltar que o mesmo efeito não foi evidente para a concentração de triglicérides, o que fomenta os achados no estudo de Dionísio et al. (2020), no qual também não foi identificadas mudanças neste parâmetro analisado.

Scheid et al. (2014), em seu estudo feito com 62 de idosos saudáveis, notaram que a ingestão diária, por nove semanas de pó liofilizado de yacon contendo cerca de 7,4 g de FOS, foi capaz de reduzir o nível de glicemia sanguínea, não influenciando, entretanto, nos lipídeos séricos ou na modulação intestinal. Esse resultado se mostra similar ao encontrado por Dionizio et al. (2020), o qual evidenciou que a ingestão de um xarope obtido da yacon, contendo cerca de 8,74 g FOS, não foi capaz de afetar os parâmetros lipídicos e endotoxêmicos séricos dos indivíduos avaliados. Contudo, os resultados apresentados levam a constatação de que a yacon no formato liofilizada apresenta uma melhor resposta quanto ao perfil glicêmico, e o seu consumo como ingrediente, no contexto de uma alimentação saudável, pode exercer um efeito favorável sobre o metabolismo da glicose.

Além dos estudos que vêm sendo realizados em seres humanos, nos estudos guiados em roedores diabéticos, foram registrados bons resultados, que apresentam de forma geral um efeito significativo e positivo na ingestão de yacon na resposta glicêmica, como mostra a **Tabela II**.

Tabela 2. Descrição das evidências selecionadas com modelos animais

Autor/Ano	Objetivo	Forma de utilização da yacon	Amostra	Quantidade e Período de administração	Forma de administração	Principais Resultados
Dionísio <i>et al.</i> (2015)	Avaliar o efeito hipoglicemiante de uma bebida funcional composta de yacon e caju em roedores diabéticos induzidos por aloxana.	Bebida funcional de castanha de caju e maçã (50%) e yacon <i>in natura</i> (50%)	30 roedores, machos, divididos em 5 grupos.	100, 200 ou 400 mg da bebida /kg/dia durante 30 dias	Gavagem	Os autores identificaram que houve uma significativa diminuição dos níveis séricos de glicose, com um importante desenvolvimento da comunidade de <i>Lacticaseibacillus</i> à nível cecal dos animais. Destacam ainda, um aumento da atividade da catalase no fígado, o que se pode fomentar a capacidade antioxidante e aumento da proteção do sistema biológico.
Habib <i>et al.</i> (2015)	Analisar a atividade antioxidante <i>in vivo</i> e os efeitos benéficos das raízes de yacon, usando um modelo de diabetes induzido por estreptozotocina em roedores.	Farinha	18 ratos, machos, raça <i>wistar</i> , divididos em 3 grupos: 1. Roedores não diabéticos; 2. Roedores diabéticos não tratados e 3. Roedores diabéticos tratados	O tratamento do grupo 3 consistiu na ingestão de 340 mg FOS/kg/dia por 90 dias	Via Oral	Após o tratamento, os autores observaram que a suplementação recebida pelo grupo 3 foi eficiente em reduzir os níveis séricos de malondialdeído em diferentes tecidos, como fígado e rim. No fígado, a expressão de superóxido dismutase e catalase mostrou-se menor nessa amostra (- 13,46 e - 64,33% respectivamente), quando comparada a roedores controle (grupo 2). No entanto, no grupo que recebeu o tratamento, nota-se um importante aumento nos níveis de glutathione peroxidase e glutathione, tanto no fígado (172,50 e 35,91% respectivamente), quanto nos rins (177,78 e 57,76% respectivamente). Por fim, os autores ainda destacam que o grupo tratamento (grupo 3),

						apresentou melhora nos níveis séricos de colesterol triglicéridos, além da composição de ácidos graxos do fígado, quando comparado ao grupo não tratado.
Martins <i>et al.</i> (2022)	Avaliar os potenciais efeitos benéficos de um produto à base de yacon na saúde intestinal de ratas na pós-menopausa.	Produto à base de yacon	80 ratas, raça <i>wistar</i> , recém desmamadas (28 dias). Os animais foram randomizados em 4 grupos ovariectomizados (OVX) e 4 grupos celiotomizados tratados com dieta padrão (SD) ou dieta suplementada com o produto à base de <i>yacon</i>	Produto a base de yacon contendo 6% FOS/ inulina por 84 dias	Via Oral	Os autores destacam que não houve alteração nos níveis séricos de glicose e insulina nos roedores suplementados com o produto. Entretanto, foi possível identificar que o consumo do produto contendo o FOS/inulina potencializou um processo de hipertrofia das criptas intestinais dos animais, por conta da fermentação e produção de subprodutos como os ácidos graxos de cadeia curta.
Oliveira <i>et al.</i> (2013)	Avaliar o efeito da yacon em parâmetros clínicos sob condições diabéticas.	Extrato aquoso da raiz tuberosas	32 ratos, machos, divididos em 4 grupos: controle; grupo que recebeu YRAE; grupo diabético não tratado; e grupo diabético tratado com YRAE.	0,76 g frutano/kg ⁻¹ peso corporal, em intervalos de 7 dias por 30 dias	Gavagem	O tratamento com YRAE reduziu os níveis de glicemia, colesterol total, VLDL-c, LDL-c e triacilglicerol em ratos diabéticos (YRAE). Os níveis de HDL, ureia e creatinina não diferiram entre os grupos Y e Y-DM1. YRAE normalizou a atividade da alanina aminotransferase (ALT) ao comparar ratos DM1 e Y-DM1, mas não teve efeito sobre a atividade da lactato desidrogenase (LDH).
Pereira <i>et al.</i> (2016)	Avaliar possíveis efeitos do consumo da farinha de polpa de yacon sobre parâmetros biológicos e metabólicos, como consumo alimentar, ganho de peso, níveis séricos de glicose e excreção de lipídios fecais de ratos, e determinar o papel do índice glicêmico das dietas	Farinha da polpa	24 ratos, raça <i>wistar</i> albinos, machos e saudáveis, divididos em 4 grupos (G). G1: controle; G2, 3 e 4 intervenções. Foi realizada a análise da glicemia de jejum e pós prandial e o teor de	G2: 5% de farinha na dieta; G3: 10% de farinha na dieta e G4: 15% de farinha na dieta por 17 dias	Via Oral	A farinha da polpa de yacon, quanto à concentração nas dietas, não elevou a glicemia de jejum entre os grupos. A glicose pós-prandial dos animais declinou em diferentes picos de glicose pós-prandial nos grupos que ingeriram a farinha em relação ao controle, principalmente no grupo tratado com 15% da farinha, entre 30 e

	adicionadas desse ingrediente nesses parâmetros.		lipídios nas fezes após o consumo da dieta			60 min, confirmando a influência da fibra alimentar na resposta de absorção da glicose. A ingestão de farinha da polpa de yacon aumentou o arraste de lipídios para as fezes dos animais, proporcionalmente às quantidades da farinha adicionadas às dietas.
Santos <i>et al.</i> (2017)	Elucidar a atividade antioxidante, anti-inflamatória e anti-hiperglicêmica do extrato hidroetanólico de folhas de <i>S. sonchifolius</i> no soro e músculo esquelético de ratos diabéticos induzidos por estreptozotocina.	Extrato hidroetanólico de folhas de Yacon	40 ratos, raça <i>wistar</i> machos, induzidos ao DM pela estreptozotocina e distribuídos aleatoriamente em 4 grupos. G1: Controle; G2: ratos normais, recebendo EHFY; G3: ratos diabéticos e G4: ratos diabéticos, recebendo EHFY	100 mg/kg de EHFY por 30 dias	Gavagem	Os autores puderam identificar que a insulina circulante se mostrou reduzida no grupo com diabetes quando comparada ao grupo controle, com melhoria no quadro de hiperglicemia do grupo de roedores diabéticos tratados com o EHFY. Além disso, esse grupo mostrou maior atividade de catalase em relação aos outros grupos.
Vargas-Tineo <i>et al.</i> (2020)	Comparar o efeito hipoglicemiante do extrato aquoso de <i>Moringa oleifera</i> (moringa), <i>Smallanthus sonchifolius</i> (yacon) e metformina em <i>Rattus norvegicus</i> , variedade albina, com Diabetes Mellitus induzida	Extrato aquoso de folhas de yacon	24 ratos, albinos e machos Holtzman, induzidos ao DM2 por aloxano.	140 mg/Kg por 15 dias	Sonda orogástrica	A redução da glicemia foi observada nos tratamentos: <i>M. Oleifera</i> , <i>S. sonchifolius</i> e metformina, a 313 mg/dL, 281,5 mg/dL e 415 mg/dL, respectivamente. Em relação à comparação da glicemia observou-se que em 24 horas e quatro dias de tratamento não houve diferença significativa ($p < 0,05$), enquanto, no oitavo e décimo quinto dia, os grupos tratados apresentaram glicemia menor em relação ao controle, mas semelhante entre eles.

Legenda: DM1: Diabetes Mellitus 1; DM2: Diabetes Mellitus 2; EHFY: Extrato hidroetanólico de folhas de yacon; FOS: frutooligossacarídeos; G: grupo; Kg: quilograma; LDL-c: low density lipoprotein; mg: miligrama; VLDL-c: Very low-density lipoprotein ;YRAE: Extrato aquoso da raiz de yacon.

Fonte: Autores, 2022.

Martins et al. (2022) avaliaram os potenciais efeitos benéficos de um produto à base de yacon no perfil glicêmico e na saúde intestinal de ratas na pós-menopausa. Para isso, utilizaram 80 ratas wistar randomizadas em 4 diferentes grupos de acordo com suas condições de saúde (ovariectomizadas ou celiotomizadas). Foi observado que os animais alimentados com a dieta contendo o produto apresentaram uma hipertrofia das criptas intestinais, além de um importante aumento na população de células imunorreativas do peptídeo semelhante ao glucagon-1 (GLP-1), não interferindo nos níveis séricos de glicose e insulina em ratas ovariectomizadas, alimentadas com a bebida. Entretanto, eles apontam que os achados na pesquisa indicam que o produto à base de yacon, quando consumido previamente ou após a menopausa, tem importante efeito no que diz respeito à morfologia e funcionalidade intestinal, atuando de forma indireta na modulação do perfil glicêmico e insulinêmico.

De forma similar, também buscando avaliar a eficácia de um produto no qual a yacon é adicionada, Dionísio et al. (2015) avaliaram o efeito hipoglicemiante de uma bebida funcional composta de yacon e caju em ratos diabéticos induzidos por aloxana. Após o período de exposição ao produto, os resultados mostraram uma importante diminuição dos níveis de glicose plasmática, fomentando que a yacon e o caju possuem uma significativa propriedade hipoglicemiante, atuando no manejo do estado diabético, quando inseridos em um contexto dietético. Esse efeito prebiótico exercido pela raiz de yacon já é amplamente conhecido no contexto dietético, principalmente por conta de seus efeitos específicos na composição ou na atividade da microbiota intestinal, contribuindo benefícios como a modulação glicêmica ao hospedeiro (BIANCHI et al. 2021).

Novos ingredientes têm sido investigados para que possam atender às exigências do mercado consumidor, que atualmente tem demandado por produtos com qualidades sensoriais e nutricionais associada a benefícios para a saúde. Um desses novos ingredientes são as farinhas, as quais exercem papel de destaque quando inseridas nas diversas preparações culinárias, podendo atuar como ferramenta auxiliar no manejo de diversas patologias, tais como o DM. Dito isto, identificar as potencialidades hipoglicemiantes de farinhas obtidas da yacon torna-se alvo de diversas pesquisas no cenário científico global (DA SILVA e ORLANDELLI, 2019).

Pereira et al. (2016) constataram que o consumo de farinha de yacon, em relação à concentração nas dietas foi benéfico, porque não proporcionou elevação da glicemia de jejum entre os grupos. Além disso, a glicemia pós-prandial dos animais testados apresentou um

declínio em diferentes picos entre os grupos, quando comparado ao controle, e o grupo que recebeu a maior concentração de farinha (G4 = 15%) teve destaque para este parâmetro avaliado. Portanto, aponta-se a tendência de que a farinha de yacon caracteriza-se como uma fonte alimentar/dietética de alta potencialidade de exploração no contexto de saúde, principalmente quando o foco está na prevenção e no manejo de doenças, tais como o DM, apresentando um efeito direto na resposta glicêmica.

De forma similar, Habib et al. (2015) utilizaram a farinha de yacon como suplemento dietético. No contexto geral do diabetes, o estudo demonstrou que a suplementação com farinha de yacon induziu uma diminuição significativa de malondialdeído, tanto no fígado quanto nos rins dos animais. Ademais, os níveis plasmáticos de peroxidação lipídica, colesterol e triglicerídeos, além de a composição de ácidos graxos liberados pelo fígado, que sofreram alteração em ratos diabéticos, retornaram para a normalidade mediante tratamento de forma suplementar com yacon. Os autores associam tal efeito à presença de compostos fenólicos presentes na farinha, uma vez que esses compostos, com seus grupamentos hidroxilas, são capazes de reduzir os intermediários oxidados da peroxidação lipídica induzida por radicais livres.

Observa-se, assim, que componentes encontrados em diversas partes dos alimentos consumidos in natura são ótimas fontes de substâncias funcionais. Além da raiz tuberosa, partes não convencionais da yacon também despontam um interesse e mostram-se eficazes no controle do DM. Os resíduos alimentares representam perdas de matéria-prima e energia, além de potencializar problemas inerentes de seu descarte ao meio ambiente. Dito isto, destaca-se que o reaproveitamento dos resíduos e partes não convencionalmente consumidas da yacon podem agregar valor ecológico e funcional a diversos produtos (DA SILVA e ORLANDELLI, 2019).

Vargas – Tineo et al. (2020) identificaram uma importante redução dos níveis glicêmicos nos grupos tratados com os extratos. Destaca-se que, no processo de obtenção dos extratos durante a decocção das folhas de yacon, compostos fenólicos, como os ácidos cafeico, clorogênico, quercetina e dicafeoilquínico, são liberados e contribuem diretamente com o efeito hipoglicemiante, promovendo regulação do metabolismo da glicose e insulina. Ao comparar os grupos tratados com o controle, inicialmente os autores não identificaram uma diferença significativa ($p > 0,05$) até o 5º dia de intervenção, entretanto, a partir do 8º dia de tratamento até o final do período, todos os grupos tratados apresentaram valores de glicemia menores que o grupo controle, com semelhanças entre eles.

Em tempo, ainda se utilizando das folhas, Santos et al. (2017) testaram os efeitos do extrato hidroetanólico de folhas de yacon sobre biomarcadores antioxidantes, glicêmicos e inflamatórios de ratos diabéticos. Houve relatos de uma redução significativa da glicemia, um aumento na concentração de insulina e uma diminuição na concentração de triglicerídeos séricos em ratos diabéticos induzidos por estreptozotocina, após a administração oral do extrato. Esse mecanismo pode ser explicado pela melhoria da glicorregulação e melhora dos parâmetros de estresse oxidativo e inflamação, particularmente nesses ratos portadores do diabetes.

4. Conclusão

O presente estudo demonstrou e caracterizou as linhas atuais de pesquisas que buscam propostas alternativas de cunho terapêutico para o tratamento de doenças tais como o DM, através da ingestão de alimentos ditos funcionais. Destaca-se que a raiz yacon, antes pouco difundida e popularizada, desponta seus inegáveis benefícios para a prática medicinal, atuando como uma matriz alimentar promissora de exploração. Os estudos aqui discutidos, evidenciam os seus benefícios no perfil glicêmico, além de contribuições significativas na redução do estresse oxidativo, potencial anti-inflamatório e importante atuação na interface do controle lipídico. Entretanto, vale ressaltar que em humanos, o consumo de AF de forma isolada, sem o acompanhamento de um profissional devidamente capacitado, pode não culminar nos mesmos resultados.

Destaca-se que apesar dos reconhecidos benefícios atrelados a raiz tuberosa, no Brasil, as áreas plantadas bem como a sua distribuição e comercialização é bem restrita, logo destaca-se a importância da realização de mais pesquisas e uma ampla divulgação a respeito das potencialidades da espécie para o plantio em diferentes tipos de condições climáticas.

Ademais, aponta-se a necessidade de delimitar e implementar técnicas de processamentos para que a raiz comporte-se de forma positiva no período pós-colheita, fazendo com que os seus produtos contenham maiores teores dos componentes de interesse, tais como os FOS e os polifenóis, além de apresentarem características que tornem o consumo mais atrativo e popular, permitindo-o ser inserido no contexto dietético de pacientes portadores do diabetes e outras patologias.

Agradecimentos

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001”.

REFERÊNCIAS

- ADRIANO, L. S. DIONÍSIO, A. P., ABREU, F., CARIOCA, A., ZOCCOLO, G. J., WURLITZER, N. J., PINTO, C. O., de OLIVEIRA, A. C., & SAMPAIO, H. Yacon syrup reduces post prandial glycemic response to breakfast: A randomized, crossover, double-blind clinical trial. **Food Research International**, v. 126, 108682. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108682>.
- ALBUQUERQUE, E.N.; ROLIM, P.M. Potencialidades do yacon (*Smallanthus sonchifolius*) no Diabetes Mellitus. **Revista de Ciências Médicas**. Campinas, v. 20, n. (3- 4): p.99-108, maio/ago., 2011.
- ALMEIDA, N.T. **Utilização de farinhas de linhaça e de batata yacon na elaboração de bolos como alternativa para pacientes com Diabetes Mellitus**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) - Curso de Nutrição da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2011.
- BARREIROS, R. C.; BOSSOLAN, G.; TRINDADE, C. E. P. Frutose em humanos: efeitos metabólicos, utilização clínica e erros inatos associados. *Revista de Nutrição*, v. 18, n. 3, 2005. <https://doi.org/10.1590/S1415-52732005000300010>.
- BARONI, S.; ROCHA, B. A.; MELO, J. O.; COMAR, J. F.; CAPARROZ-ASSEF, S. M.; BERSANI-AMADO, C. A. Hydroethanolic extract of *Smallanthus sonchifolius* leaves improves hyperglycemia of streptozotocin induced neonatal diabetic rats. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**, v. 9, n. 5, p. 432 – 436, 2016.
- BIANCHI, A. P.; FELIPE, M. R.; MALAQUIAS, P. S.; CENTURION, E.B.S. Efeito da batata yacon (*Smallanthus sonchifolia*) sobre os parâmetros glicêmicos de idosos institucionalizados. **Revista da Associação Brasileira de Nutrição**, v. 12, n. 1, p. 40 – 51, 2021.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 48**, de 16 de março de 2004. Dispõe sobre o registro de medicamentos fitoterápicos. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2004/rdc0048_16_03_2004.html. Acesso em 04 de setembro de 2022.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Alimentos com alegações de propriedades funcionais e ou de saúde**. 2016. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/alimentos/alegações> Acesso em: 06 de dezembro de 2021.
- CAETANO, B. F.; MOURA, N.A.; ALMEIDA, A. P. S.; DIAS, M. C.; SIVIERI, C.; BARBISAN, L. F. Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) as a Food Supplement: Health-Promoting Benefits of Fructooligosaccharides. **Nutrients**, v. 8, n. 7, p. 436, 2016.
- CELEMI, L. G. A.; LEMOS, A. G.; SOUZA, J. C.; SANTOS, J. C.; MUNHOZ, M. P.; LOPES, J. F. Análise de prontuários segundo a prevalência do consumo de alimentos ricos em probióticos. **Revista Saúde UniToledo**, v. 1, n. 2, p. 96-109, 2017.
- DA SILVA, V. S.; ORLANDELLI, R. C. Desenvolvimento de alimentos funcionais nos últimos anos: uma revisão. *Rev. Uningá [Internet]*; v.56(2):182-94, 2019. Disponível em: <https://revista.uninga.br/uninga/article/view/1110>.

DIONÍSIO, A. P.; SILVA, M. F. G.; CARIOCA, A. A. F.; ADRIANO, L. S.; ABREU, F. A. P.; WURLITZER, N. J.; PINTO, C. O.; PONTES, D. F. Effect of yacon syrup on blood lipid, glucose and metabolic endotoxemia in healthy subjects: a randomized, double-blind, placebo-controlled pilot trial. **Food Science and Technology**, v. 40, n. 1, p. 194-201, 2020.

DIONÍSIO, A. P.; CARVALHO-SILVA, L.B.; VIEIRA, N.M.; GOES, T.S.; WURLITZER, N. J.; BORGES, M. F.; BRITO, E. S.; LONTA, M.; FIGUEIREDO, R. W. Cashew-apple (*Anacardium occidentale* L.) and yacon (*Smallanthus sonchifolius*) functional beverage improve the diabetic state in rats. **Food Research International**, v. 77, p. 171-176, 2015.

FRANZ, M. J.; EVERT, A. B. **Terapia de Nutrição Médica para Diabetes Mellitus e Hipoglicemia de Origem não diabética**. In: MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S.; RAYMOND, J. L. Krause: Alimentos, Nutrição e Dietoterapia. 14. ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2018.

GUSSO, A. P.; MATTANNA, P.; RICHARDS, N. Yacon: benefícios à saúde e aplicações tecnológicas. **Ciência Rural**, v.45, n.5, p.912-919, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20140963>.

HABIB, N. C.; SERRA-BARCELONA, C.; HONORÉ, S. M.; GENTA, S.B.; SÁNCHEZ, S. Yacon roots (*Smallanthus sonchifolius*) improve oxidative stress in diabetic rats. **Pharmaceutical biology**, v. 53, n. 8, p. 1183–1193, 2015.

KHALESI, S., BELLISSIMO, N., VANDELANOTTE, C., WILLIAMS, S., STANLEY, D., & IRWIN, C. (2019). A review of probiotic supplementation in healthy adults: helpful or hype? **European journal of clinical nutrition**, v.73, n.1, p.24–37, 2019.

KHOKHLA, M.; HORBULINSKA O.; HACHKOVA H.; MISHCHENKO L.; SHULGA O.; VILDANOVA R.; SYBIRNA N. Yacon's (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. and Endl.) Effects on Postprandial Glucose under Experimental Diabetes Mellitus. **Academia Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 4, n. 2, p. 36 – 43, 2016.

MACEDO, L. L.; VIMERCATI, W. C.; ARAÚJO, C. S. Fruto-oligossacarídeos: aspectos nutricionais, tecnológicos e sensoriais. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, e2019080, 2020.

MARTINS, J. F. L. SOUZA-SILVA, T.G.; PAULA, H.; RAFAEL, V.; SARTORI, S.; FERREIRA, C. Yacon-based product improves intestinal hypertrophy and modulates the production of glucagon-like peptide-1 in postmenopausal experimental model. **Life Sciences**, v. 291, 120245, 2022.

MEJÍA VÁSQUEZ, A.; ZULOETA GUERRERO, D.; PALACIOS MORALES, F. Efecto hipoglucemiante del consumo de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en ratones diabéticos tipo 2 inducidos con aloxano. **Revista Científica de Ciencias de la Salud**, v. 9, n. 1, p. 72-78, 2016.

MORO, T. M. A.; CLERICE, M. T. P. S. Burdock (*Arctium lappa* L) roots as a source of inulin-type fructans and other bioactive compounds: Current knowledge and future perspectives for food and non-food applications. **Food Research International**, v. 141, 109889, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109889>.

OLIVEIRA, G. O.; BRAGA, C. P.; FERNANDES, A. A. H. Improvement of biochemical parameters in type 1 diabetic rats after the roots aqueous extract of yacon [*Smallanthus*

sonchifolius (Poepp. & Endl.) treatment. **Food and Chemical Toxicology**, v. 59, p. 256 – 260, 2013.

ORIOLO, L.; HERMANS, M. P.; THISSEN, J. P.; MAITER, D.; VANDELEENE, B.; YOMBI, J. C. COVID-19 in diabetic patients: Related risks and specifics of management. **Ann Endocrino**, 81(2-3):101-109, 2020.

PEREIRA, J. A. R.; BARCELOS, M.F.P.; FERREIRA, E.B.; PEREIRA, R.C.; ANGELIS-PEREIRA, M.C. Changes in glucose levels and fecal excretion of lipids due to consumption of yacon flour. **Nutrition & Food Science**, v. 46, n. 6, 2016.

RIBEIRO, P. V. M.; MACHADO, A. M.; SILVA, N. B. M.; OLIVEIRA, L. L.; ALFENAS, R. C. G. Effect of the consumption of yacon flour and energy-restricted diet on glycation markers, and association between these markers and factors linked to obesity in adults with excess body weight: A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. **Nutrition**, v. 91 – 91, 2021.

ROCHA, D. M. U. P.; RIBEIRO, P.V.M.; CALDAS, A.P.S.; SILVA, B.P.; SILVA, A.; ALMEIDA, A.P.; SILVA, N.B.M.; MACHADO, M.A.; ALFENAS, R.C.G. Acute consumption of yacon shake did not affect glycemic response in euglycemic, normal weight, healthy adults. **Journal of Functional Foods**, v. 44, p. 58 – 64, 2018.

SANTOS, K. C.; BUENO, B. G.; PEREIRA, L. F.; FRANCISQUETI, F. V.; BRAZ, M. G.; BINCOLETO, L. F.; DA SILVA, L. X.; FERREIRA, A.; NAKAMUNE, A.; CHEN, C. O.; BLUMBERG, J. B.; & CORRÊA, C. R. Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) Leaf Extract Attenuates Hyperglycemia and Skeletal Muscle Oxidative Stress and Inflammation in Diabetic Rats. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2017, p.9, 2017.

SALES, R. L. COSTA, N. M. B. **Yacon: Aspectos Nutricionais, Tecnológicos e Funcionais**. In: COSTA, N.M.B.; ROSA, C.O.B. Alimentos Funcionais-Componentes Bioativos e Efeitos Fisiológicos. 1.ed. Rio de Janeiro: Ed. Rubio, 2010. p.229-242.

SALVADOR, A.C.; DANTAS, M. I. S.; VASCONCELOS, C. M.; VANETTI, M.C.D.; RIBEIRO, S.M.R.; NERY-ENES, B.; NELSON, J. D.; MARTINO, H.S.D. Desarrollo de jalea de yacon de reducido valor calórico: caracterización físico-química, microbiológica y sensorial. **Revista Chilena de Nutrition**, v. 39, n. 3, 2012.

SATOH, H., AUDREY NGUYEN, M. T., KUDOH, A., & WATANABE, T. Yacon diet (*Smallanthus sonchifolius*, Asteraceae) improves hepatic insulin resistance via reducing Trb3 expression in Zucker fa/fa rats. **Nutrition & Diabetes**, v. 3, n. 5, e70, 2013.

SATOH, H.; KUDOH, A.; HASEGAWA, K.; HIRAI, H.; WATANABE, T. Yacon supplementation reduces serum free fatty acids and tumor necrosis factor alpha concentrations in patients with type 2 diabetes. **Diabetology International**, v. 5, p.165–174, 2014.

SCHEID, M.M. A.; GENARO, P.S.; MORENO, Y.M.; PASTORE, G.M. Freeze-dried powdered yacon: Effects of FOS on serum glucose, lipids, and intestinal transit in the elderly. **European journal of nutrition**, v. 53, n.7, p.1457–1464, 2014.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES (SBD). **Diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes 2019-2020** [Internet]. 2019. Disponível em: <http://www.saude.ba.gov.br/wp->

content/uploads/2020/02/Diretrizes-Sociedade-Brasileira-de-Diabetes-2019-2020.pdf. Acesso em 04 de setembro de 2022.

SOUZA, T.G.S.; COSTA, L. H.; MARQUES, D.V.B.; PAULA, H. A. A. Perfil glicêmico: Efeito da estreptozotocina e do yacon (*Smallanthus sonchifolius*) em ratos Wistar. **Revista da Sociedade Brasileira de Ciência em Animais de Laboratório**, v.5 n.1, p. 35-44, 2017.

VARGAS-TINEO, O. W. SEGURA-MUÑOZ, D. M.; BECERRA-GUTIÉRREZ, L. K.; AMADO-TINEO, J. P.; SILVA-DÍAZ, H. Efecto hipoglicemiante de *Moringa oleifera* (moringa) comparado con *Smallanthus sonchifolius* (yacón) en *Rattus norvegicus* con diabetes mellitus inducida. **Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública**, v.37, n. 3, p. 478-484, 2020.

YAN, M. R.; Welch, R.; Rush, E. C.; Xiang, X.; Wang, X. A Sustainable Wholesome Foodstuff; Health Effects and Potential Dietotherapy Applications of Yacon. **Nutrients**, v. 11,

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mudança da alimentação a fim de desenvolver hábitos alimentares mais saudáveis por grande parte da população tem aumentado exponencialmente e, isso se deve ao acesso à informação ou pela necessidade de melhorar e promover a saúde e bem-estar. Em virtude disso, a procura por alimentos que além de suprir as necessidades energéticas, também ofereçam potencial benéfico à saúde e até mesmo sejam utilizados em substituição a produtos já existente no mercado, mas que não podem ser consumidos por uma parte da população, devido a restrições alimentares, esses alimentos são popularmente conhecidos de alimentos funcionais.

Após a análise da literatura foi observado que, apesar das lacunas existentes nas pesquisas, fica evidente que o desenvolvimento de bebidas fermentadas vegetais tem aumentado, a fim de suprir as necessidades do público vegetariano e/ ou intolerante, entretanto, ainda não são bebidas facilmente encontradas no comércio. Além de serem bebidas para todos os públicos, as bebidas fermentadas vegetais possuem grande potencial à saúde devido serem fonte prebióticos, visto que elas apresentam valor nutritivo ideal, além de propriedades sensoriais e físico-químicas adequadas.

Logo, é evidente a necessidade de se ampliar os estudos referentes a esses produtos, bem como sua divulgação, já que a falta de informações suficientes acerca dessa classe de produtos pode gerar insegurança em seus potenciais consumidores acerca de seus conteúdos nutricionais.

REFERÊNCIAS GERAIS

AIRES, M. V. L.; MODESTO, R. M. G.; SANTOS, J. S. Os benefícios da uva na saúde humana: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, e281101421825, 2021. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i14.21525>.

ALMEIDA, N.T. **Utilização de farinhas de linhaça e de batata yacon na elaboração de bolos como alternativa para pacientes com Diabetes Mellitus**. 2011. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2011.

AMMOLLO, C. T. et al. Grape intake reduces thrombin generation and enhances plasma fibrinolysis. Potential role of circulating procoagulant microparticles. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 50, p. 66-73, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2017.08.012>.

ARIOLI, S. et al. *Streptococcus thermophilus* urease activity boosts *Lactobacillus delbrueckii* subsp. bulgaricus homolactic fermentation. **International journal of food microbiology**, v. 247, p. 55-64, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.01.006>.

BARBOZA, A. A. A. et al. Consumo de alimentos funcionais e seus benefícios no diabetes mellitus tipo II: Revisão de literatura. **Research, Society and Development**, v.9, n. 9, p. e234997058, 2020. Doi: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7058>.

BARROS, D. M. et al. A importância do consumo de probióticos e prebióticos para a saúde: uma revisão. **Brazilian Applied Science Review**, v. 6, n.1, 2022. <https://doi.org/10.34115/basrv6n1-004>.

BINDELS, L. B. et al. Opinion: Towards a more comprehensive concept for prebiotics. **Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology**, v. 12, n. 5, p. 303–310, 2015. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2015.47>

BLANA, V. A. et al. Inoculated fermentation of green olives with potential probiotic *Lactobacillus pentosus* and *Lactobacillus plantarum* starter cultures isolated from industrially fermented olives. **Food Microbiology**, v. 38, p. 208–218, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.09.007>.

CAÑAS, G. J. S., & BRALBANTE, M. E. F. (2019). A química dos alimentos funcionais. **Química Nova Escola**, v. 41, n. 3, p. 216 – 223, 2019. <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160168>.

CHAMPAGNE, C. P.; GARDNER, N. J.; ROY, D. Challenges in the addition of probiotic cultures to foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 45, n. 1, p.61-84, 2005. <https://doi.org/10.1080/10408690590900144>.

COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. **Alimentos Funcionais: Compostos Bioativos e Efeitos Fisiológicos**, 2. ed., Rio de Janeiro: Rubio, 2016.

DELGADO, G. T. C. et al. The putative effects of prebiotics as immunomodulatory agents. **Food Research International**, v. 44, n. 10, p. 3167–3173, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.07.032>.

DIAS, J. F. **Desenvolvimento de bebida probiótica a base de uva utilizando resíduo da indústria vinícola**. 2014. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos) - Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014

DIAS, J. F. et al. Acid lactic bacteria as a bio-preservant for grape pomace beverage. **Frontiers in Sustainable Foods Systems**, v. 2, n. 58, 2018. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00058>.

DOBKE, D. et al. Determinação de metais pesados em suco de uvas por espectrometria de absorção atômica em chama – F AAS. **Revista Thema**, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 114–123, 2020. <http://dx.doi.org/10.15536/thema.V17.2020.114-123.1166>.

ERLIANA, W. et al. The effects of various pH and temperature to enhance lactic acid production using *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus rhamnosus*. In: **AIP Conference Proceedings**. AIP Publishing LLC, v. 2197, p. 060005, 2020. <https://doi.org/10.1063/1.5140932>.

FAO/WHO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Probiotics in food: Health and nutritional proprieties and guidelines for evaluation**. FAO, 2006. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a0512e/a0512e.pdf>. Acesso em 26 de março de 2021.

FERREIRA, A. R. P.; FALLER, A. L. K. Perfil e conhecimento de nutricionistas prescritores de alimentos funcionais. **RBONE - Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento**, v. 14, n. 87, p. 617-623, 2020.

FERRI, M. et al. White grape pomace extracts, obtained by a sequential enzymatic plus ethanol-based extraction, exert antioxidant, anti-tyrosinase and anti-inflammatory activities. **New Biotechnology**, v. 39, p. 51-58, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2017.07.002>.

FILANNINO, P.; DI CAGNO, R.; GOBBETTI, M. Metabolic and functional paths of lactic acid bacteria in plant foods: get out of the labyrinth. **Current Opinion in Biotechnology**, v. n. 49, p. 64-72, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2017.07.016>.

FLESCH, A. G. T.; POZIOMYCK, A. K.; DAMIN, D. C. O uso terapêutico dos simbióticos. **Arquivos Brasileiros de Cirurgia Digestiva**, v. 23, n. 3, p. 206 – 209, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0102-67202014000300012>

FREIRE, T. T. et al. Bactérias ácido lácticas suas características e importância: revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, e513101119964, 2021. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19964>.

GENTA, S. et al. Yacon syrup: Beneficial effects on obesity and insulin resistance in humans. **Clinical Nutrition**, v. 28, p. 182-187, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2009.01.013>.

GLIBOWSKI, P. Effect of thermal and mechanical factors on rheological properties of high-performance inulin gels and spreads. **Journal of Food Engineering**, v. 99, n. 1, p. 106–113, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.02.007>.

GREGÓRIO, M. G. et al. Development and physico-chemical characterization of Greek yogurt with the addition of different concentrations of stars fruit jam (Averrhoa carambola). **Research, Society and Development**, v. 9, n.8, e861986484, 2020. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.6484>.

ISAS, A. S. et al. Functional fermented cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) juice using autochthonous lactic acid bacteria. **Food Research International**, 128 (Pt A), 109729, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109729>.

KANASHIRO, R. S.; FERRARO, R. G.; POLTRONIERI, F. Yacon (*Smallanthus sonchifolius*): importância funcional. **Nutrição em Pauta**, São Paulo: Núcleo Consultoria Com. e Rep, v. 16, n. 92, p. 9-12, 2008.

- LACHMAN, C. et al. Geleia de maçã adicionada de inulina: Parâmetros físico-químicos e avaliação sensorial entre crianças. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, , v. 12, n. 1, p. 57-69, jan./jul. 2014.
- LIMA, C. et al. Bactérias do ácido láctico e leveduras associadas com o queijo-de-minas artesanal produzido na região da Serra do Salitre, Minas Gerais. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n.1, p. 266-272, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352009000100037>.
- MARQUES, C. G. et al. Prebiotics and probiotics in health and treatment of gut diseases: an integrative review. **Research, Society and Development**, v.9, n. 10, e6459109071, 2020. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i10.9071>.
- MIN, M. et al. Non-dairy probiotic food products: An emerging group of functional foods. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 59, n.16, p. 2626–2641, 2019. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1462760>.
- MORAIS, S. G. G. et al. Effects of probiotics on the content and bioaccessibility of phenolic compounds in red pitaya pulp. **Food Research International**, v. 126, p. 108681, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108681>.
- MORRIS C., MORRIS G. A. The effect of inulin and fructo-oligosaccharide supplementation on the textural, rheological, and sensory properties of bread and their role in weight management: A review. **Food chemistry**, v. 133, n. 2, p. 237–248. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.01.027>.
- PENG, W. et al. Effect of the apple cultivar on cloudy apple juice fermented by a mixture of *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum*, and *Lactobacillus fermentum*. **Food Chemistry**, 340, 127922, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127922>.
- PICCOLOTTO, P. A. **Produção de bebida fermentada potencialmente funcional a partir do extrato de yacon (*Smallanthus sonchifolius*)**. 2019. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.
- ROBERFROID, M.B. et al. Prebiotics effects: Metabolic and health benefits. **British Journal of Nutrition**, v.104, n.2, p.1-63, 2010. <https://doi.org/10.1017/S0007114510003363>.
- ROCCA PEREIRA, A. A.; IANI LUSNE, A. P.; AIELLO MACFADEM, H. H. de L. Probióticos e prebióticos na prevenção e tratamentos de doenças. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, [S. l.], v. 22, n. 3, p. 162-176, 2019. <https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2019.v22i3.677>.
- ROCHA, M. A.; OLIVEIRA, V. P.; AMORIM, W. L. A. Efeito da insulina sobre o perfil glicêmico em ratos induzidos ao Diabetes Mellitus tipo 2. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Nutrição) - Faculdade FAMINAS, Minas Gerais, 2012.
- ROSA, C. O. B.; VALENTE, F. X.; RIBEIRO, P. V. M. Alimentos Funcionais. In: CUPPARI, L. **Guia de Nutrição Clínica no adulto**, 3. ed., Barueri: Manole, 2014, p. 91 – 110.
- RUIZ RODRÍGUEZ, L. G. et al. Fruits and fruit by-products as sources of bioactive compounds. Benefits and trends of lactic acid fermentation in the development of novel fruit-based functional beverages. **Food Research International**, v. 140, p. 109854, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109854>.

- SACRAMENTO, M. S.; SILVA, P. S. R. C.; TAVARES, M. I. B. Batata yacon- alimento funcional. **Revista Semioses Inovações, Desenvolvimento e Sustentabilidade**, v. 11, n. 3, p. 43–48, 2017.
- SALES, R. L. et al. Yacon: Aspectos Nutricionais, Tecnológicos e Funcionais. *In*: COSTA, N.M.B.; ROSA, C.O.B. Alimentos Funcionais-Componentes Bioativos e Efeitos Fisiológicos. 1.ed. Rio de Janeiro: Ed. Rubio, 2010. p.229-242.
- SANTANA, I.; CARDOSO, M.H. Raiz tuberosa de yacon (*Smallanthus sonchifolius*): potencialidade de cultivo, aspectos tecnológicos e nutricionais. **Ciência Rural**, v.38, n.3, p.898-905, mai-jun, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000300050>.
- SCHIMIDT, B. et al. Resveratrol, Curcumin and Piperine Alter Human Glyoxalase 1 in MCF-7 Breast Cancer Cells. **International Journal of Molecular Sciences** [online], v. 21, n. 15, p.5244, 2020. <https://doi.org/10.3390/ijms21155244>.
- SEPTEMBRE-MALATERRE, A.; REMIZE, F.; POUCHERET, P. Fruits and vegetables, as a source of nutritional compounds and phytochemicals: Changes in bioactive compounds during lactic fermentation. **Food Research International**, v. 104, p. 86-99, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.031>.
- SHANG, A. O. et al. Bioactive Compounds and Biological Functions of Garlic (*Allium sativum* L.). **Foods**, v. 8, n. 7. p. 246, 2019. <https://doi.org/10.3390/foods8070246>.
- SILVA, N. R. R. N. et al. Influência do consumo de probióticos e prebióticos na prevenção e tratamento de disbiose. **Conjecturas**, v. 22, n. 8, p. 943–956, 2022. <https://doi.org/10.53660/CONJ-1300-X08>.
- SYBESMA, W. et al. Safe use of genetically modified lactic acid bacteria in food. Bridging the gap between consumers, green groups, and industry. **Electronic Journal of Biotechnology**, 4, 424-448, 2006.
- SZUTOWSKA, J. Functional properties of lactic acid bacteria in fermented fruit and vegetable juices: a systematic literature review. **European Food Research and Technology**, v. 246, p. 357 -372, 2020. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03425-7>.
- TEIXEIRA, N. et al. Wine industry by-product: Full polyphenolic characterization of grape stalks. **Food Chemistry**, v. 268, p. 110-117, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.070>.
- UYEDA, M. et al. Probióticos e prebióticos: benefícios acerca da literatura. **Revista de Saúde UniAGES**, v. 1, n. 1, p. 33-57, 2016.
- VASCONCELOS, C. M. et al. Determination of the soluble dietary fiber fraction in yacon (*Smallanthus sonchifolius*) root and flour by enzymatic-gravimetric method and high-pressure liquid chromatography. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 69, n. 2, p. 188-193, 2010.
- VIDAL, A. M. et al. A ingestão de alimentos funcionais e sua contribuição para a diminuição da incidência de doenças. **Cadernos de Graduação - Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 1 n. 15, p. 43-52, 2012. Disponível em:
- VILHENA, S. M. C; CÂMARA, F.L.; KADIHARA, S.T. O cultivo do yacon no Brasil. **Horticultura Brasileira**. v.18, n.1, p.5-8, 2000. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362000000100002>.

YAN, M. R. et al. A Sustainable Wholesome Foodstuff; Health Effects and Potential Dietotherapy Applications of Yacon. **Nutrients**, v. 11, n. 11, p. 2632, 2019. <https://doi.org/10.3390/nu11112632>.

WANG, Z. et al. Fermentation of kiwifruit juice from two cultivars by probiotic bacteria: Bioactive phenolics, antioxidant activities and flavor volatiles. **Food Chemistry**, v. 373 (Pt B), p. 131455, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131455>.

XU, X. et al. Chemical analysis and flavor properties of blended orange, carrot, apple, and Chinese jujube juice fermented by selenium-enriched probiotics. **Food Chemistry**, v. 289, p. 250 – 258, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.068>.

