



CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS
DOUTORADO

DALYANE LAÍS DA SILVA DANTAS

**DESENVOLVIMENTO DE LEITE FERMENTADO CAPRINO COM POTENCIAL
PROBIÓTICO ADICIONADO DE FARINHA DE XIQUE-XIQUE (*Pilosocereus
gounellei*): propriedades tecnológicas, nutricionais, sensoriais e funcionais**

JOÃO PESSOA – PB

2021

DALYANE LAÍS DA SILVA DANTAS

**DESENVOLVIMENTO DE LEITE FERMENTADO CAPRINO COM POTENCIAL
PROBIÓTICO ADICIONADO DE FARINHA DE XIQUE-XIQUE (*Pilosocereus
gounellei*): propriedades tecnológicas, nutricionais, sensoriais e funcionais**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação
em Ciência e Tecnologia dos Alimentos da UFPB
para obtenção do título de Doutor.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria Elieidy Gomes de Oliveira.

JOÃO PESSOA

2021

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

D192d Dantas, Dalyane Lais da Silva.

Desenvolvimento de leite fermentado caprino com potencial probiótico adicionado de farinha de xique-xique (*Pilosocereus gounellei*) : propriedades tecnológicas, nutricionais, sensoriais e funcionais / Dalyane Lais da Silva Dantas. - João Pessoa, 2021. 121 f. : il.

Orientação: Maria Elieidy Gomes de Oliveira.
Tese (Doutorado) - UFPB/Tecnologia.

1. Iogurte caprino. 2. *Limosilactobacillus mucosae*.
3. Viabilidade celular. 4. Sobrevivência ao TGI. 5. Análise sensorial. 6. Viscosidade aparente. I. Oliveira, Maria Elieidy Gomes de. II. Título.

UFPB/BC

CDU 637.146.34(043)

DALYANE LAÍS DA SILVA DANTAS

**DESENVOLVIMENTO DE LEITE FERMENTADO CAPRINO COM POTENCIAL
PROBIÓTICO ADICIONADO DE FARINHA DE XIQUE-XIQUE (*Pilosocereus
gounellei*): propriedades tecnológicas, nutricionais, sensoriais e funcionais**

Tese Aprovada em 27/09/2021.

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Maria Elieidy Gomes de Oliveira – DN/CCS/UFPB

Presidente da Banca Examinadora



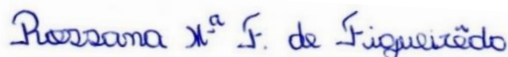
Profa. Dra. Juliana Késsia Barbosa Soares – UAS/CES/UFCG

Examinador Interno



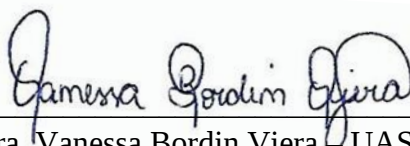
Profa. Dra. Estefânia Fernandes Garcia – DGAS/CTDR/UFPB

Examinador Externo a Instituição



Profa. Dra. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo – UAEEA/CTRN/UFCG

Examinador Externo a Instituição



Profa. Dra. Vanessa Bordin Viera – UAS/CES/UFCG

Examinador Externo a Instituição

Muitas são, Senhor, meu Deus, as maravilhas que tens operado para conosco, e os teus pensamentos não se podem contar diante de ti; eu quisera anunciá-los e manifestá-los, mas são mais do que se podem contar (Salmos 40:5).

Pela promessa que se cumpre neste dia, inteiramente ao Senhor Jesus,
Dedico.

AGRADECIMENTOS

Deus, o meu Salvador, que me deu forças para iniciar, continuar e finalizar essa promessa (Hebreus 10:23), que me livrou de todo mal, me protegeu, me guiou, colheu minhas lágrimas em cada momento de dor, me fez sorrir e me mostrou que as suas promessas se cumprem (Filipenses 1:6) e as suas misericórdias se renovam à cada manhã, não porque mereço, mas porque o seu amor não tem fim (Salmos 86:15), a Ti, a minha maior gratidão.

Gostaria de agradecer a Deus pela minha família, meus pais Damião e Eliane que nunca mediram esforços para que eu estudasse, me dando todo suporte que precisei ao longo desses anos, me ensinaram a sonhar e sobre a importância e valor do trabalho e da honestidade, não teria conseguido sem essa base sólida e cheia de amor que vocês ofertam a mim, e aos meus irmãos, dia após dia (Provérbios 22:6). Agradeço também aos meus irmãos Thalita e João Marcos, por todo amor, torcida, ajuda, aconselhamentos e companheirismo, vocês são os melhores irmãos que alguém poderia ter, meu coração se enche de alegria aos encontrá-los, espero que agora, possamos vivenciar ainda mais momentos felizes. Também gostaria de agradecer a todos os meus familiares, meus avós Ivo, Zilda, Carminha e vovô Eloi (*In memoriam*) que sempre me ajudaram e me acolheram com tanto amor, a todos os meus primos e primas, que não caberiam nesse parágrafo, mas que agradeço em nome de Halynne, essa prima amada, que esteve sempre ao meu lado, aos meus tios e tias, em especial agradeço a tia Erica, por ser essa tia tão amorosa e especial. Família, projeto de Deus, quero aqui honrá-los, tudo que faço é por vocês, sempre (Êxodo 20:12). Amo vocês!

Minha gratidão a Deus, pela vida da minha orientadora, Maria Elieidy (Ely), que sempre esteve me conduzindo com muito profissionalismo, dedicação e acima de tudo, empatia, amor e compreensão em meio à tantas circunstâncias além desse projeto, principalmente nas mais difíceis, ela estava ali demonstrando cuidado. Sempre soube que me submeter àquele processo de monitoria de tec. dos alimentos, no CES traria bons frutos, que graças à sua generosidade, venho colhendo até hoje. Espero um dia, ser apenas um pouco dessa pessoa e professora tão maravilhosa que és, cuja força e fé me inspira.

Gostaria de agradecer a Deus pela vida de Edy, que ao longo desses 4 anos esteve comigo, mostrando a importância do amor em todas as circunstâncias, felizes e tristes, espero que juntos possamos conquistar outras vitórias, conforme a vontade de Deus. Amo você (1 Coríntios 13). Gostaria de agradecer a tia Iraci e Cândido, que sempre me acolheram de braços abertos, fazendo com que eu me sentisse em casa, com todo amor e carinho e a querida tia Bel, que sempre foi muito carinhosa e que se fez presente de uma maneira muito generosa em um momento difícil, me acolhendo de forma tão atenciosa.

Gostaria de agradecer a Deus por todos os docentes que contribuíram para a construção dessa tese, assim como as instituições que deram suporte técnico, laboratorial e financeiro a esta pesquisa a UFPB, UFCG, IFPE e ao CNPq. Em especial, gostaria de agradecer a querida professora Rita (*In memoriam*) que tanto incentivou a pesquisa em nossa região e conduzindo estudos com cactáceas, me apoiou desde o início, com tanto amor e gentileza, nunca esquecerei do seu sorriso, dos chás da tarde e do seu legado. Gostaria de agradecer a duas importantes professoras do CES/UFCG, a professora Dra. Juliana Késsia, que sempre me impulsionou a crescer, me aconselhou em tantos momentos e é um exemplo de dedicação em tudo que faz, não sendo diferente nesse trabalho. Meu muito obrigada a professora Dra. Vanessa Bordin, que apoiou esta pesquisa, abrindo literalmente as portas dos laboratórios em meio à pandemia, realizando análises e com muito amor oferecendo sempre ajuda e oportunidades, obrigada por ser esse exemplo de pessoa e profissional. Gostaria de agradecer a professora Dra. Rossana

Maria, que deu todo suporte desde a realização de análises, até as correções e escrita deste material, e de uma forma tão gentil, nos recebeu em sua sala, ouvindo atentamente cada processo, meu muito obrigada. Gostaria de agradecer também a profa. Dra. Estefância Garcia, pelas contribuiçõesme sinto muito honrada em tê-la conosco nas contribuições dessa pesquisa.

Gostaria de agradecer a Deus pelos meus amigos do laboratório, tive a rica oportunidade de fazer amizades que levarei para o resto da vida. É bom saber que existe pessoas que, de verdade, torcem pelo seu sucesso. Quero agradecer em especial, pela vida da minha amiga Fabrícia, que foi além de uma parceira de análise e perrengues, mas um porto seguro, se fazendo ouvidos sempre que precisei, me apoiando e me ajudando. Aos técnicos do labinho, Cecília e Guilherme, que também sempre estiveram presentes, me auxiliando da melhor maneira possível. Também gostaria de agradecer as colegas que estiveram comigo, realizando análises e por tantas vezes estivemos ali, nos ajudando mutuamente, são Gabi, Thammyrys, Dani e Ana Cristina. Agradeço também aos meus colegas de turma, as amigas que me acompanham desde o mestrado e graduação Ana Rita e Mikaelle, e aos colegas da turma de doutorado Caio, João, Bianca e Graciete, ambos sempre demonstraram espírito de companheirismo e boa vontade, muito obrigada.

Gostaria de agradecer a Deus por duas pessoas que foram muito especiais na finalização desse trabalho, que foram a minha amiga Thaís Matte, e a Nitalo, vocês foram realmente anjos enviados por Deus (2 Samuel 22:36).

Também quero agradecer a Deus pelos meus amigos, que são tantos, adquiridos em vários momentos da minha vida, sendo todos muito importantes, e que apesar da distância e das correrias e compromissos, de alguma maneira, sempre se fazem presente, seja através de uma mensagem, ligação, torcida e oração, obrigada Barthira, Tiene, Juliete, Diego, Priscilla, Tassara, Gabi, Fernanda, Jussara, Márcia, Aninha, Andréa, Haline, Marília, Day (Provérbios 17:17). Amo vocês!

Gostaria de agradecer a Deus pelos meus alunos, que sempre foram fonte de inspiração diária, desde os que estavam em curso de sala de aula, como também aos meus queridos orientandos, representando os demais, gostaria de agradecer em especial a Everton, Clara, Fernanda e Tamires que me ajudaram não apenas em apoio moral, como também na coleta de dados para esta pesquisa. Agradeço aos colegas de trabalho que sempre me apoiam e instigam a minha capacidade de ser uma profissional melhor, em especial a minha coordenadora, a professora Dra. Glória Barros, pela oportunidade a mim confiada e pela sensibilidade em tantos momentos, também ao professor e amigo Carlos Eduardo, que também esteve presente nessa jornada, me ajudando em vários momentos, me apoiando e oferecendo a sua amizade. A professora Dra. Priscila Maciel que se tornou uma grande amiga de caminhada, a quem tanto admiro e ao querido professor Dr. Eneo Alves da Silva Júnior, que sempre foi uma grande inspiração para mim, através das suas obras, e que hoje se tornou um grande amigo, sempre disposto a me ajudar e aconselhar de uma maneira ímpar, a vocês, o meu muito obrigada.

E por fim, mais não menos importante, gostaria de agradecer a Deus pela vida de Lucy. meu gato companheiro, que mesmo sem entender me ajudou, através do seu amor companheirismo, sem pedir nada além de reciprocidade.

Grata ao Senhor por todos àqueles que contribuíram de forma direta indiretamente para a construção dessa tese, ou melhor, desse sonho em forma de promessa.

RESUMO

Neste estudo se avaliou o impacto da adição de diferentes concentrações (1,0 e 2,0%) de farinha de xique-xique nas propriedades tecnológicas, nutricionais, bioativas, efeito protetor na sobrevivência da cepa autóctone *Limosilactobacillus mucosae* CNPC007 durante a digestão gastrointestinal simulada em leites fermentados caprinos com geleia de abacaxi, bem como a aceitação e características sensoriais (JAR - *Just About Right*) dos produtos ao longo do armazenamento refrigerado (4 ± 1 °C). Observou-se que os tratamentos LFX1% e LFX2% apresentaram maior intensidade quanto a coloração amarela e aumento da luminosidade ao longo do armazenamento quando comparados a LFC. Houve aumento da viscosidade aparente para os tratamentos LFX1% e LFX2% em relação ao iogurte convencional até o 14º dia de armazenamento refrigerado. Foi observada redução do teor de açúcares totais e aumento do teor de proteínas ao longo do armazenamento refrigerado para a maioria das formulações, com maior produção de ácido málico, láctico e propiônico para os iogurtes adicionados da farinha de xique-xique. Após 28 dias de armazenamento, LFX2% apresentou maiores contagens de *L. mucosae* CNPC007, teores de minerais, compostos fenólicos totais, flavonoides e atividade antioxidante. Após a digestão simulada, *L. mucosae* CNPC007 mostrou números mais elevados de células viáveis para as formulações LFX1% e LFX2% quando comparado com LFC, indicando o possível efeito protetor da farinha xique-xique durante as etapas da digestão, com contagens $> 7 \log$ UFC/g. De acordo com a análise sensorial com a escala JAR, as amostras com farinha de xique-xique adicionada obtiveram melhores resultados ($p < 0,05$) para o parâmetro de aroma de cabra (LFX1%, $3,29 \pm 0,83$ e LFX2%, $3,48 \pm 1,07$). Além disso, os provadores ficaram indiferentes às características de aroma e sabor herbáceos. A farinha de xique-xique pode ser utilizada para a produção de um novo leite fermentado caprino adicionado de cepa probiótica autóctone *L. mucosae* CNPC007 sem afetar negativamente as características tecnológicas, sensoriais, exercendo efeito protetor sobre o probiótico adicionado, agregando valor nutricional e funcional ao produto, tornando-o uma opção para a indústria de produtos lácteos funcionais.

Palavras-chave: iogurte caprino; *Limosilactobacillus mucosae*; viscosidade aparente; viabilidade celular; sobrevivência ao TGI; análise sensorial.

ABSTRACT

This study evaluated the impact of adding different concentrations (1.0 and 2.0%) of xique-xique flour on the technological, nutritional and bioactive properties, the protective effect on the survival of the autochthonous strain *Limosilactobacillus mucosae* CNPC007 during simulated gastrointestinal digestion in goat fermented milks, as well as the acceptance and sensory characteristics (Just about Right) of the products during the refrigerated storage (4 ± 1 °C). It was observed that the treatments LFX1% and LFX2% showed greater intensity in terms of yellow coloration and increased brightness throughout storage when compared to LFC. There was an increase in the percentage of viscosity for the LFX1% and LFX2% treatments compared to conventional yogurt until the 14th day of refrigerated storage. A reduction in total sugar content and an increase in protein content were observed throughout the refrigerated storage for most of the formulations, with higher production of lactic malic and propionic acid for the yogurts added from the xique-xique flour. After 28 days of storage, LFX2% showed higher counts of *L. mucosae* CNPC007, mineral contents, total phenolic compounds, flavonoids and antioxidant activity. After simulated digestion, *L. mucosae* CNPC007 showed higher numbers of viable cells for LFX1% and LFX2% formulations when compared to LFC, indicating the possible protective effect of the xique-xique flour during the digestion steps, with counts >7 log CFU/g. According to the sensory analysis with the JAR scale, the samples with added xique-xique flour obtained better results ($p < 0.05$) for the goat aroma parameter (LFX1%, 3.29 ± 0.83 and LFX2%, 3.48 ± 1.07). In addition, the tasters were indifferent to the herbaceous aroma and flavor characteristics. The xique-xique flour can be used for the production of a new goat fermented milk added of autochthonous probiotic strain *L. mucosae* CNPC007 without negatively affecting the technological, sensory characteristics, exerting a protective effect on the added probiotic, adding nutritional and functional value to the product, making it an option for the functional dairy products industry.

Keywords: Goat yogurt; *Limosilactobacillus mucosae*; nutritional aspects; rheology; cell viability; survival to TGI; sensory analysis.

LISTA DE TABELAS

TABELAS DO ARTIGO 1

Table 1 – Color parameters and physicochemical characteristic of the probiotic yogurts over storage.....	82
Table 2 – Sugar and acid organics profile of the probiotic yogurt over storage.....	83
Table 3 – Contents of phenolic, flavonoids compounds and antioxidante activity of the probiotic yogurts over storage.....	84

TABELAS DO ARTIGO 2

Table 1 – Processing conditions used in simulated digestion.....	109
Table 2 – Acceptance test and purchase intention of the yogurt formulations.....	110
Table 3 – Just about right (JAR scales) results for the yogurts.....	111

LISTA DE QUADROS

QUADRO DA TESE

Quadro 1 – Condições de processamento utilizado em cada etapa da digestão simulada.....	40
--	----

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS DA TESE

Figura 1 – Defesa dos probióticos contra patógenos no intestino.....	21
Figura 2 – Fluxograma de processamentos dos leites fermentados caprinos.....	34
Figura 3 – Delineamento experimental dos leites fermentados caprinos com potencial probiótico.....	35
Figura 4 - Representação esquemática da adição das substâncias em cada etapa nas amostras que foram submetidas às condições gastrointestinais simuladas.....	41

FIGURAS DO ARTIGO 1

Figure 1 – Color parameters and physicochemical characteristic of the probiotic yogurts over storage.....	85
Figure 2 – Viable cell counts (log CFU/g) of lactic acid bacteria in CY (■), XY1% (●), and XY2% (▲) during storage. Results are expressed as averages (n = 3) ± standard deviation.....	86
Figure 3 – HJ-biplot based on principle component analyses of control yogurt (●), and those with xique-xique flour added at 1.0% (●), and 2.0% (●), as affected by treatment and storage time.....	87

FIGURAS DO ARTIGO 2

Figure 1 – Viable cell counts of <i>Lactobacillus mucosae</i> CNPC007 in CY (A), XY1% (B), and XY2% (C) when exposed (●) and not exposed (■) to simulated digestion. The pH values in each digestion stage are shown at the top of the graph. Formulations: CY (control yogurt), XY1% (yogurt added 1% with xique-xique flour and XY2% (yogurt added 2% with xique-xique flour)	112
Figure 2 – Penalty analysis for JAR attributes and liking of the goat milk probiotic yogurts (A) CY, (B) XY1%, and (C) XY2% evaluated by all consumers (n=108). *Significant non-JAR attributes. Formulations: CY (control yogurt), XY1% (yogurt added 1% with xique-xique flour) and XY2% (yogurt added 2% with xique-xique flour).....	113

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a _a	Atividade de água
AOAC	Association of Official Analytical Chemist
ANOVA	Análise de Variância
°C	Graus Celsius
CEP	Comitê de Ética e Pesquisa
CONEP	Comissão Nacional de Ética em Pesquisa
CT	Centro de Tecnologia
CY	Leite Fermentado Probiótico Controle
FAO	Food and Agriculture Organization
g	Gramas
h	Hora
JAR	Just About Right
LFC	Leite Fermentado Probiótico Controle
LFX1%	Leite Fermentado Probiótico adicionado de 1% de farinha de xique-xique
LFX2%	Leite Fermentado Probiótico adicionado de 2% de farinha de xique-xique
min	Minuto
mL	Mililitro
n°	Número
PANC	Planta alimentícia não convencional
pH	Potencial hidrogeniônico
ppm	Partes por milhão
RMF	Resíduo Mineral Fixo
rpm	Rotação por minuto
UFC	Unidade Formadora de Colônia
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
TCA	Ácido tricloacético
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
XY1%	Leite Fermentado Probiótico adicionado de 1% de farinha de xique-xique
XY2%	Leite Fermentado Probiótico adicionado de 2% de farinha de xique-xique

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 IMPORTÂNCIA DO INTESTINO HUMANO	19
2.2 ALIMENTOS FUNCIONAIS	20
2.2.1 Probióticos	20
2.2.2 <i>Limosilactobacillus mucosae</i>	24
2.3 LEITE DE CABRA	25
2.4 LEITE FERMENTADO	26
2.5 UTILIZAÇÃO DE VEGETAIS NA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS.....	27
2.5.1 Abacaxi (<i>Ananas comosus</i> L. Merrill).....	27
2.5.2 Plantas alimentícias Não Convencionais (PANC)	29
2.5.3 Xique-xique (<i>Pilosocereus gounellei</i>).....	30
3 MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1 MATÉRIA-PRIMA E LOCAL DE EXECUÇÃO.....	32
3.2 PROCESSAMENTO DA FARINHA DE XIQUE-XIQUE	33
3.3 PROCESSAMENTO DA GELEIA DE ABACAXI	33
3.4 CONTROLE DA QUALIDADE DO LEITE CAPRINO.....	34
3.5 ELABORAÇÃO DO INÓCULO DO <i>L. Mucosae</i> CNPC007.....	34
3.6 ELABORAÇÃO DOS LEITES FERMENTADOS CAPRINOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	34
3.7 CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA, FÍSICA, FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DOS LEITES FERMENTADOS CAPRINOS.....	36
3.8 PERFIL QUÍMICO.....	37
3.8.1 Perfil dos açúcares e ácidos orgânicos.....	37
3.8.1 Perfil de fenólicos.....	37
3.9 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS, FLAVONÓIDES TOTAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE <i>IN VITRO</i>	38
3.10 ANÁLISES SENSORIAIS	39
3.11 ANÁLISE DE PROPRIEDADE FUNCIONAL.....	40

3.11.1 Avaliação da sobrevivência da bactéria probiótica em condições gastrointestinais simuladas	40
3.12 ANÁLISE ESTATÍSTICA	41
4.REFERÊNCIAS.....	43
5. RESULTADOS.....	57
5.1 ARTIGO 1.....	59
5.2 ARTIGO 2.....	89
6. CONCLUSÕES GERAIS.....	113
7. APÊNDICES.....	114
8. ANEXOS	118

1 INTRODUÇÃO

Várias pesquisas têm sido realizadas a respeito do funcionamento do intestino humano devido à acuidade atribuída à diversidade de suas funções. A participação como “segundo cérebro” garante uma atuação que contribui intrinsecamente para a homeostasia corporal, via eixo microbiota-intestino-cérebro, o que fundamenta a importância da manutenção de um intestino saudável através de uma alimentação ricamente diversificada (QUIGLEY, 2017; SARKAR; BANERJEE, 2019). Neste panorama, o consumo de alimentos funcionais, que apresentem nutrientes com atividades diferenciadas, ou seja, potencial além das suas funções nutricionais básicas, proporcionando benefícios ao organismo, tem sido incentivado (ABDEL-HAMID et al., 2020).

Dentro deste grupo, estão os probióticos, que apresentam resultados satisfatórios atuando na prevenção de patologias diversas, que vão desde distúrbios gastrointestinais à neurodegenerativos. Esses micro-organismos têm sido utilizados como estratégia de intervenção promissora para a modulação intestinal, contribuindo para a manutenção da imunidade inata. Intensificando as características funcionais e sensoriais de matrizes lácteas, contribuindo para o aumento do interesse do seu consumo (MORAES et al., 2018). A inclusão de estirpes de bactérias probióticas em laticínios pode estar relacionada à identidade protetora dessas matrizes sobre a sobrevivência e viabilidade das cepas, considerando a presença de componentes nutricionais protetores, a exemplo de proteínas e gorduras (SAARELA, 2011; CARDARELLI et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2014; PROVEDA; CHICÓN; CABEZAS, 2015).

Entre os principais tipos de cepas probióticas de interesse, estão as do gênero *Lactobacillus*, que vem sendo utilizadas amplamente nos mais variados tipos de produtos; em especial, foi observado em estudos prévios *in vitro*, que a cepa de *Limosilactobacillus mucosae* CNPC007 isolada de leite de cabra reúne um conjunto de propriedades probióticas e tecnológicas, o que a torna promissora para aplicação em derivados lácteos funcionais (MORAES et al., 2017). Para tanto, as cepas probióticas podem ser consumidas como nutracêuticos ou inseridos em matrizes alimentares diversas, muitas vezes associados a outros ingredientes bioativos e que também apresentam alegações de saúde (GUINANE; COTTER, 2013; GIROLAMO; COPPOLA; RIBATTI, 2017; SARKAR; BANERJEE, 2019; DIEZ-GUTIÉRREZ et al., 2020).

Dentre as matrizes com propriedades bioativas, destaca-se o leite caprino, que é caracterizado por ser fonte de nutrientes como o ácido linoleico conjugado (CLA), oligossacarídeos, ácidos graxos de cadeia curta, vitaminas e minerais, além da sua elevada concentração de glóbulos de gordura de menor tamanho, que possibilitam uma melhor e rápida absorção pela mucosa intestinal, conduzindo estes nutrientes diretamente ao sistema circulatório, especificidades que o diferenciam de matrizes lácteas produzidas por outras espécies animais (YANGILAR, 2013). Tais benefícios podem trazer inovações na elaboração de produtos lácteos fermentados como queijos, iogurtes, manteigas (SFAKIANAKIS; TZIA, 2014; ARYANA; OLSON, 2017; VERRUCKA; DANTAS; PRUDENCIO, 2019). Porém, as características sensoriais específicas, como odor e sabor, dessa matriz láctea, têm gerado impacto negativo na produção de seus derivados, incentivando possíveis estratégias que possibilitem uma melhor aceitação dos produtos (PAN et al., 2019; BEZERRIL et al., 2021).

A associação de matrizes lácteas fermentadas caprinas com ingredientes potencialmente bioativos, a exemplo de componentes vegetais, consiste em uma inovação da indústria alimentícia a fim de atender as demandas do mercado consumidor, que se demonstra cada vez mais exigente por produtos com tecnologia diferenciada, e que proporcionem benefícios à saúde (FAZILAH et al., 2018; PAN et al., 2019; ALMUSALLAM et al., 2021). Dentre os inúmeros vegetais, o abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill) se destaca como uma fruta de grande potencial que atraiu a indústria de alimentos, devido a capacidade de elaboração de diversos produtos, além dos benefícios agregados ao seu consumo (BARRETTO et al., 2013; KHALID et al., 2016; HOSSAIN, 2016; CHAUDHARY et al., 2019; ALI et al., 2020).

Além dos vegetais de aplicação usual, as pesquisas têm-se voltado a utilização das Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC), que são vegetais ou parte de vegetais, que embora seu consumo não seja usual, pode apresentar interessante valor nutricional e/ou funcional e serem adicionados como inovações tecnológicas. Tais espécies têm apresentado grande relevância graças à riqueza de seus nutrientes e devido à presença de propriedades bioativas, componentes que podem exercer um papel benéfico ao organismo (KINUPP; LORENZI, 2014; BALDERMANN et al., 2016; INFANTE et al., 2016).

Dentre as PANC, a família Cactaceae reúne uma grande variedade de espécies que possuem relevância cultural e econômica para os agricultores (LUCENA et al., 2015). Dentre as espécies desta família, o *Pilosocereus gounellei*, popularmente conhecido como xique-xique, vem sendo empregado na alimentação humana de várias formas, entre elas preparações assadas ou cozidas, na elaboração de doce ou usado na fabricação de farinha, base para

preparação de um tipo de cuscuz, biscoito, macarrão, barra de cereais, sucos e geleia (LUCENA et al., 2013; ASSIS et al., 2019; ARAÚJO, REIS & OLIVEIRA, 2019; OLIVEIRA & OLIVEIRA, 2019; RIBEIRO et al., 2020; BEZERRIL et al., 2021; MACHADO et al., 2021), o que faz com que este vegetal possua grande potencial para ser utilizado em matrizes láticas fermentadas, a exemplo de iogurtes com potencial probiótico.

Neste contexto, acredita-se que o uso do leite de cabra, fermentado pela cepa autóctone *L. mucosae* CNPC007 e adicionado de geleia de abacaxi e farinha de xique-xique (*Pilosocereus gounellei*) será potencialmente importante no processamento de um leite fermentado com potencial probiótico, agregando valor tecnológico e sensorial ao produto, bem como benefícios à saúde dos consumidores.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 IMPORTÂNCIA DO INTESTINO HUMANO

Quando antes acreditava-se que a funcionalidade do intestino humano estava relacionada apenas a digestão ou assimilação do que era ingerido, comprovou-se que a sua atuação possui uma maior amplitude. A caracterização sobre o seu rico revestimento neurológico e o alojamento de milhares de bactérias, definidas como microbiota intestinal, fez com que este órgão fosse evidenciado entre os campos de pesquisa mais dinâmicos, sendo a maioria dos esforços, direcionados para o trato gastrointestinal, que abriga grande parte dos micro-organismos (SCHMIDT THOMAS; RAES; BORK, 2018). A microbiota intestinal é um ecossistema metabólico complexo com um número de micro-organismos dez vezes maior do que o número de células humanas, e com 150 vezes mais genes do que o genoma humano, incluindo bactérias, vírus, protozoários e fungos (DE VOS; DE VOS, 2012; LOZUPONE et al., 2012; MANEESH et al., 2012; O'TOOLE, 2012; DINAN; STANTON; CRYON, 2013).

O intestino é capaz de produzir mensageiros químicos e estabelecer uma comunicação com o cérebro via nervo vago, tanto através do sistema de defesa, quanto pela corrente sanguínea, o que demonstra a intensa contribuição desse órgão para promoção da homeostasia corporal. O equilíbrio intestinal reflete de forma positiva no aproveitamento dos nutrientes, no balanceamento imunológico, na produção de importantes hormônios, a exemplo da serotonina, além de atuar na prevenção de uma variedade de doenças como os problemas cardiovasculares, o câncer, quadros depressivos e disbiose (NILSSON et al., 2016; QUIGLEY, 2017; SARKAR; BANERJEE, 2019).

A disbiose é uma doença caracterizada por um desequilíbrio nas densidades populacionais da microbiota intestinal, esse quadro pode promover um aumento de micro-organismos patogênicos em detrimento dos benéficos. Tal alteração em distúrbios específicos, a exemplo da obesidade, poderá resultar em uma mudança na função celular, resultando no aumento do recolhimento de energia e má distribuição de gordura nos tecidos a partir da ingestão de alimentos, onde este gasto não energético será depositado como tecido adiposo, o que promove um aumento maior de peso (FUJIMURA et al., 2010; DALIRI; LEE, 2015).

A microbiota do intestino interage com vários fatores, como os ambientais e genéticos, caso haja um desequilíbrio, pode resultar na susceptibilidade para a patogênese do diabetes. Assim, distúrbios metabólicos como a obesidade e o diabetes tipo II são amplamente influenciados pelo microbioma intestinal, podendo contribuir para a sensibilidade à insulina, estando relacionada a inflamação sistêmica de baixo grau promovida pela disbiose

(MORENO-INDIAS, 2014; GOMES et al., 2014; TILG; MOSCHEN, 2014; UDAYAPPAN, 2014).

Outros estudos evidenciam o papel da microbiota intestinal em desequilíbrio, graças a maus hábitos alimentares, sob a modulação do metabolismo do hospedeiro, tornando-se causadora de inflamação sistêmica de baixo grau, por isso, a alimentação de maneira adequada e diversificada têm demonstrado potencial no combate a problemas como doenças relacionadas a síndrome metabólica, obesidade e diabetes *mellitus* tipo 2 (NILSSON et al., 2016). Portanto, se faz necessário o consumo de alimentos que sejam ricos em nutrientes específicos, que possam fortalecer a saúde intestinal, e com potencial além das suas funções nutricionais básicas.

2.2 ALIMENTOS FUNCIONAIS

Os consumidores tornaram-se mais conscientes do impacto da alimentação sobre a saúde humana, o que promoveu uma maior busca pelo consumo de alimentos funcionais (TADESSE; EMIRE, 2020; ALONGI; ANESE, 2021; MUNEKATA et al., 2021). Essa procura é atribuída primordialmente à prevenção de doenças em detrimento da possibilidade de cura (DALIRI; LEE, 2015; ABDEL-HAMID et al., 2020). Dentre os alimentos com potencial funcional, estão os probióticos e prebióticos relacionados com a modulação intestinal, imunológica, anticancerígena, antioxidante, anti-hipertensiva, anti-inflamatória, hipolipídica, antidiabética, anti-aterosclerótica (IQBAL et al., 2014; KELLOW; COUGHLAN; REID, 2014; DIEZ-GUTIÉRREZ et al., 2020).

2.2.1 Probióticos

A FAO/WHO define os probióticos como micro-organismos vivos que quando administrados em quantidades adequadas afetam positivamente a saúde do hospedeiro. Devem ser inócuos, não patogênicos, manter-se viáveis após processamento tecnológico, ter vida de prateleira longa, apresentar resistência ao pH baixo do suco gástrico e à ação das secreções pancreáticas e biliares, além de possuírem a capacidade de colonizar o cólon. São geralmente conhecidos como seguros (GRAS), designação dada pela *Food and Drug Administration* (FDA), reconhecida pela FAO (FAO 2002; BERGONZELLI, 2005; LAVANDA et al., 2011). Na fermentação do leite, o probiótico desenvolve um papel importante, graças a síntese do ácido lático (MING et al., 2016; OTHMAN et al., 2017) e possivelmente pela produção de

compostos antimicrobianos que auxiliam no aumento da conservação (GOUDARZI et al., 2017).

A adesão dos probióticos à mucosa intestinal é um fator fundamental para a ação desses micro-organismos, porém, depende da hidrofobicidade e da composição da parede celular, como também da existência de receptores e ligantes como as adesinas e elementos de fixação que impedem sua eliminação pelo peristaltismo intestinal, impedindo sua excreção pelas fezes (BARBOSA et al., 2005). Devido a essas características, os probióticos colonizam a mucosa intestinal, diminuindo o pH e dificultando a proliferação de bactérias patogênicas. Tais achados puderam ser demonstrados a partir de algumas pesquisas que observaram o efeito de acidificação no intestino, favorecendo ainda, a absorção de minerais como o cálcio e o ferro, importantes para a composição óssea (LAVANDA et al., 2011).

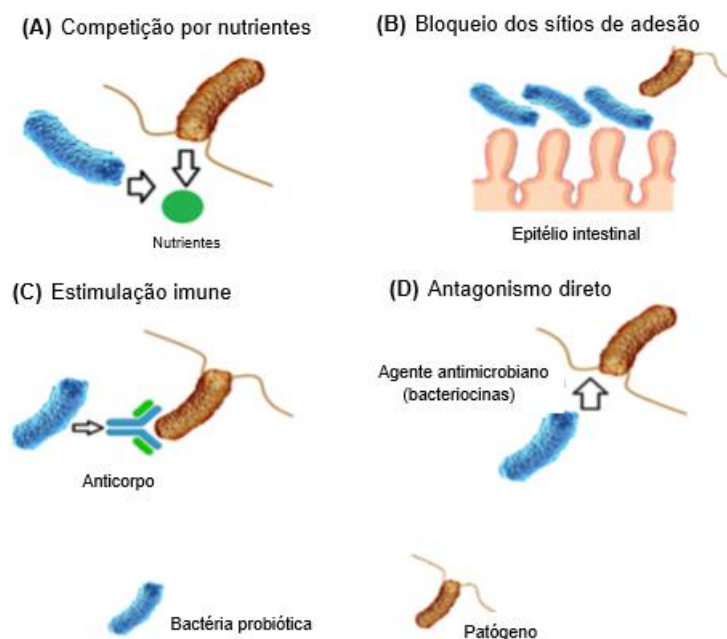
A inserção de micro-organismos probióticos viáveis em alimentos tem demonstrado inúmeros benefícios a saúde, como redução e prevenção da diarreia, melhora no equilíbrio da microbiota intestinal por meio da atividade antimicrobiana frente a patógenos, redução dos sintomas de intolerância à lactose e alergia alimentar, melhora da imunidade, promoção das atividades anticâncer e redução do risco de câncer do cólon (PRASANNA et al., 2014; DIEZ-GUTIÉRREZ et al., 2020). Isso fomenta a realização de estudos que abordem o papel dos diversos tipos de cepas existentes e os seus mecanismos de atuação e contribuição para a saúde da microbiota humana.

Toscano et al. (2017) avaliaram a habilidade de *Lactobacillus kefir* LKF01 (DSM32079) em colonizar o ambiente intestinal e modificar a composição da microbiota de indivíduos saudáveis. O grupo recuperou a cepa probiótica nas fezes dos participantes da pesquisa e identificou que após um mês de consumo oral do probiótico houve redução de gêneros patogênicos, como a *Bilophila*, *Butyricomonas*, *Flavonifractor*, *Oscillibacter* e *Prevotella*. Ao término da administração probiótica, o *L. kefir* LKF01 mostrou demasiada capacidade de modular a composição da microbiota intestinal, levando a uma redução significativa de várias gêneros bacterianos diretamente envolvidas no início da resposta pró-inflamatória e ligação com doenças gastrointestinais, como *Bacteroides*, *Clostridium*, *Haemophilus*, *Oscillibacter*, *Salmonella* e *Streptococcus*.

Vários são os mecanismos de ação das cepas probióticas no organismos (Figura 1), (A) elas podem causar dano em micro-organismos patogênicos por competição pelos mesmos nutrientes essenciais, deixando-os menos disponíveis; (B) ligando-se à sítios de adesão e impedindo o patógeno por reduções de surfactaculonização; (C) resultando em liberação de citocinas por células imunes por meio de sinais previamente enviados, levando o patógeno a

destruição; (D) atacando os micro-organismos patogênicos liberando agentes antimicrobianos, como as bacteriocinas.

Figura 1 – Defesas dos probióticos contra patógenos no intestino.



Fonte: Figura adaptada de Fazilah et al. (2018).

A utilização de probióticos pode ser combinada a outros tipos de tratamento, a exemplo da terapia medicamentosa, principalmente quando relacionada a problemas do trato gastrointestinal, como a infecção mediada por *H. pylori* (WANG et al., 2017). A grande maioria dos probióticos estão inseridos no grupo de micro-organismos conhecidos como bactérias produtoras do ácido láctico (BAL) e são convencionalmente adicionadas aos alimentos e consumidas na forma de iogurte, leites fermentados ou outros tipos de produtos de fermentação (HANDA; SHARMA, 2016).

Dentre as principais características do grupo chamado de bactérias do ácido láctico (BAL) estão a conversão da glicose, para obtenção de ácido láctico como metabólito. São espécies facultativamente anaeróbias, não móveis e de catalase negativa. Em relação aos benefícios corporais produzidos por essas espécies, são citadas quedas nos níveis de colesterol em pacientes portadores de doenças crônicas não transmissíveis, como o diabetes *mellitus* tipo 2. Tal característica é atribuída à capacidade de hidrolização dos sais biliares, produzida por enzimas específicas desses micro-organismos durante a fermentação (PFEILER; KLAENHAMMER, 2007; EJTAHED et al., 2011; PAULA et al., 2015).

Estudos pré-clínicos e clínicos demonstraram o impacto positivo da suplementação probiótica em sintomas de patologias, como a depressão, através da capacidade antidepressiva e ansiolítica, este mecanismo possui relação devido a atuação desses micro-organismos nos comportamentos relacionados ao Sistema Nervoso Central (SNC), mediados pelo eixo cérebro-intestino por meio de vias imunes, humorais, neurais e metabólicas, levando os pesquisadores a se concentrarem também na área da neurociência (NG et al., 2018; CHENG et al., 2019). A suplementação pode ser realizada também, através da inserção da cultura probiótica no alimento, além disso, são variadas as espécies probióticas que possuem amplo potencial, tornando-se necessária a avaliação da especificidade de cada cepa microbiana utilizada. Portanto, a tendência é inserir cepas probióticas durante a fermentação de produtos lácteos, junto da cultura *starter* para induzir o efeito probiótico (FAZILAH et al., 2018). A ação probiótica pode ajudar a produzir ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), que são metabólitos finais da fermentação, como acetado, butirato e propionato. O AGCC regula papéis importantes do metabolismo, como o energético, o metabolismo lipídico e de carboidratos, diminuindo o pH, aumentando a sensibilidade insulínica (CHIU et al., 2017; TONUCCI et al., 2015; VENKATAKRISHNAN; CHIU; WANG, 2019). Além dos diversos benefícios à saúde dos consumidores de alimentos probióticos, a ação de cepas autóctones pode também promover ação tecnológica e sensorial positiva durante a elaboração dos produtos.

O gênero *Lactobacillus* compõe as bactérias do ácido láctico (BAL), grupo que notadamente desempenha um papel importante no trato gastrointestinal, pertencentes ao filo Firmicutes, fundamental para constituição da mucosa intestinal. *Lactobacillus* exerce efeitos benéficos sobre a saúde humana e animal (WALTERS, 2008; MANN et al., 2014; DELGADO et al., 2014; VALERIANO; BALONG; KANG, 2017). A partir da primeira espécie microbiana de *Lactobacillus* identificada em 1901 (*Lactobacillus delbrueckii*), taxonomicamente outras bactérias foram agrupadas aos *Lactobacillus*, (mais de 250 espécies), mesmo algumas destas não possuindo parentesco tão adjacente. A partir da realização de inúmeras análises de sequenciamento de DNA, o gênero *Lactobacillus* foi dividido em 25 gêneros, incluindo organismos adaptados de hospedeiros que foram referenciados com o grupo *L. delbrueckii*; *Paralactobacillus*, além de 23 outros novos gêneros, que dentre eles estão o *Agrilactobacillus*, *Amylolactobacillus*, *Apilactobacillus*, *Fructilactobacillus*, *Holzapfelia*, *Bombilactobacillus*, *Latilactobacillus*, *Lacticaseibacillus*, *Lapidilactobacillus*, *Ligilactobacillus* e o *Limosilactobacillus* (ZHENG et al., 2020). É importante que a indústria produtora de alimentos

leve em consideração todas as alterações taxonômicas realizadas a partir das recentes descobertas científicas (NYANZI; JOOSTE; BAYS, 2020).

2.2.2 *Limosilactobacillus mucosae*

É demonstrada a importância dos probióticos que possuem capacidades diversas como as de colonizar a mucosa intestinal do hospedeiro, por meio de adesão celular e inibição de patógenos. Dentre as cepas probióticas benéficas e de interesse em alimentos está o *Limosilactobacillus mucosae*. Uma das características importantes descritas durante a fermentação é a possível habilidade dessa espécie em utilizar a energia de fontes de carboidratos e não carboidratos, em especial a linhagem *L. mucosae* LM1. A partir de uma análise do pan-genoma, pesquisadores identificaram nessa cepa uma via de metabolismo do glicogênio completo e de biossíntese de folato, propriedades diferenciadas quando em comparação a outras espécies de *Lactobacillus* (VALERIANO et al., 2019).

A espécie *L. mucosae* DPC6426 foi empregada como cultura adjunta em iogurtes e embora não tenha apresentado a produção de exopolissacarídeos (EPS) houve um decréscimo significativo ($p < 0,05$) da sinerese do iogurte, resultando em uma viscosidade significativamente maior ($p < 0,01$) nesta amostra em relação ao iogurte controle, durante o tempo de armazenamento, demonstrando que esse tipo de micro-organismo pode contribuir para o desenvolvimento de produtos lácteos de boa qualidade tecnológica (LONDON et al., 2015).

Além disso, a justa capacidade de aderir à mucosa intestinal e promover a inibição de patógenos, são atividades demonstradas por cepas de *Limosilactobacillus mucosae*, características essenciais no desenvolvimento de diversos estudos de comparação entre as estirpes. A espécie CNPC007 demonstrou uma elevada taxa de sobrevivências as condições do trato gastrointestinal *in vitro*, também demonstrou atividades tecnológicas importantes ao desenvolvimento de produtos lácteos, como a acidificação do leite e capacidade de coagulação, junto de produção de diacetil e atividade proteolítica, tornando-se uma cepa probiótica promissora para a aplicação em produtos lácteos (MORAIS et al., 2017).

Este potencial para elaboração de novos tipos de produtos lácteos probióticos fermentados, foram descritos por Moraes et al. (2018), que ao elaborar um queijo de cabra adicionado da cepa *L. mucosae* CNPC007, avaliou a aceitação e as características desse alimento e como resultado obteve boa aceitação sensorial, com escores médios superiores a 7,0 (sete) para os atributos cor, aroma, sabor, textura e avaliação geral. Outros parâmetros como a

viabilidade da cepa foram avaliados, e o produto obteve contagens acima de 10^8 UFC/g durante todo o armazenamento, demonstrando que esse tipo de matriz láctea caprina exerceu papel protetor à sobrevivência do *L. mucosae* CNPC007.

A escolha da matriz láctea para elaboração de produtos fermentados de qualidade torna-se fundamental. Entre os tipos de leite, o caprino tem se destacado na elaboração de produtos lácteos fermentados, devido a sua rica composição de nutrientes que o diferenciam de outras espécies (ARYANA; OLSON, 2017; VERRUCKA; DANTAS; PRUDENCIO, 2019).

2.3 LEITE DE CABRA

Segundo a legislação brasileira, o leite de cabra é definido como “produto normal, fresco e integral, obtido da ordenha completa e ininterrupta de animais sadios, bem alimentados em repouso” (BRASIL, 1999), possui características específicas e relevantes quanto ao seu quesito nutricional. No Brasil, esta matriz mobiliza uma cadeia de 18 mil produtores, gerando uma produção de 35 milhões de litros de leite por ano (EMBRAPA, 2014).

Dentre as características benéficas que promovem a indicação do consumo do leite de cabra em relação ao leite produzido por outras espécies, está a sua maior digestibilidade e a presença de componentes específicos que propiciam benefícios variados a saúde humana. Sua expressiva concentração de ácidos graxos de cadeia curta como o capróico, caprílico e cáprico proporcionam a essa matriz uma boa fonte de gorduras. Características como capacidade de melhora na absorção de alguns minerais, regionalidade e importância econômica trazem vantagens sobre o consumo do leite de cabra em detrimento ao leite bovino, mesmo este sendo um representante de parcela abrangente no mercado probiótico (XANTHOPOULOS et al., 2012). A inserção do leite de cabra como base em diversos produtos pode estar voltada aos consumidores interessados na gastronomia *gourmet* envolvendo produtos alimentares com características especiais. Algumas pesquisas apontam que este tipo de matriz proteica pode ser uma fonte alternativa para fabricação de leite em pó para bebês e crianças de menor idade, pois embora a sua constituição seja similar ao leite de vaca (teores de proteína, gordura e lactose), há diferenças entre esses dois tipos de lácteos o que afeta positivamente as características de digestão e nutrição do leite caprino fornecido (BEZERRA et al., 2015; HODGKINSON et al., 2018).

Alguns estudos demonstram diferenças na elaboração de laticínios (como iogurtes e leites fermentados) e sobre as características finais desses produtos, quando fabricados com

matrizes lácteas de diferentes origens, a exemplo do leite bovino, caprino e reconstituído (WANG et al., 2011).

2.4 LEITE FERMENTADO

O leite fermentado é um alimento amplamente difundido, segundo um estudo em território nacional, a probabilidade e as quantidades de ingestão desse produto são afetadas de forma diferente por fatores demográficos, socioeconômicos e de estilo de vida em adultos e idosos, sendo a renda familiar per capita um fator associado positivamente com a quantidade do consumo desse produto, que possui características sensoriais específicas, fator determinante na aquisição desse tipo de insumo lácteo (POSSA et al., 2015).

A acidificação é resultante da fermentação de bactérias lácticas no leite, mediante a transformação de lactose em ácido láctico, que como consequência resulta a redução do pH do meio, inibindo o crescimento de certos micro-organismos patogênicos. Atualmente, o consumidor tem uma imagem positiva dos iogurtes como um alimento nutritivo, saudável e com propriedades sensoriais significativas. Seus benefícios vão além do fornecimento de fontes importantes, como as proteínas, o cálcio, o fósforo, as vitaminas e minerais, estando relacionado à melhora da ação das enzimas digestivas e como facilitador da absorção de nutrientes importantes, tornando-se uma fonte indireta de ingestão do leite (ARAÚJO, 2011; MUDIM, 2008).

Pesquisadores enfatizam o aumento do consumo desse tipo de derivado lácteo fermentado devido ao seu pH diferenciado, tornando-se deste modo um alimento vantajoso quando comparado aos demais produtos lácteos, pois o pH baixo pode afetar de modo positivo a sobrevivência de espécies benéficas de micro-organismos (SILVA et al., 2015). Para elaboração desse alimento, a fermentação láctica é um fator de extrema relevância. O aumento da temperatura do leite, em aproximadamente 40°C, promove o calor sacarolítico que contribui para este processo (OGASAWARA et al., 2006). Outra questão relacionada ao consumo desse tipo de produto está na funcionalidade atribuída ao potencial probiótico desse alimento. A inserção de micro-organismos probióticos como componentes dietéticos acaba por intensificar as características funcionais de produtos lácteos fermentados, contribuindo para o aumento no interesse do consumo somado a uma maior expressão das características sensoriais e funcionais desse tipo de alimento (ANTUNES et al., 2007).

Iogurtes e leites fermentados tornaram-se escolhas predominantes graças aos seus efeitos benéficos à saúde humana e, a medida que essa popularidade cresce, a indústria e os

pesquisadores buscam inserir ingredientes, que possam agregar valor, nesse tipo de produto, a exemplo dos probióticos e prebióticos, e extratos e componentes de plantas que têm sido adicionados com o intuito de produzir um alimento diferenciado com características funcionais e propriedades além daquelas encontradas convencionalmente (FAZILAH et al., 2018).

2.5 UTILIZAÇÃO DE VEGETAIS NA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

A utilização de fibras dietéticas, compostos fenólicos e bioativos oriundos de extratos, frutas e componentes vegetais podem melhorar aspectos tecnológicos de alimentos, como a aceitação sensorial e viscosidade, implicando positivamente na qualidade e escolha dos alimentos pelos consumidores. Além disso, a adição desses compostos pode exercer atividade bioativa, além da nutrição básica esperada, promovendo benefícios diferenciados ao organismo dos consumidores (PAN et al., 2019; YADAV et al., 2018). Alguns estudos têm evidenciado a ação positiva de vegetais na produção de alimentos, a exemplo de Zhang et al. (2018) que relataram que o extrato da moringa aprimorou as propriedades relacionadas à textura e atividade bioativa. A adição da polpa de jujuba promoveu suavização do sabor caprino e melhora das características antioxidantes de iogurtes à base de leite de cabra (CUSCUMENCO; BULGARU, 2020; FENG et al., 2019), além do estímulo ao crescimento de bactérias probióticas adicionadas e a melhora das propriedades reológicas da matriz (ESPÍRITO et al., 2013; PAN et al., 2019; WANG; KRISTO; LAPOITE, 2020). Mediante a isto, a aplicabilidade de produtos elaborados a partir de matrizes vegetais, tem ganhado destaque na produção de alimentos, seja através de frutas comumente utilizadas, ou pelo emprego de cultivares pouco convencionais, a fim de melhorar as características tecnológicas e sensoriais dos produtos e promover benefícios aos consumidores. Uma fruta que vem sendo bastante evidenciada na elaboração de diversos tipos de alimentos, é o abacaxi (ALI et al., 2020).

2.5.1 Abacaxi (*Ananas comosus* L. Merril)

O abacaxi (*Ananas comosus* L. Merril) pertence à família *Bromeliaceae* e é uma das frutas mais apreciadas em todo o mundo, devido ao seu sabor doce, aroma único e rica composição nutricional (ALI et al., 2020). Seu cultivo e consumo no Brasil, por povos indígenas data de épocas anteriores ao século 16, antes da chegada dos navegadores portugueses (REINHARDT, 2019). Sua produção é bem estabelecida no Brasil, sendo este um entre os cinco maiores produtores mundiais com uma produção média de 2253,90 mil toneladas (STATISTA, 2020). Esta planta é nativa de diversos ecossistemas brasileiros, em especial da

região Amazônica, através da fruticultura e das tecnologias desenvolvidas no país, a exemplo das densidades de plantil, controle integrado da fusariose (doença que afeta negativamente a abacaxicultura), racionalização da adubação mineral e domínio da indução floral e artificial. Dentre as cultivares mais populares do país, estão o Pérola ou Branco de Pernambuco, Smooth Cayenne e Jupi, a escolha da variedade do abacaxi, deverá ser baseada no destino da produção, se para utilização na indústria ou consumo *in natura* (EMBRAPA, 2021).

A partir dos anos 1970, a produção de abacaxi cresceu em decorrência do aumento da exploração comercial, nessa época os processos de base tecnológica eram bastante limitados, não havia pesquisas voltadas ao cultivo, mundialmente, a cultivar Smooth Cayenne, conhecida popularmente como havaiana, já era evidenciada, dominando o mercado internacional por várias décadas e dominando o acervo tecnológico disponível. Instituições de pesquisa como o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) em parceria com outras empresas estaduais de pesquisa agropecuária, foram importantes para o conhecimento e incentivo a esta cultivar no Brasil, resultando na produção de um acervo significativo de tecnologias, sustentando o agronegócio de abacaxi nacional (REINHARDT, 2019).

O abacaxi é destacado por uma diversidade de compostos voláteis, fenólicos, entre outros, sendo uma rica fonte de minerais e vitaminas, promovendo diversos benefícios a saúde (BARRETTO et al., 2013). Atualmente a sua procura no mercado internacional tem aumentado, sendo destacado um crescimento na indústria do *Ananás comosus*, ficando atrás apenas de frutas cítricas e da banana, o que representa um importante avanço na indústria agrícola alimentar, com utilizações que vão desde a produção de produtos à base de abacaxi, até o aproveitamento dos seus resíduos (ALI et al., 2020).

São destacadas as quantidades consideráveis de fibras dietéticas, minerais e nutrientes, promovendo benefícios para a saúde, como a atividade anti-inflamatória, antioxidante, monitoramento do funcionamento do sistema nervoso central (HOSSAIN; RAHMAN, 2011; BARRETTO et al., 2013; LOBO; YAHIA, 2016). Além disso, os níveis de maturação podem interferir em alterações na composição química desse fruto, a exemplo do perfil de aroma, durante o armazenamento (ANCOS et al., 2016; LASEKAN; HUSSEIN, 2018; ALI et al., 2020). Produtos desenvolvidos utilizando o abacaxi, têm demonstrado que essa fruta possui um grande potencial, devido a sua composição química e valor nutricional, seja pela utilização da polpa ou de seus resíduos, atraindo o interesse da indústria de alimentos ao utilizá-lo em diferentes produtos alimentares (ALI et al., 2020), a exemplo de sobremesas, como bolos, pudins, tortas, compotas e guarnições (BARRETTO et al., 2013), salada de frutas (HOSSAIN,

2016), sucos, bebidas e xarope (KHALID et al., 2016), produtos lácteos, além de néctar, caramelos e compota (CHAUDHARY et al., 2019). Desse modo, essa fruta de uso convencional, bem como outras fontes e espécies vegetais pouco exploradas podem ser empregadas para a produção de alimentos, a fim de disponibilizar novos produtos aos consumidores.

2.5.2 Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC)

PANC é um termo utilizado para abordar as plantas alimentícias não convencionais, que são vegetais ou partes destes sem utilização usual que podem ser inseridos na dieta humana. As espécies podem ser exóticas, nativas, silvestres, espontâneas ou cultivadas. As partes utilizadas podem ser as raízes tuberosas, tubérculos, frutos, sementes, rizomas, ramos, bulbos, tenros, folhas, flores e brotos. Além disso, a resina, látex, goma ou outras partes podem ser aproveitadas na elaboração de óleos e gorduras comestíveis. Apesar das diversas formas de aproveitamento, a sua utilização é negligenciada como forma de descarte devido à falta de conhecimento (KINUPP, 2014).

No passado, devido à força da cultura rural, grande parte dessas plantas eram utilizadas com maior intensidade, no entanto, com o passar dos anos e as grandes mudanças ocorridas nos hábitos alimentares e nutricionais, houve uma redução na utilização de grande parte das plantas e muitas espécies caíram no esquecimento. Isso torna-se um fator preocupante, pois comunidades locais e regionais estão perdendo muitas de suas referências culturais, fazendo com que antigas práticas de manejo acabem em desuso. Ainda por ausência de esclarecimentos específicos, muitos vegetais do tipo PANC tornaram-se caracterizados popularmente como ervas daninhas, matos, invasoras, infestantes nos mais variados locais, como ruas, praças, jardins e até mesmo na própria zona rural, tendo seu consumo negligenciado (FONTURA, 2018; KINUPPI, 2014). Os cactos compõem um grupo de plantas xerófilas, de grande variedade e tamanhos, de caule suculento e frutos comestíveis, que são distribuídos em algumas regiões do Brasil, mais especificamente em locais áridos ou semi-áridos, com grande importância sócio-econômica para os povos pertencentes ao bioma Caatinga, podendo ser consideradas como PANC, devido a sua utilização pouco usual por grande parte da população, entre as espécies de cactáceas consideradas como subutilizadas, estão o *Cereus jamacaru* e o *Pilosocereus gounellei* (ARAÚJO et al., 2021).

2.5.3 Xique-xique (*Pilosocereus gounellei*)

O Nordeste do Brasil é conhecido por ser uma região semiárida, com extremos climáticos típicos a este ambiente. Neste cenário é naturalmente comum o crescimento de cactáceas, representando uma possível fonte de água, inclusive para os ruminantes. Fitoquimicamente, essa família possui uma riqueza em diversos compostos bioativos, como taninos, flavonoides, esteroides, ácidos fenólicos e betatiocianinas, entre outros (CARDADOR-MARTÍNEZ et al., 2011; KAKUTA et al., 2012; GONÇALVES et al., 2015; ARAÚJO et al., 2021; MACHADO et al., 2021, BEZERRIL et al., 2021). A utilização de cactos provoca um impacto positivo nos sistemas de produção, reduzindo a utilização de insumos oriundos de outras localidades, incentivando a regionalidade (NEFZAOU et al., 2014).

O bioma Caatinga, que por sua vez está localizado na borda nordeste da diagonal seca, possui áreas de cactos, arbustos e pequenas árvores em abundância. Este bioma está presente na Paraíba, Pernambuco, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Alagoas, Sergipe, Bahia e no nordeste do estado de Minas Gerais (WERNECK et al., 2015). É conhecido por suportar uma grande diversidade de recursos vegetais, sendo caracterizado como o terceiro centro de diversidade das espécies de cactáceas (RIBEIRO et al., 2015).

O xique-xique (*Pilosocereus gounellei*) é um vegetal nativo da região semiárida do bioma Caatinga, considerado como espécie endêmica, pertencente ao gênero *Pilosocereus* da subfamília *Cactoideae*, possui um tronco ereto, com ramos laterais de cor verde, com diversos espinhos (BEZERRIL et al., 2017; ASSIS et al., 2019; ARAÚJO et al., 2021), os frutos são caracterizados como bagas de diâmetro médio que varia entre 46 a 49mm, comprimento de 35 a 39mm e peso entre 41 a 48g, caracterizando um mesocarpo espesso de cor púrpura, que se abre ao amadurecer, seu endocarpo possui cor rosa-púrpura e polpa funicular, mucilagínosa que contém um grande número de sementes negras e pequenas (ARAÚJO et al., 2021).

Torna-se uma das poucas alternativas empregadas na alimentação de ruminantes, principalmente nos períodos de seca, sendo importante devido a escassez de forragem e primordialmente, devido a especificidades desse ambiente, onde estes cactos exóticos são capazes de sobreviver (FURTADO et al., 2016; FURTADO et al., 2019). Porém, outros estudos abordam a importância da utilização dessa cactácea para outras finalidades, como a terapêutica. Sousa et al. (2018) enfatizaram a utilização dessa planta por comunidades tradicionais da medicina popular para combater diversos agravos à saúde, entre eles, processos inflamatórios como gastrites. Esse mesmo grupo avaliou o efeito de proteção gástrica do

xique-xique, através da utilização de um extrato contendo o cladódio e raízes do *Pilosocereus gounellei* em ratos e observaram uma importante gastroproteção, impedindo a formação de lesões gástricas através de diferentes modelos experimentais. Ainda há relatos científicos do emprego das raízes durante o tratamento de inflamação na próstata e colite ulcerativa (AGRA et al., 2008; LUCENA et al., 2012; ASSIS et al., 2019).

Mediante caracterização nutricional, é descrito um elevado teor de água no xique-xique em especial nos cladódios, além de um reduzido conteúdo de proteínas, lipídios e quantidades significativas de carboidratos e outros nutrientes (incluindo fibras solúveis e insolúveis), assim como, valores expressivos de minerais, destacando-se o cálcio, magnésio, selênio e zinco no cilindro vascular, o que faz com que esse vegetal possua um elevado potencial do ponto de vista nutricional, para produção de alimentos (BEZERRIL, 2017).

Dentre outros tipos de utilização dessa Panc, se enfatiza o emprego na alimentação humana. Pesquisas avaliaram o uso culinário a partir da preparação de cladódios na forma assada ou cozida, tanto para a produção de doce, cocada ou de uma espécie de farinha utilizada como ingrediente para elaboração de cuscuz (LUCENA et al., 2013). Outros estudos descrevem a produção de farinha a partir dessa cactácea para elaboração de produtos como macarrão, barras de cereais e biscoitos, além disso, outras pesquisas também descrevem a utilização na produção de suco, e de geleia, especificamente para adição em iogurte caprino, fazendo com que esse vegetal seja descrito como uma matriz em potencial para o desenvolvimento de novos produtos (ASSIS et al., 2019; ARAÚJO, REIS; OLIVEIRA, 2019; OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2019; RIBEIRO et al., 2020; BEZERRIL et al., 2021; MACHADO et al., 2021).

Portanto, a elaboração de produtos oriundos do *Pilosocereus gounellei* pode ser uma alternativa promissora para inserção em alimentos, inclusive de origem láctea caprina, contribuindo para ampliação da utilização de Panc, disponibilizando um insumo inovador e com características nutritivas consideravelmente positivas, podendo agregar benefícios tecnológicos, sensoriais e funcionais, quando também associadas a micro-organismos com potencial probiótico. Além de contribuir para o crescimento da utilização de produtos usualmente regionais.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATÉRIAS-PRIMAS E LOCAIS DE EXECUÇÃO

O leite de cabra integral pasteurizado, foi obtido comercialmente de uma cooperativa (Capribom[®]), localizada na cidade de Monteiro/PB, sendo as cabras pertencentes a raça *Toggenburg*. Já o leite de cabra integral em pó (Caprilat[®]), foi adquirido comercialmente. A cultura *starter* (YF-L903, Christian Hansen[®], Valinhos, Minas Gerais, Brasil) composta por *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* foi obtida comercialmente. A cepa probiótica *Limosilactobacillus mucosae* CNPC007 foi cedida da "Coleção de Micro-organismos de Interesse para a Agroindústria Tropical" da Embrapa Agroindústria Tropical/Fortaleza, Ceará, Brasil. O xique-xique (*Pilosocereus gounelli*) foi obtido de uma área de cultivo particular, localizada no município de Boa Vista, no estado da Paraíba, Brasil, com coordenadas geográficas latitudinais -7.16762352 e longitudinais de -36.1432815, com altitude de 575 m. Os cladódios foram selecionados considerando sua integridade física, e deles foram removidos os espinhos no momento da colheita, sendo transportados em caixas sio térmicas de polietileno em temperatura ambiente (25 ± 1 °C) para o Laboratório de Técnica Dietética (DN/CCS/UFPB). Os abacaxis, da variedade 'Jupi' utilizados para a elaboração da geleia, assim como o açúcar cristal (Alegre[®], Usina Monte Alegre S/A, Brasil), foram adquiridos em redes de supermercados da cidade de João Pessoa/PB.

A elaboração da farinha de xique-xique foi realizada no Laboratório de Fitoterapia, pertencente ao Departamento de Farmácia, do Centro de Ciências da Saúde e no Laboratório de Operações Unitárias, do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal da Paraíba. A elaboração dos leites fermentados, da geleia de abacaxi e análises sensoriais foram executadas no Laboratório de Técnica Dietética; as análises tecnológicas, físicas e físico-químicas dos leites fermentados foram realizadas no Laboratório de Bromatologia; e os ensaios microbiológicos (qualidade higiênico sanitária e viabilidade) foram realizados no Laboratório de Bioquímica e Microbiologia de Alimentos, todos pertencentes ao Departamento de Nutrição, do Campus I da UFPB. As análises reológicas foram executadas no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Campina Grande/PB. As análises de determinação de compostos fenólicos totais, flavonoides totais e atividade antioxidante, foram desenvolvidas no Laboratório de Bromatologia (LABROM), e os testes *in vitro* de avaliação do potencial protetor da matriz alimentar sobre a sobrevivência da cepa probiótica ao longo do trato

gastrointestinal, foram realizados no Laboratório de Microbiologia dos Alimentos, ambos pertencentes a Unidade Acadêmica de Saúde, da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* de Cuité/PB. O perfil de açúcares e ácidos orgânicos foi avaliado no Laboratório Experimental de Alimentos (LEA), do Departamento de Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal do Sertão Pernambucano, Petrolina – PE; e as análises de determinação do perfil de ácidos graxos foram realizadas no Laboratório Multiusuário de Caracterização e Análise - LMCA, do *Campus* I da UFPB.

3.2 PROCESSAMENTO DA FARINHA DE XIQUE-XIQUE

A farinha xique-xique foi preparada de acordo com Machado et al. (2021), onde os cladódios do xique-xique foram cuidadosamente higienizados (remoção e descontaminação) com água corrente e sanitizados (hipoclorito de sódio a 100 ppm/15 min). O caule central foi despojado, e a polpa e a casca foram removidas. Os caules centrais foram então cortados em fatias de 1 cm, que foram autoclavadas (121 ± 1 °C/20 min). Posteriormente, as amostras foram arrefecidas à temperatura ambiente, seguidas de secagem em estufa com circulação forçada de ar (40 ± 1 °C) até atingirem aproximadamente 4% de umidade. Após a secagem, o xique-xique foi triturado em um moinho de facas (Willey, Solab®, Piracicaba, São Paulo) e tamizado com uma peneira de 100 mesh num agitador de peneiras (Bertel®, Caieiras, São Paulo). A farinha foi selada a vácuo em sacos estéreis de polietileno com aproximadamente 100 g por saco, enrolada em folha de alumínio, e congelada (-20 ± 1 °C) até à sua utilização.

3.3 PROCESSAMENTO DA GELEIA DE ABACAXI

Os abacaxis (*Ananas comosus* L. Merrill) foram higienizados com água corrente e sanitizados com hipoclorito de sódio (100 ppm/15 min), conforme Resolução da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – RDC nº 216/2004 (BRASIL, 2004). Em seguida foram descascados e picados com faca de aço inoxidável, retirando o cilindro central. O abacaxi picado foi triturado em liquidificador com água mineral, num percentual de 30% e, em seguida, filtrado em peneira de aço inoxidável tela fina, obtendo-se o suco de abacaxi. A geleia de abacaxi foi elaborada na proporção 70:30 (suco de abacaxi: açúcar) levando-se a mistura ao fogo (180 ± 1 °C). A verificação do ponto de geleia foi feita com base no teor de sólidos solúveis, que segundo a legislação específica, deve ser no mínimo 62-65% p/p (BRASIL, 1978). Por fim, a geleia de abacaxi foi envasada em pote de vidro estéril, seguido de

armazenamento em temperatura ambiente até utilização no processamento dos leites fermentados.

3.4 CONTROLE DE QUALIDADE DO LEITE CAPRINO

O leite caprino utilizado na elaboração dos leites fermentados foi submetido à determinação dos parâmetros de acidez expresso em ácido láctico, pH, umidade, extrato seco total, proteína, gordura, lactose e cinzas, conforme metodologias recomendadas pela *Association of Official Analytical Chemist Methods* (AOAC, 2016). A determinação dos parâmetros microbiológicos seguiu as metodologias recomendadas pela *American Public Health Association* (APHA, 2001), em que a matéria-prima foi submetida à determinação do Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais (NMP/g) e termololerantes (NMP/g); contagem de bolores e leveduras expressa em Unidades Formadoras de Colônias por g (UFC/g); e contagem total de bactérias aeróbias mesófilas (UFC/g) e detecção de *Salmonella* sp. e *Listeria monocytogenes*.

3.5 ELABORAÇÃO DO INÓCULO DE *Limosilactobacillus mucosae* CNPC007

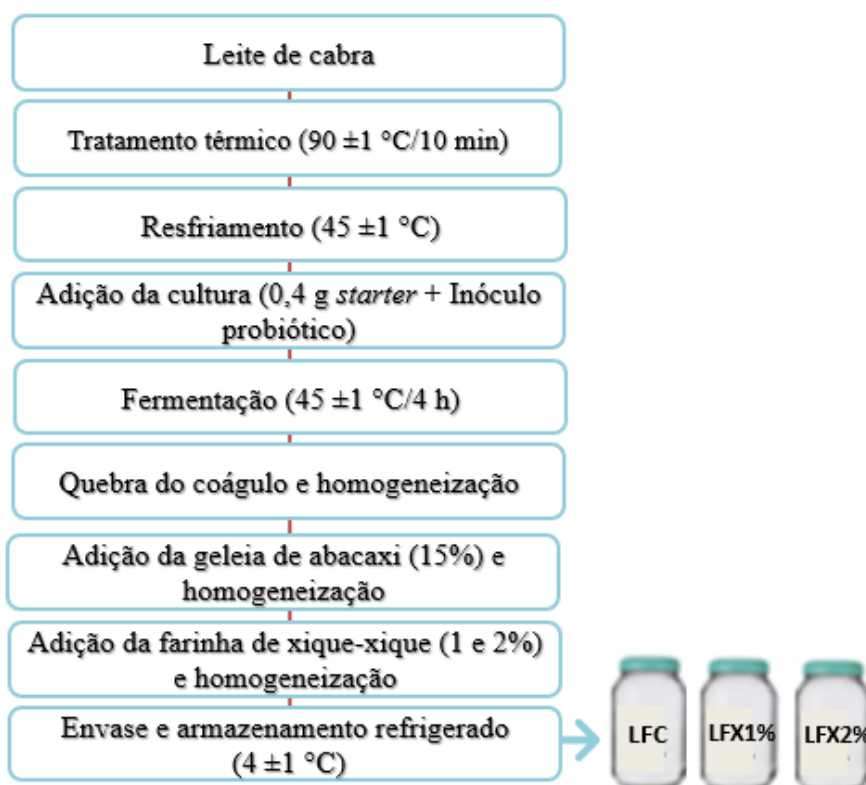
O inóculo final (InF) de bactérias probióticas no leite de cabra foi preparado em duas fases. O Inoculum 1 (In1) foi preparado diluindo 0,1 g de *L. mucosae* liofilizada CNPC007 em 10 mL de leite em pó de cabra reconstituído (Caprilat®, Nova Friburgo, Rio de Janeiro, Brasil) em água esterilizada, com incubação durante 22 h (fase estacionária) a 37 °C. O inóculo final (InF) foi preparado usando 10 mL do Inóculo 1 (In1) que foi diluído em 10 mL de leite caprino em pó reconstituído em água estéril. A mistura foi, posteriormente, incubada a 37 °C durante 22 h, resultando numa contagem final de 7-8 log UFC/g. As contagens foram confirmadas utilizando diluições em série do inóculo com água peptona estéril a uma concentração de 0,1 g/100 mL (Sigma-Aldrich, St. Louis, MA, EUA); 10 µL destas diluições foram vertidas em ágar MRS (Oxoid, Basigstoke, Reino Unido), e acidificadas a pH 5 (IDF, 1995) utilizando a técnica da microgota. As placas foram incubadas aerobicamente a 37 °C durante 48 h, e os resultados foram expressos em log UFC/g.

3.6 ELABORAÇÃO DOS LEITES FERMENTADOS CAPRINOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os leites fermentados foram processados conforme metodologia descrita por Silva et al. (2017). Foram preparadas três formulações: (LFC) leite fermentado controle (tratamento

sem farinha), (LFX1%) leite fermentado contendo 1% de farinha xique-xique, e (LFX2%) leite fermentado adicionado de 2% de farinha xique-xique (Figura 2). O leite de cabra pasteurizado foi tratado termicamente ($90 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ min}$), e arrefecido a $45 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$, e inoculado com *L. mucosae* CNPC007 e com a cultura *starter* (*Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, Christian Hansen®, Valinhos, Brasil, 7-8 log UFC/g) nas respectivas concentrações de 0,1 e 0,4 g/L, e a fermentação foi realizada a $45 \text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 4 h. As amostras de leites fermentados foram depois arrefecidas a $5 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$, o coágulo partido com auxílio de um bastão de vidro, e a geleia de abacaxi adicionada em concentrações de 15 g/100 g aos iogurtes; e a farinha de xique-xique foi então adicionada aos iogurtes em concentrações de 1 e 2%. Os produtos foram colocados em garrafas de polietileno de alta densidade e armazenados sob refrigeração ($4 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$) durante 28 dias.

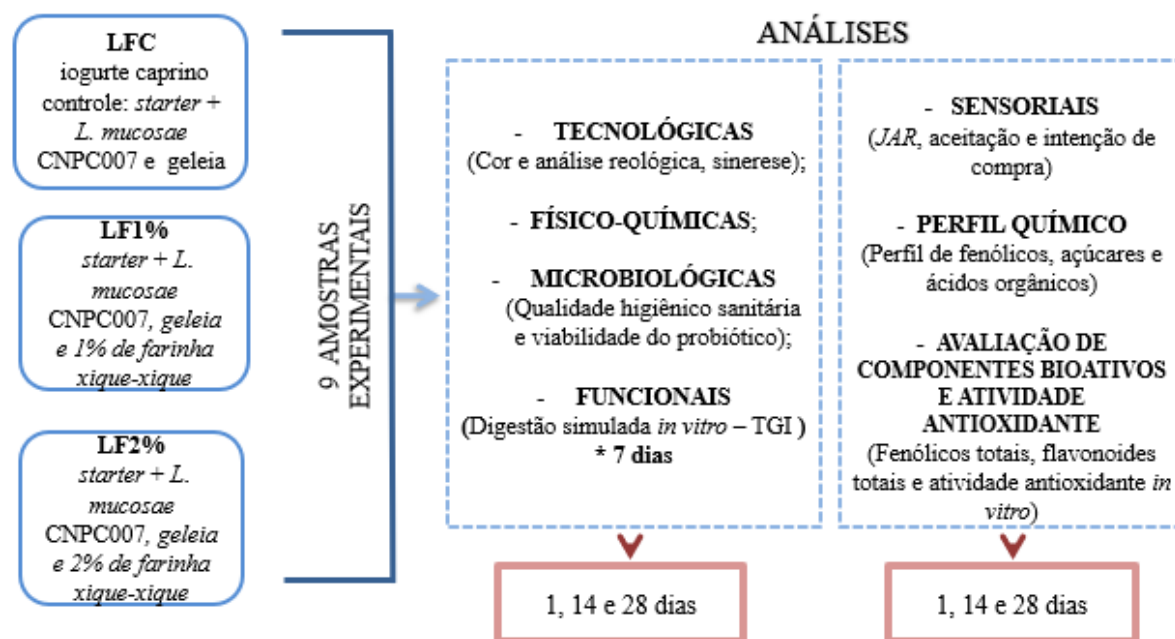
Figura 2 - Fluxograma de processamento dos leites fermentados caprinos.



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

As amostras dos leites fermentados caprinos probióticos foram analisadas em triplicata nos tempos 1, 14 e 28 dias de armazenamento refrigerado ($4 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$), conforme delineamento experimental apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Delineamento experimental dos leites fermentados caprinos com potencial probiótico.



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

3.7 CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA, FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DOS LEITES FERMENTADOS CAPRINOS

Os leites fermentados foram analisados quanto às características tecnológicas, físico-químicas e microbiológicas. Quanto às características tecnológicas, avaliaram-se os seguintes parâmetros: cor, que foi medida utilizando o colorímetro Konica Minolta (modelo CR 400); viscosidade aparente, utilizado o viscosímetro *Brookfield* (modelo *DV II+Pro*) com *spindle* SC4-27 com banho termostático acoplado para controlar a temperatura das amostras (5 °C). Para tanto, foram tomados 7,5 mL das amostras, sendo utilizado o dispositivo para pequenas amostras, com as leituras da viscosidade aparente (mPa.s) sendo feitas na velocidade de rotação de 40 rpm. As avaliações físico-químicas das amostras envolveram análise dos parâmetros de acidez em ácido láctico, pH, proteínas, gordura, e cinzas, conforme metodologias recomendadas pela *Association of Official Analytical Chemist methods* (AOAC, 2016).

Foram determinados os parâmetros microbiológicos de condições higiênico sanitária, mediante metodologias recomendadas pela *American Public Health Association*, onde foram realizados os seguintes ensaios: contagem de coliformes totais e termotolerantes expressa em NMP/g, contagem de bolores e leveduras expressa em UFC/g (APHA, 2001; BRASIL, 2019).

As contagens das células viáveis de *L. mucosae* CNPC007 adicionado aos leites fermentados foram determinadas através da preparação de diluições seriadas decimais com água peptonada esterilizada - 0,1 g/100 mL (Sigma, St. Louis MO, EUA). Seguindo a técnica da microgota, alíquota de 10 µL de diluições foram inoculadas em ágar MRS (Oxoid, Basigstoke, UK) acidificado a pH 5 (IDF, 1995). As placas foram incubadas durante 48 h a 45 ± 1 °C em aerobiose, e os resultados expressos em UFC/g (BD GasPak™ EZ *Anaerobe container system*, Becton, Dickinson and Company, USA) (MORAES et al., 2018).

3.8 PERFIL QUÍMICO

3.8.1 Perfil de fenólicos

Durante o preparo do extrato, 5 g de cada iogurte foi homogeneizado com 5 mL de metanol a 80% (Sigma-Aldrich), centrifugado (9000 x g, 15 min, 4 °C) e filtrado com um filtro de 0,45 µm (Millex Millipore, Barueri, SP, Brasil). A identificação dos compostos fenólicos foi realizada seguindo Padilha et al. (2018), com adaptações de gradiente e tempo de execução para quantificação de estilbenos, flavonóis e flavanonas. A análise foi realizada utilizando um cromatógrafo líquido Agilent 1260 Infinity LC System (Agilent Technologies, Santa Clara - EUA) acoplado a um sistema de detecção de matriz de diodos (DAD) (modelo G1315D). A coluna utilizada foi uma coluna Zorbax Eclipse Plus RP-C18 (100 × 4,6 mm, 3,5 µm) e uma pré-coluna Zorbax C18 (12,6 × 4,6 mm, 5 µm) (Zorbax, EUA). Os dados foram processados usando o software OpenLAB CDS ChemStation Edition (Agilent Technologies, Santa Clara - EUA), e a identificação e quantificação foi realizada através de comparação com padrões externos (Sigma-Aldrich). Os resultados foram expressos em mg de fenólico por 100 g de amostra (mg/100 g).

3.8.2 Perfil de açúcares e ácidos orgânicos

Os açúcares (glicose, lactose e galactose), ácidos orgânicos (cítrico, málico, láctico, propiônico e succínico) foram determinados conforme descrito por Ball et al. (2011), por meio de técnica de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE), utilizando cromatógrafo Agilent® (modelo 1260 Infinity LC, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA), equipado com bomba quaternária de solventes (modelo G1311C), degaseificador, compartimento de colunas termostaticado (modelo G1316A) e amostrador automático (modelo G1329B), acoplado em Detector de Arranjos de Diodos (DAD) (modelo G1315D) e Detector de Índice de Refração (RID) (modelo G1362A). Os dados obtidos foram processados utilizando o

software OpenLAB CDS ChemStation EditionTM (Agilent Technologies). Os padrões de glicose e frutose foram obtidos da Sigma-Aldrich (St. Louis, EUA); o de maltose foi obtido da Chem Service (West Chester, EUA); os padrões para os ácidos cítrico, succínico, láctico e málico foram obtidos da Vetec Química Fina (Rio de Janeiro, Brasil), todos com um grau de pureza $\geq 99\%$. A água ultrapura foi obtida em sistema MilliQ[®], e o ácido sulfúrico da Merck (Darmstadt, Alemanha). O procedimento analítico seguiu recomendações previamente descritas por Ball et al. (2011). Para determinação dos açúcares (maltose, glicose e frutose), a detecção foi feita no RID. A coluna utilizada foi a Agilent Hi-Plex H (300 x 7,7 mm) com partículas internas de 8,0 μm , protegida com uma coluna de guarda PL Hi-Plex H 5x3 mm (Agilent Technologies). As temperaturas do forno de colunas e detector foram mantidas em 50 °C. O volume de injeção da amostra (previamente diluída em água ultrapura e filtrada em membrana de 0,45 μm) foi de 10 μL , com fluxo de 0,5 mL/min e tempo de corrida de 20 min. A fase móvel utilizada foi H_2SO_4 4,0 mM/L em água ultrapura.

3.9 COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS, FLAVONÓIDES TOTAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE *IN VITRO*

Para determinação dos compostos fenólicos totais e dos flavonóides totais, inicialmente foi obtido o extrato dos leites fermentados de acordo com procedimentos descritos por Souza; Vieira (2011). Para a preparação do extrato, 2 g de cada iogurte foi homogeneizado com 80% de metanol (Sigma-Aldrich) por 10 minutos em um aparelho de mini-Turrax (Tecnal, Piracicaba, São Paulo, Brasil), mantido em repouso por 24 h, e depois filtrado com um papel de filtro de 125 mm (Whatman[®], GE Healthcare, Chicago, IL, EUA). O conteúdo fenólico total foi medido usando o método Folin-Ciocalteu (Liu et al., 2002), e a absorção foi medida a 765 nm com um espectrofotômetro (BEL Photonics, Piracicaba, São Paulo, Brasil). O conteúdo fenólico final foi determinado utilizando uma curva padrão preparada com ácido gálico (Sigma-Aldrich). Os resultados foram expressos em mg equivalente de ácido gálico (EGA) por 100 g de amostra (mg EGA/100 g).

O conteúdo total de flavonóides foi medido usando o procedimento descrito por (GUEVARA-FIGUEROA et al., 2010). A absorção da amostra foi medida a 510 nm com um espectrofotômetro (BEL Photonics) contra um branco (sem extrato). O conteúdo total de flavonóides foi determinado utilizando a curva padrão de catequinas (Sigma-Aldrich) equivalentes (CE). Os resultados foram expressos em mg equivalentes de catequina (CE) por 100 g de amostra (mg CE/100 g).

Quanto às análises da atividade antioxidante, inicialmente, dois gramas de iogurtes foram homogeneizados com 10 mL de metanol a 80% (Sigma-Aldrich) durante 10 min com um mini-Turrax apparatus (Tecnal), mantidos em repouso durante 24 h e filtrados com um filtro de 125 mm (Whatman®). A capacidade dos extratos para reduzir o ferro foi medida com o método FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*), como descrito anteriormente (ROCKENBACH et al., 2011). A capacidade dos extratos para capturar cátions ABTS•⁺ (2,2-azinobis (ácido 3-etilbenztiazolina-6-sulfônico) foi medida com o método ABTS como descrito anteriormente (SARIBURUN et al., 2010). Os resultados dos métodos FRAP e ABTS foram expressos como micromoles de capacidade antioxidante equivalente a Trolox (TEAC) por grama de amostra (μmol TEAC/g).

3.10 ANÁLISES SENSORIAIS

Anteriormente as análises sensoriais, as amostras foram submetidas às análises microbiológicas para avaliar a qualidade higiênico-sanitária, verificando se o produto estava dentro dos padrões sanitários recomendados pela legislação vigente (BRASIL, 2019). O presente estudo foi submetido à avaliação pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba e aprovado sob número do Protocolo CAAE: 79748617.2.0000.5188, reconhecido pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CEP/CONEP) (ANEXO A).

Para a avaliação das amostras dos leites fermentados foram recrutados 108 consumidores de derivados lácteos, com idade na faixa de 16 a 60 anos, das classes sociais ABC (ABEP, 2018) e que não apresentassem nenhuma patologia que viesse a comprometer a acuidade sensorial. Os produtos foram avaliados em relação à aceitabilidade para os parâmetros de aparência, cor, aroma, consistência, sabor e avaliação global por meio de escala hedônica estruturada de nove pontos (9 = gostei muitíssimo, 5 = nem gostei nem desgostei e 1 = desgostei muitíssimo) (FARIA; YOTSUYANAGI, 2002). Ainda, quanto aos testes afetivos foi realizada a intenção de compra dos produtos (MEILGAARD; CARR; CIVILLE, 2007) (APÊNDICE A). Os provadores realizaram também um teste descritivo, onde, receberam a ficha de avaliação das amostras em relação ao padrão ideal (APÊNDICE B), por meio da análise descritiva com a escala JAR (*Just About Right*). Esta escala de 5 pontos exibiu termos que variavam entre 1 = “extremamente menor do que o ideal” ao 5 = “extremamente

maior que o ideal” para os atributos de cor, aroma caprino, consistência, textura, doçura, sabor, acidez e aroma herbáceo, conforme metodologia descrita por Costa et al. (2017).

As amostras foram servidas em copos plásticos brancos codificados, contendo 20 mL da amostra, em temperatura de aproximadamente 8 °C de forma monádica sequencial segundo delineamento de blocos completos balanceados. Foi ofertada água mineral natural para a limpeza do palato antes e entre as amostras. O teste foi conduzido em cabines individuais com iluminação de lâmpadas fluorescentes brancas e equipadas com o sistema computadorizado *Compusense Five* versão 5.6 para coleta e análise dos dados.

3.11 ANÁLISE DE PROPRIEDADE FUNCIONAL

3.11.1 Avaliação da sobrevivência da bactéria probiótica em condições gastrointestinais simuladas

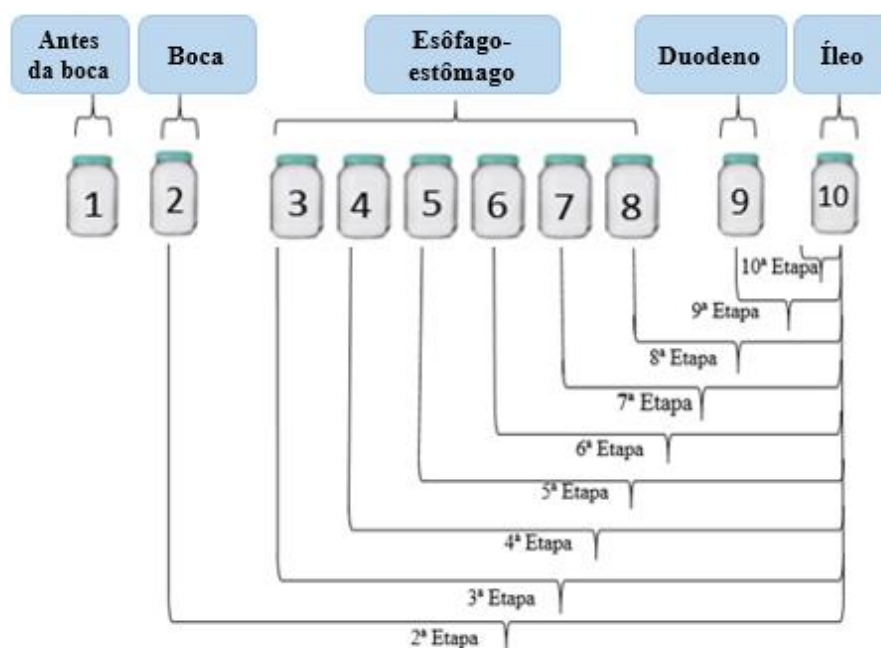
A avaliação do efeito protetor do leite fermentado caprino sobre a sobrevivência da cultura adicionada *L. mucosae* foi realizada no sétimo dia de vida de prateleira dos produtos, através da exposição do produto às condições simuladas do trato gastrointestinal, de acordo com Oliveira et al. (2014) e Madureira et al. (2011). As condições de passagem gastrointestinal que foram utilizadas estão descritas no Quadro 1, e incluem os compostos e concentrações utilizadas, o tempo de exposição e as intensidades de agitação em todas as etapas. As agitações foram utilizadas para simular os movimentos peristálticos, que foram variados em cada compartimento.

A mastigação foi simulada utilizando uma solução de saliva preparada com 100 U/mL de 1- α -amilase diluída em solução de CaCl_2 a 1 mM, onde o pH foi ajustado para 6,9, utilizando solução de NaHCO_3 a 1 mM. Esta solução foi adicionada em 25 g das amostras a uma taxa de 0,6 mL/min, durante 2 min. Na etapa que simula as condições do esôfago-estômago foi adicionada solução de pepsina a uma taxa de 0,05 mL/mL durante 90 min. A solução de pepsina foi preparada em HCl a 0,1 N numa proporção de 25 mg/mL. Nesta etapa, o pH foi reduzido para 2, utilizando solução de HCl a 1 M. As condições do duodeno foram simuladas utilizando 2 g/L de pancreatina e 12 g/L de sais biliares, diluídos em solução de NaHCO_3 a 0,1 M. Esta solução foi adicionada no início da etapa a uma taxa de 0,25 mL/mL. Finalmente, a etapa do íleo foi provocada por um aumento do pH para 6,5 utilizando solução de NaHCO_3 a 0,1 M (Figura 4). A simulação foi contínua, de modo que o volume de trabalho total aumentou (conforme acontece durante uma digestão real).

Quadro 1 - Condições de processamento utilizado em cada etapa de digestão simulada.

Compartimento	Condição	Agitação (rpm)	pH final	Tempo (min)
Boca	Saliva	200	6,9	2
Esôfago-estômago	Pepsina	130	5,5	10
			4,6	10
			3,8	10
			2,8	20
			2,3	20
			2,0	20
Duodeno	Pancreatina + Sais biliares	45	5,0	30
Íleo	-----	45	6,5	60

Fonte: Adaptado de Oliveira et al. (2014).

Figura 4 - Representação esquemática da adição das substâncias em cada etapa nas amostras que foram submetidas às condições gastrointestinais simuladas.

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

3.12 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram avaliados pela análise de variância (ANOVA), sendo usado o teste de Tukey para comparação entre as médias ao nível de 5% de significância ($p < 0,05$). Para o cálculo destes dados foi utilizado o software *Sigma-Stat* 3.5 (Jandel Scientific Software, San Jose, Califórnia) (SIGMASTAT, 2006). Para o formulário JAR, a diferença entre as amostras foi testada usando o teste Friedman, devido a escala de valores para cada atributo. Este teste não-paramétrico avalia a hipótese nula de que para um determinado atributo não ocorrem diferenças significativas nas respostas entre as amostras, contra a hipótese alternativa de que pelo menos uma amostra tem diferença significativa ($p < 0,05$) para cada atributo. A análise de penalidades foi realizada em atributos JAR e dados de gosto geral para cada leite fermentado de leite de cabra. Foram utilizadas parcelas de análise de penalizações para mostrar penalizações (gotas médias no gosto geral) para cada atributo não JAR para cada um dos iogurtes. Os atributos não-JAR com penalidades significativas ($p < 0,05$) são destacados com um "*" nos gráficos de análise de penalidades (NGUYEN; WISMER, 2019). Os atributos no canto superior direito das parcelas de análise de penalidades tinham os maiores *skews* e estavam associados às maiores penalidades. Apenas as categorias significativas não-JAR com uma proporção substancial de participantes ($> 20\%$) foram consideradas para a interpretação dos resultados (SÁNCHEZ-RODRIGUEZ et al., 2019).

REFERÊNCIAS

- ABDEL-HAMID, M.; EHAB, R.; ZIZHEN, H.; ENOMOTO, T.; LI, H.; LI, L. Bioactive properties of probiotic set-yogurt supplemented with *Siraitia grosvenorii* fruit extract, **Food Chemistry**, v. 303, p. 125-400, 2020.
- ABEP-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE PESQUISA. **Critério de Classificação Econômica** Brasil 2018. Disponível em: <http://www.abep.org/criteriobrasil>. Acesso em: 23 de abril de 2018.
- ACHILLEOS, C.; BERTHIER F. Quantitative PCR for the specific quantification of *Lactococcus lactis* and *Lactobacillus paracasei* and its interest for *Lactococcus lactis* in cheese samples. **Food Microbiology**, v. 36, p. 286-295, 2013.
- ALI, M. M.; HASHIM, N.; AZIZ, S. A.; LASEKAN, O. Pineapple (*Ananas comosus*): A comprehensive review of nutritional values, volatile compounds, health benefits, and potential food products. **Food Research International**. v. 137, p. 109-675, 2020.
- ALONGI, M.; ANESE M. Re-thinking functional food development through a holistic approach. **Journal of Functional Foods**, 81, 104-466, 2021.
- ALMUSALLAM I. A.; AHMED, I. A. M.; BABIKER, E. E.; AL-JUHAIMI, F. Y.; SALEH, A.; QASEM, A. A.; MAIMAN, S. A.; OSMAN, M. A.; GHAFOR, A.; HAJJI, H. A.; AL-SHAWAKER, A. S. Effect of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) spikelets extract on the physicochemical and microbial properties of set-type yogurt during cold storage. **LWT – Food Science and Technology**, 148, 111-762, 2021.
- AGRA, M. F.; SILVA, K. N.; BASÍLIO, I. J. L. D.; FREITAS, P. F.; BARBOSA-FILHO, J. M. Survey of medicinal plants used in the region Northeast of Brazil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, p. 472–508, 2008.
- American Public Health Association (2001). **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4th ed., APHA.
- ANDREATTA, E.; FERNANDES, A. M.; SANTOS, M. V.; et al. Effects of milk somatic cell count on physical and chemical characteristics of mozzarella cheese. **The Australian Journal of Dairy Technology**, Melbourne, v. 62, p. 166-170, 2007.
- ANTUNES, A. E. C.; SILVA, E. R. A.; MARASCA, E. T. G.; MORENO, I.; LERAYER, A. L. S. Probióticos: agentes promotores de saúde. **Journal Brazilian Society of Food and Nutrition**, v. 32, p. 103-122, 2007.
- APHA - American Public Health Association. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 4. ed., cap. 7, p. 63 – 67, 2001.
- ALIAKBARIAN, B.; CASALE, M.; PAINI, M.; CASAZZA, A. A.; LANTERINI, S.; PEREGO, P. Production of a fermented milk enriched with novel natural antioxidants and their analysis by NIR spectroscopy. **Food science and technology – LWT**, v. 62, p. 373-386, 2015.

ANCOS, B.; S´ANCHEZ-MORENO, C.; GONZALEZ-AGUILAR, ´G. A. Pineapple composition and nutrition. *Handbook of Pineapple Technology: Postharvest Science, Processing and Nutrition*, 221–239, 2016.

ARAÚJO, C. M.; DOS REIS, C. G.; DE OLIVEIRA, C. A. Elaboração de barras de cereais com a farinha da cactácea xique-xique (*Pilosocereus gounellei*). **Jornada de Iniciação Científica e Extensão**, 14, 95, 2019.

ARAÚJO, F. F.; FARIAS, D. P.; NERI-NUMA, I. A.; PASTORE, G. M. Underutilized plants of the Cactaceae Family: Nutrition aspects and technological applications. **Food Chemistry**, v. 362, p. 130-196, 2021.

ASSIS, P. O. A.; GUERRA, G. C. B.; ARAÚJO, D. F. S.; ANDRADE, L. F. L. I.; ARAÚJO, A. A.; ARAÚJO, R. F. J.; QUEIROGA, R. C. R. E. Intestinal anti-inflammatory activity of xique-xique (*Pilosocereus gounellei* A. Weber ex K. Schum. Bly. Ex Rowl) juice on acetic acid-induced colitis in rats. **Food & Function**, 10, 7275–7290, 2019.

ARYANA, K.J.; OLSON, D.W. A 100-Year Review: Yogurt and other cultured dairy products. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 9987–10013, 2017.

Association of Official Agricultural Chemists. (2019). **Official methods of analysis of Association of Official Agricultural Chemists**. 21th ed., AOAC.

BALDERMANN, S.; BLAGOJEVIC, L.; FREDE, K.; KLOPSCH, R.; NEUGART, S.; NEUMANN, A.; NGWENE, B.; NORKEWEIT, J.; SCHROTER, D.; SCHRÖTER, A.; SCHWEIGERT, F. J.; WIESNER, M.; SCHREINER, M. Are neglected plants the food for the future? **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 35, p. 106–119, 2016.

BALL, S.; BULLOCK, S.; LLOYD, L.; MAPP, K.; EWEN, A. Analysis of carbohydrates, alcohols, and organic acids by ion-exchange chromatography. In *Agilent Hi-Plex Columns Applications Compendium*, **Agilent Technologies Inc.**, 2011.

BARBOSA, F. H.; SILVA, A. M.; MARTINS, F. S.; NICOLI, J. R. Perfil de hidrofobicidade da superfície celular de *Bifidobacterium lactis* Bb12 e *Bifidobacterium longum* Bb46 em função do meio de cultura. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 5, p. 1-11, 2005.

BARRETTO, L. C. DE O.; MOREIRADE, J. DE J. DA S.; DOS SANTOS, J. A. B.; NARAIN, N., DOS SANTOS, R. A. R. Characterization and extraction of volatile compounds from pineapple (*Ananas comosus* L. Merrill) processing residues. **Food Science and Technology**, 33(4), 638–645, 2013.

BELL, V.; FERRAO, J.; FERNANDES, T. Nutritional guidelines and fermented food framework. **Foods**, v. 6, p. 65, 2017.

BENDALI, F.; MADI, N.; SADOUN, D. Beneficial effects of a strain of *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* in *Staphylococcus aureus*-induced intestinal and colonic injury. **International Journal of Infectious Diseases**, v. 15, p. 787-794, 2011.

BERGONZELLI, G. E.; BLUM, S.; BRUSSOW, H.; CORTHESEY-THEULAZ, I. Probiotics as a treatment strategy for gastrointestinal diseases? **Digestion**, v. 72, p. 57-68, 2005.

BEZERRA, M.; ARAÚJO, A.; SANTOS, K.; CORREIA, R. Caprine frozen yoghurt produced with fresh and spray dried jambolan fruit pulp (*Eugenia jambolana* Lam) and *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BI-07. **LWT - Food Science and Technology**, v. 62, p. 1099-1104, 2015.

BEZERRIL, F. F. **Caracterização nutricional e de compostos bioativos do xiquexique (*Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl.)**. 2017. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

BEZERRIL, F. F.; MAGNANI, M.; PACHECO, M. T. B.; SOUZA, M. F. V.; FIGUEIREDO, R. M. F.; LIMA, M. S.; BORGES, G. S. C.; OLIVEIRA, M. E. G.; PIMENTEL, T. C.; QUEIROGA, R. C. R. E. *Pilosocereus gounellei* (xique-xique) jam is source of fibers and mineral and improves the nutritional value and the technological properties of goat milk yogurt. **LWT – Food Science and Technology**, 139, 110512, 2021.

BURITI, F. C. A.; SAAD, S. M. I. Bactérias do grupo *Lactobacillus casei*: caracterização, viabilidade como probióticos em alimentos e sua importância para a saúde humana. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 57, p. 373-380, 2007.

BRASIL. Secretaria de Agricultura. Portaria nº56 de 17 de dezembro de 1999. Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura e Abastecimento. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. 1999.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução RDC nº 216 de 22 de setembro de 2004. Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2004. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/388704/RESOLU%25CC%2587%25CC%2583O-RDC>>. Acesso em: 15 mar 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução RDC nº 272 de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico para Produtos de Vegetais, Produtos de Frutas e Cogumelos Comestíveis. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2005. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_272_2005_.pdf/40ddb30-4939-403e-a9d1-fbab47ffc5bb>. Acesso em 20 de mar 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Departamento de inspeção de produtos de origem animal. **Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) de Leites Fermentados**. Instrução Normativa N.º 46, de 23 de outubro de 2007.

- CARDADOR-MARTÍNEZ, A., JIMÉNEZ-MARTÍNEZ, C., SANDOVAL, G. Revalorization of cactus pear (*Opuntia* spp.) wastes as a source of antioxidants. **LWT - Food Science and Technology**, v. 31, p. 782–788, 2011.
- CARDARELLI, H. R.; BURITI, F. C. A.; CASTRO, I. A.; SAAD, S. M. I. Inulin and oligofructose improve sensory quality and increase the probiotic viable count in potentially symbiotic *petit-suisse* cheese. **LWT - Food Science and Technology**, v. 41, p. 1037-1046, 2008.
- CORREIA, R. T.P.; MAGALHÃES, M. M. A.; PEDRINI, M. R. S.; CRUZ, V. F.; CLEMENTINO, I. Sorvetes elaborados com leite caprino e bovino: composição química e propriedades de derretimento. **Revista Ciências Agrônomas**, v. 39, p. 251-256, 2008.
- COSTA, M. P. C.; MONTEIRO, M. L. G.; FRASAO, B. S.; SILVA, V. L. M.; RODRIGUES, B. L.; CHIAPPINI, C. C. J.; CONTE-JUNIOR, C. A. Consumer perception, health information, and instrumental parameters of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) goat milk yogurts. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 157-168, 2017.
- CUŞMENCO, T., & BULGARU, V. Quality characteristics and antioxidant activity of goat milk yogurt with fruits. **Ukrainian Food Journal**, 9, 86-98, 2020.
- CHAUDHARY, V.; KUMAR, V.; SUNIL, VAISHALI, SINGH, K.; KUMAR, R.; KUMAR, V. Pineapple (*Ananas cosmosus*) product processing: A review. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, 8(3), 4642–4652, 2019.
- CHENG, L.; WEENLIU, Y.; WU, C.; WANG, S.; TSAI, Y.C. Psychobiotics in mental health, neurodegenerative and neurodevelopmental disorders. **Journal of Food and Drugs Analysis**. 2019, DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.jfda.2019.01.002>>
- CHIU, H.F.; CHEN, Y.J.; LU, Y.Y.; HAN, Y.C.; SHEN, Y.C.; VENKATAKRISHNAN, K.; WANG, C.K. Regulatory efficacy of fermented plant extract on the intestinal microflora and lipid profile in mildly hypercholesterolemic individuals. **Journal of Food and Drug Analysis**, v.25, p. 819-827, 2017.
- DALIRI, E.B.; LEE, B.H. New perspectives on probiotics in health and disease. **Food Science and Human Wellness**. v. 4, p. 56-65, 2015.
- DELGADO, S.; LEITE, A.M.O.; RUAS-MADIEDO, P.; MAYO, B. Probiotic and technological properties of *Lactobacillus* spp. strains from the human stomach in the search for potential candidates against gastric microbial dysbiosis, **Front. Microbiology**. v. 5 p. 766, 2014.
- DESFOSSÉS-FOUCAULT, E.; LAPOINTE, G.; ROY, D. Transcription profiling of interactions between *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* SK11 and *Lactobacillus paracasei* ATCC 334 during Cheddar cheese simulation. **International Journal of Food Microbiology**, v. 178, p. 76-86, 2014.

DE VOS, W.M.; DE VOS, E.A. Role of the intestinal microbiome in health and disease: From correlation to causation. **Nutrition Reviews**. v. 70, p.45–56, 2012.

DIEZ-GUTIÉRREZ, L., VICENTE, L. S., BARRÓN, L. J., VILLARÁN, M. C. & CHÁVARRI, M. Gamma-aminobutyric acid and probiotics: Multiple health benefits and their future in the global functional food and nutraceuticals market. **Journal of Functional Foods**, 64, 103-669, 2020.

DINAN, T.G.; STANTON, C.; CRYON, J.F. Psychobiotics a novel class of psychotropic. **Biological Psychiatry**. v. 74, p. 720-726, 2013.

EJTAHED, H. S; NIA-MOHTADI, J.; HOMAYOUNI-RAD, A.; NIAFAR, M.; ASGHARI-JAFARABADI, M.; MOFID, V.; AKBARIAN-MOGHARI, A. Effect of probiotic yogurt containing *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium lactis* on lipid profile in individuals with type 2 diabetes mellitus. **Journal of dairy science**, v. 94, p. 3288-3294, 2011.

EMBRAPA. **Leite de cabra funcional oferece vantagens adicionais para a saúde**. 2014. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/buscade-noticias/-/noticia/1982494/leite-de-cabra-funcional-oferece-vantagens-adicionais-para-asaude>> Acesso em: 05 maio, 2019.

EMBRAPA. **A cultura do abacaxi**. 2021. Disponível em: < Abacaxi - Portal Embrapa> Acesso em 07 junho, 2021.

ESPÍRITO, A. P.; LAGAZZO, A.; SOUSA, A. L. O. P.; PEREGO, P.; CONVERTI, A.; OLIVEIRA, M. N. Rheology, spontaneous whey separation, microstructure and sensorial characteristics of probiotic yoghurts enriched with passion fruit fiber. **Food Research International**, 50(1), 224–231, 2013.

FAO/WHO. **Evaluation of health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria**. Córdoba, 1991. Disponível em:<<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/meeting/009/y6398e.pdf>>. Acesso em: 15 maio. 2018. [Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation].

FARIA, E. V.; YOTSUYANAGI, K. **Técnicas de Análise Sensorial**. Campinas: ITAL/LAFISE, p. 116, 2002.

FAZILAH, N.F.; ARIFF, A.B.; KHAYAT, M.E.; RIOS-SOLIS, L.; HALIM, M. Influence of probiotics, prebiotics, synbiotics and bioactive phytochemicals on the formulation of functional yogurt. **Journal of Functional Foods**. v. 48, p. 387-399, 2018.

FENG, C., WANG, B., ZHAO, A., WEI, L., SHAO, Y., WANG, Y., ... ZHANG, F. Quality characteristics and antioxidant activities of goat milk yogurt with added jujube pulp. **Food Chemistry**, 277, 238–245, 2019.

FOLCH, J. LESS, M.; STANLEY, S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **Journal of Biological Chemistry**, v. 226, p. 497–509, 1957.

FUJIMURA, K.; SLUSHER, N.; CABANA, M.; LYNCH, S. Role of the gut microbiota in defining human health. **Expert Review of Anti-infective Therapy**, v.8, p. 435-454, 2010.

FURTADO, R.N.; CARNEIRO, M.S.S.; PEREIRA, E.S.; MOREIRA FILHO, E.C.; MAGALHÃES, J.A.; OLIVEIRA, S.M.P. Intake, milk yield, and physiological parameters of lactating cows fed on diets containing different quantities of xiquexique (*Pilosocereus gounellei*). *Seminário de Ciências Agrárias*. v. 37, p. 483–494, 2016.

FURTADO, R.N.; FILHO, E.C.M.; CARNEIRO, M.S.S.; PEREIRA, E.S.; ROGÉRIO, M.C.P.; PINTO, A.P. *Pilosocereus gounelli* in the water supply finishing sheep in regions of climatic vulnerability. **Small Ruminant Research**. v. 173, p. 88-93, 2019.

GIROLAMO, F., COPPOLA, C.; RIBATTI, D. Immunoregulatory effect of mast cells influenced by microbes in neurodegenerative diseases. **Brain, Behavior, and Immunity**. v. 65, p. 68–89, 2017.

GONÇALVES, A.S.M., PEIXE, R.G., SATO, A., MUZITANO, M.F., DE SOUZA, R.O.M.A., BARROS MACHADO, T., AMARAL, A.C.F., MOURA, M.R.L., SIMAS, N.K., LEAL, I.C.R. *Pilosocereus arrabidae* (Byles & Rowley) of the Grumari Sandbank, RJ, Brazil: physical, chemical characterizations and antioxidant activities correlated to detection of flavonoids. **Food Research International**. v. 70, p. 110–117, 2015.

KHALID, N.; SULERIA, H. A. R.; AHMED, I. Pineapple Juice. In F. Shahidi & C. Alasalvar (Eds.), **Handbook of Functional Beverages and Human Health**, 1^a. Ed., p. 489–500, 2016.

GOMES, A.; BUENO, A.; DE SOUZA, R.; MOTA, J. Gut microbiota, probiotics and diabetes. **Nutrition Journal**, v. 13, p. 60, 2014.

GOUDARZI, L.; KERMANSHAHU, R.K.; MOOSAVI-NEJAD, Z.; DALLA, M.M.S. Evaluation of antimicrobial activity of probiotic *Lactobacillus strains* against growth and urease activity of proteus spp. **Journal of medical Bacteriology**. v. 6, p. 31-43, 2017.

GUINANE, C.M.; COTTER, P.D. Role of the gut microbiota in health and chronic gastrointestinal disease: understanding a hidden metabolic organ. **Therapeutic Advances in Gastroenterology**. v.6, p. 295–308, 2013.

HAENLEIN, G. F. W.; ANKE, M. Mineral and trace element research in goats: A review. **Small Ruminant Research**, v. 95, p. 2–19, 2011.

HAGEN, S. R.; FROST, B.; AUGUSTIN, J. Pre column phenylisothiocyanate derivatization and liquid chromatography of amino acids in food. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, v. 72, n. 6, p. 912-916, 1989.

HANDA, S.; SHARMA, N. *In vitro* study of probiotic properties of *Lactobacillus plantarum* F22 isolated from chhang – a traditional fermented beverage of Himachal Pradesh, India. **Journal of Genetic Engineering and Biotechnology**. v.14, p. 91-97, 2016.

HARTE, F.; LUEDECKE, L.; SWANSON, B.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. Low fat set yogurt made from milk subjected to combinations of high hydrostatic pressure and thermal processing. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 1074-1082, 2003.

HART, R. J.; FRY, J.C. An evaluation of the Waters Pico-Tag system for the amino-acid analysis of food materials. **Journal of Automatic Chemistry of Clinical Laboratory Automation**, v. 8, p. 170-177, 1986.

HARTMAN, L.; LAGO, R. C. A. Rapid preparation of fatty acids methyl esters. **Laboratory Practice**, v. 22, p. 475-476, 1973.

HASSAN, A. N.; FRANK, J. F.; SCHMIDT, K. A.; SHALABI, S. I. Textural proprieties of yogurt made with encapsulated nonropy lactic cultures. **Journal of Dairy Science**, v. 79, p. 2098-2103, 1996.

HODGKINSON, A.J.; WALLACE, O. A.M.; BOGGS, I.; BROADHURST, M.; PROSSER, C.G. Gastric digestion of cow and goat milk: Impact of infant and young child *in vitro* digestion conditions. **Food Chemistry**, v. 245, p. 275-281, 2018.

HOSSAIN, M. A.; RAHMAN, S. M. M. Total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of tropical fruit pineapple. **Food Research International**, 44(3), 672–676, 2011.

HOSSAIN, M. F. World pineapple production: An overview. **African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development**, 16(4), 11443–11456, 2016.

KELLOW, N.J.; COUGHLAN, M.T.; REID, C.M. Metabolic benefits of dietary prebiotics in human subjects: A systematic review of randomised controlled trials. **British Journal of Nutrition**, v.111, p. 1147-1161, 2014.

KINUPP V. F.; LORENZI, H. **Plantas alimentícias não convencionais (PANC) no Brasil: Guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas**. 4 ed. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2014.

KNIGHTS, M.; GARCIA, G. The status and characteristics of the goat (*Capra hircus*) and its potencial role as significant milk producer in the tropics: a review. **Small Ruminant Research**, v. 26, p. 203-215, 1997.

IQBAL, M.Z.; QADIR, M.I.; HUSSAIN, T.; JANBAZ, K.H.; KHAN, Y.H.; AHMAD, B. Probiotics and their beneficial effects against various diseases. **Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences**, v.27, 2014.

INFANTE, J.; ROSALEN, P. L.; LAZARINI, J. G.; FRANCHIN, M.; ALENCAR, S. M. Dietary polyphenols, oxidative stress and antioxidant and anti-inflammatory effects Antioxidant and anti-inflammatory activities of unexplored brazilian native fruits. **PlosOne**, v. 11, p. 1–13, 2016.

KAKUTA, K., BABA, M., ITO, S., KINOSHITA, K., KOYAMA, K., TAKAHASHI, K. New triterpenoid saponins from cacti and anti-type I allergy activity of saponins from cactus. **Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters**, v.22, p. 4793–480, 2012.

LAVANDA, I.; SAAD, S. M. I.; LOBO, A. R.; COLLI, C. Prebióticos y su efecto em la biod sponibilidad del cálcio. **Revista de Nutrição**, v. 24, n. 2, p. 333-344, 2011.

- LASEKAN, O.; HUSSEIN, F. K. Classification of different pineapple varieties grown in Malaysia based on volatile fingerprinting and sensory analysis. **Chemistry Central Journal**, 12(1), 1–12, 2018.
- LIU, M.; LI, X. Q.; WEBER, C.; LEE, C. Y.; BROWN, J.; LIU, R. H. Antioxidant and antiproliferative activities of raspberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 2926–2930, 2002.
- LOBO, M. G.; YAHIA, E. Biology and postharvest physiology of pineapple. In **Handbook of Pineapple Technology: Postharvest Science, Processing and Nutrition**, p. 39–61), 2016.
- LONDON, L.E.E.; CHAURIN, V.; AUTY, M.A.E.; FENELON, M.A.; FITZGERALD, G.F.; ROSS, R.P.; STANTON, P. Use of *Lactobacillus mucosae* DPC 6426, an exopolysaccharide-producing strain positively influences the techno-functional properties of yoghurt. **International Dairy Journal**, v. 40, p. 33–38, 2015.
- LOWRY, O. H.; ROSEBROUGH, N. J.; FARR, A. L.; RANDALL, R. J. Protein measurement with the folin phenol reagent. **Journal Biological Chemistry**, v. 193, p. 265–275, 1951.
- LOZUPONE, C.A.; STOMBAUGH, J.I.; GORDON, J.I.; JANSSON, J.K.; KNIGHT, R. Diversity, stability and resilience of the human gut microbiota. **Nature**, v. 489, p. 220–230, 2012.
- LUCENA, C.M.; COSTA, G.M.; SOUSA, R.F.; CARVALHO, T.K.N.; MARREIRO, N.A.; ALVES, C.A.B.; PEREIRA, D.D.; LUCENA, R.F.P. Conhecimento local sobre cactáceas em comunidades rurais na mesorregião do sertão da Paraíba (Nordeste, Brasil). **Biotemas**, v. 25, p. 281–291, 2012.
- LUCENA, C. M.; LUCENA, R. F. P.; COSTA, G. M.; CARVALHO, T. K. N.; COSTA, G. G. S.; ALVES, R. R. N.; PEREIRA, D. D.; RIBEIRO, J. E. S.; ALVES, C. A. B.; QUIRINO, Z. G. M.; NUNES, E. N. Use and knowledge of Cactaceae in Northeastern Brazil. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 9, p. 1–11, 2013.
- MADUREIRA, R.A.; AMORIM, M.; GOMES, A.M.; PINTADO, M.E.; XAVIER MALCATA, F. Protective effect of whey cheese matrix on probiotic strains exposed to simulated gastrointestinal conditions. **Food Research International**, v.44, n.1, p.465–470, 2011.
- MANEESH, D.; HIGGINS, P.D.; MIDDHA, S.; RIOUX, K.P. The human gut microbiome: Current knowledge, challenges, and future directions. **Translational Research**, v. 160, p. 246–257, 2012.
- MANN, E.; SCHMITZ-ESSER, S.; ZEBELI, Q.; WAGNER, M.; RITZMANN, M.; METZLER-ZEBELI, B.U. Mucosa-associated bacterial microbiome of the gastrointestinal tract of weaned pigs and dynamics linked to dietary calcium-phosphorus, **PLoS One**, v. 9, p. 86–95, 2014.

MEILGAARD, M.; CARR, B. T.; CIVILLE, G. V. Sensory evaluation techniques. 4. ed. Boca Raton: CRC Press, 2007.

MING, L. C.; HALIM, M.; RAHIM, R. A.; WAN, H. Y.; ARIFF, A. B. Strategies in fedbatch cultivation on the production performance of *Lactobacillus salivarius* I 24 viable cells. **Food Science and Biotechnology**, v. 25, p. 1393–1398, 2016.

MORAES, G.M.D.; SANTOS, K.M.O.; BARCELOS, S.C.; LOPES, S.A.; EGITO, A.S. Potentially probiotic goat cheese produced with autochthonous adjunct culture of *Lactobacillus mucosae*: Microbiological, physicochemical and sensory attributes. **LWT - Food Science and Technology**, v.54 p. 57-63, 2018.

MORENO-INDIAS, I.; CARDONA, F.; TINAHONES, F.; QUEIPO-ORTUÑO, M. Impact of the gut microbiota on the development of obesity and type 2 diabetes mellitus. **Frontiers in microbiology**, v.5, p. 190, 2014.

MUDIM, S. A. P. **Elaboração de Iogurte Funcional com Leite de Cabra, saborizado com frutos do cerrado e suplementado com inulina**. 2008. 133 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2008.

MUNEKATA, P. E. S., PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A., PATEIRO, M., VIUDA-MATOS, M., FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J., & LORENZO, J. M. Satiety from healthier and functional foods. **Trends in Food Science & Technology**, 113, 397 – 410, 2021.

NEFZAOU, A.; LOUHAICHI, M.; BEN SALEM, H. Cactus as a tool to mitigate drought and to combat desertification. **Journal of Arid Land**, v. 24, p. 121–124, 2014.

NG, O. X.; PETERS, C.; XIANHO, C. Y.; YUTONGLIM, D.; WEE-SONGYEO. A meta-analysis of the use of probiotics to alleviate depressive symptoms. **Journal of Affective Disorders**, v. 228, p. 13-19, 2018.

NGUYEN, H.; WISMER, W. V. A comparison of sensory attribute profiles and liking between regular and sodium-reduced food products. **Food Research International**, 123, 631-641, 2019.

NYANZI, R.; JOOSTE, P. J.; BAYS, E. M. Invited review: Probiotic yogurt quality criteria, regulatory framework, clinical evidence, and analytical aspects. **Journal of Dairy Science**. v. 104, n. 1, 2020.

NILSSON, A.; JOHANSSON-BOLL, E.; SANDBERG, J.; BJORK, I. Gut microbiota mediated benefits of barley kernel products on metabolism, gut hormones, and inflammatory markers as affected by co-ingestion of commercially available probiotics: a randomized controlled study in healthy subjects. **Clinical Nutrition ESPN**. v. 15, p.49-56, 2016.

OGASAWARA, H.; MIZUTANI, K.; OHBUCHI, T.; NAKAMURA, T.; Acoustical experiment of yogurt fermentation process. **Ultrasonics**, v. 44, p. 727-730, 2006.

OLIVEIRA, M. E. G., GARCIA, E. F., OLIVEIRA, C. E. V., GOMES A. M. P., PINTADO, M. M. E., MADUREIRA, A. R. M. F.; CONCEIÇÃO, M.L.; QUEIROGA, R.C.R.E.;

SOUZA, E. L. Addition of probiotic bacteria in a semi-hard goat cheese (coalho): Survival to simulated gastrointestinal conditions and inhibitory effect against pathogenic bacteria. **Food Research International**, v.64, p.241-247, 2014.

OLIVEIRA, J. S.; DE OLIVEIRA, C. A. Elaboração e caracterização de massa fresca enriquecida com farinha da cactácea xique-xique (*Pilosocereus gounellei*). **Jornada de Iniciação Científica e Extensão**, 14, 96, 2019.

O'TOOLE, P.W. Changes in the intestinal microbiota from adulthood through to old age. **Clinical Microbiology and Infection**, v.18, p. 44–46, 2012.

OTHMAN, M.; ARIFF, A.B.; RIOS-SOLIS, L.; HALIM, M. Extractive fermentation of lactic acid in lactic acid bacteria cultivation: A review. **Frontiers in Microbiology**. v. 8, p. 2285, 2017.

PAULA, A.T. *Leuconostoc mesenteroids* SJRP55: a potential probiotic strain isolated from Brazilian water buffalo mozzarella cheese. *Annals of microbiology*, v. 65, p. 889-910, 2015.

PAN, LI-HUA., LIU, F., LUO, SHUI-ZHONG., & LUO, JIAN-PING. Pomegranate juice powder as sugar replacer enhanced quality and function of set yogurts: Structure, rheological property, antioxidant activity and in vitro bioaccessibility. **LWT - Food Science and Technology**, v. 115, 108479, 2019.

PRASANNA, P.H.P.; GRANDISON, A. S.; CHARALAMPOPOULOS, D. *Bifidobacteria* in milk products: An overview of physiological and biochemical properties, exopolysaccharide production, selection criteria of milk products and health benefits. **Food Research International**, v. 55, p. 247–262, 2014.

POSSA, G.; CASTRO, A.; MARCHIONI, M.L.; FISBERG, R. M.; FISBERG, M. Probability and amounts of yogurt intake are differently affected by sociodemographic, economic, and lifestyle factors in adults and the elderly—results from a population-based study. **Nutrition Research**, v. 35, p. 700-706, 2015.

PFEILER, E. A.; KLAENHAMMER, T. R. **A genômica das bactérias do ácido láctico**. *Tendências Microbiológicas*. v. 15, p. 546-553, 2007.

PROVEDA, J. M.; CHICÓN, R.; CABEZAS, L. Biogenic amine content and proteolysis in Manchego cheese manufactured with *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* as adjunct and other autochthonous strains as starts. **International Dairy Journal**, v. 47, p. 94-101, 2015.

QUIGLEY, E.M. Microbiota-brain-gut axis and neurodegenerative diseases. **Current Neurology and Neuroscience Reports**, v. 17, p. 94, 2017.

QUEIROGA, R. C. R. E.; SANTOS, B. M.; GOMES, A. M. P.; MONTEIRO, M. J.; TEIXEIRA, S. M.; SOUZA, E. L.; PEREIRA, C. J. D.; PINTADO, M. M. E. Nutritional, textural and sensory properties of coalho cheese made of goats' milk and their mixture. **LWT – Food Science and Technology**, v. 50, p. 538-544, 2013.

REINHARDT, D. H. R. C. Acultura do abacaxizeiro: tradição e inovação. **Repositório BDPA**, v. 3. p. 80 – 96, 2019.

RIBEIRO, E.M.S.; MEIADO, M.V.; LEAL, I.R. The role of clonal and sexual spread in cacti species dominance at the Brazilian Caatinga. **Gaia**, v. 9, p. 27–33, 2015.

RIBEIRO, T. S.; SAMPAIO, K. B.; MENEZES, F. N. D. D.; DE ASSIS, P. O. A.; DOS SANTOS LIMA, M.; DE OLIVEIRA, M. E. G.; EGYPTO, R. D. C. R. In vitro evaluation of potential prebiotic effects of a freeze-dried juice from *Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum. Bly. Ex Rowl) cladodes, an unconventional edible plant from Caatinga biome. **3 Biotech**, 10, 1-9, 2020.

ROCKENBACH, I. I.; RODRIGUES, E.; GONZAGA, L. V.; CALIARI, V.; GENOVESE, M. I.; GONÇALVES, A. E. S. S.; FETT, R. Phenolic compounds content and antioxidant activity in pomace from selected red grapes (*vitis vinifera* L. and *vitis labrusca* L.) widely produced in Brazil. **Food Chemistry**, v. 127, p. 174-179, 2011.

RODRIGUEZ, V. A.; CRAVERO, B. F.; ALONSO, A. Proceso de elaboración de yogur deslactosado de leche de cabra. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28 (Supl.), p. 109115, 2008.

SAARELA, M. H. Probiotic Functional Foods. **Functional Foods**, v. 2, p. 425-448, 2011.

SARIBURUN, E.; SAHIN, S.; DEMIR, C.; TURKBEN, C.; UYLASER, V. Phenolic content and antioxidant activity of raspberry cultivars. **Journal of Food Science**, v. 75, p. 328-335, 2010.

SARKAR, S.R.; BANERJEE, S. Gut microbiota in neurodegenerative disorders. **Journal of Neuroimmunology**, v.328, p. 98-104, 2019.

SAS Institute. **SAS User's Guide: Statistics**; Version 8.0. SAS Institute, Cary, NC, USA. 1999.

SCHMIDT THOMAS, S. B.; RAES, J.; BORK, P. The Human Gut Microbiome: From Association to Modulation. **CELL**, v. 172, p. 1198–1215, 2018.

SFAKIANAKIS, P.; TZIA, C. Conventional and innovative processing of milk for yogurt manufacture; development of texture and flavor: A review. **Foods**, v.3, p. 176–193, 2014.

SIGMASTAT (programa de computador). Versão 3.5. Point Richmond (Califórnia): Comercial; 2006.

SILVA, F. A.; OLIVEIRA, M. E. G.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; SAMPAIO, K. B.; SOUZA, E. L.; OLIVEIRA, C. E. V.; QUEIROGA, R. C. R. E. (2017). The effect of Isabel grape addition on the physicochemical, microbiological and sensory characteristics of probiotic goat milk yogurt. **Food Function**, 8, 2121

SILVA, P. D. L.; BEZERRA, M. F.; SANTOS, K. M. O.; CORREIA. Potentially probiotic ice cream from goat's milk: Characterization and cell viability during processing, storage and

simulated gastrointestinal Conditions. **LWT - Food Science and Technology**, v. 62, p. 452-457, 2015.

SOUSA, G.A.; OLIVEIRA, I.S.; SILVA-FREITAS, F.V.; VIANA, A.F.S.C.; NETO, B.P.S.; CUNHA, F.V.M.; GONÇALVES, L.R.G.; FILHO, A.C.M.L.; AMARAL, M.P.M.; OLIVEIRA, R.C.M.; FERNANDES, P.D.; MACIEL, J.K.S.; SILVA, T.M.S.; SOUZA, M.F.V.; OLIVEIRA, F.A. Gastroprotective effect of ethanol extratcts of cladodes and roots of *Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. Ex Rowl (Cactaceae) on experimental ulcer models. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 218, p. 100-108, 2018.

SOUSA, M. S. B.; VIEIRA, L. M. Total phenolics and in vitro antioxidant capacity of tropical fruit pulp wastes. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 14, p. 202-210, 2011.

SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, L.; CANO-LAMADRID, M.; CARBONELL-BARRACHINA, A. A.; SENDRA, E.; HERNÁNDEZ, F. Volatile composition, sensory profile and consumer acceptability of hydrosustainable table olives. **Foods**, v. 8, p. 470, 2019.

STATISTA. Leading countries in pineapple production worldwide in 2017. 2020. Disponível em <[https:// www.statista.com/statistics/298517/global-pineapple-production-by-leadingcountries/](https://www.statista.com/statistics/298517/global-pineapple-production-by-leadingcountries/)> Acesso em 03 de Março de 2020.

STEELE, J.; BROADBENT, J.; KOK, J. Perspectives on the contribution of lactic acid bacteria to cheese flavor development. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 24, p. 135-141, 2013.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 2. ed. New York-USA: Academic Press, p. 338, 1993.

TADESSE, S. A. T., & EMIRE, S. A. Production and processing of antioxidant bioactive peptides: a driving force for the functional food market. **Heliyon**, v. 6, 2020.

TONUCCI, L.B.; K.O. SANTOS, FERREIRA, C.L.L.F. Clinical application of probiotics in diabetes mellitus: Therapeutics and new perspectives. **Critical Reviews Food Science Nutrition**, v.57, p. 1-10, 2015.

TOSCANO, M.; GRANDI, R.D.; MINIELLO, V.L.; MATTINA, R.; DRAGO, L. Ability of *Lactobacillus kefir* LKF01 (DSM32079) to colonize the intestinal environment and modify the gut microbiota composition of healthy individuals. **Digestive and Liver Disease**, v. 49, p. 261-267, 2017.

TILG, H.; MOSCHEN, A. Microbiota and diabetes: an evolving relationship. **Gut**, v. 63, p. 1513-1521, 2014.

MACHADO, T. A. D. G.; PACHECO, M. T. B.; QUEIROGA, R. C. R. E.; CAVALCANTE, L. M.; BEZERRIL, F. F.; ORMENESE, R. C. S. C.; GARCIA, A. O.; NABESHIMA, E. H.; PINTADO, M. M. E.; OLIVEIRA, M. E. G. Nutritional, physicochemical and sensorial acceptance of functional cookies enriched with xiquexique (*Pilosocereus gounellei*). **PLoS ONE**, 16, e0255287, 2021.

UDAYAPPAN, S.; HARTSTRA, A.; DALLINGA-THIE, G.; NIEUWDORP, M. Intestinal microbiota and faecal transplantation as treatment modality for insulin resistance and type 2 diabetes mellitus. **Clinical & Experimental Immunology**, v. 177, p. 24-29, 2014.

VALERIANO, V.D.; BALOLONG, M.P.; KANG, D.K. Probiotic roles of *Lactobacillus* spp. in swine: insights from gut microbiota. **Journal Appl. Microbiology**, v. 122 p. 554–567, 2017.

VALERIANO, V.D.; OH, J.K.; BAGON, B.B.; KIM, H.; KANG, D. Comparative genomic analysis of *Lactobacillus mucosae* LM1 identifies potential niche-specific genes and pathways for gastrointestinal adaptation. **Genomics**, v.111 p.24-33, 2019.

VARGAS, M.; CHÁFER, M.; ALBORS, A.; CHIRALT, A.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C. Physicochemical and sensory characteristics of yogurt produced from mixtures of cows' and goats' milk. **International Dairy Journal**, v. 18, p. 1146-1152, 2008.

VENKATAKRISHNAN, K.; CHIU, H.F.; WANG, C.K. Popular functional foods and herbs for the management of type-2-diabetes mellitus: A comprehensive review with special reference to clinical trials and its proposed mechanism. **Journal of Functional Foods**, v.57, p. 425-438, 2019.

VERRUCKA, S.; DANTAS, A.; PRUDENCIO, E.S. Functionality of the components from goat's milk, recent advances for functional dairy products development and its implications on human health. **Journal of Functional Foods**, v. 52, p. 243-247, 2019.

WALTERS, J. Ecological role of lactobacilli in the gastrointestinal tract: implications for fundamental and biomedical research, **Appl. Environment Microbiology**, v.74 p. 4985–4996, 2008.

WANG, X., KRISTO, E., & LAPOITE, G. Adding apple pomace as a functional ingredient in stirred-type yogurt and yogurt drinks. **Food Hydrocolloids**, 100, 105453, 2020.

WANG, Z.J.; CHEN, X.F.; ZHANG, Z.X.; CHENLI, Y.; DENG, J.; JINGTU.; ZHI-QIANGSONG.; QING-HUAGZOU. Effects of anti-*Helicobacter pylori* concomitant therapy and probiotic supplementation on the throat and gut microbiota in humans. **Microbial Pathogenesis**, v. 109, p. 156-161, 2017.

WERNECK, F. P.; LEITE, R.N.; GEURGAS, S.R.; RODRIGUES, M.T. Biogeographic history and cryptic diversity of saxicolous Tropicuridae lizards endemic to the semiarid Caatinga. **BMC Evolutionary Biology**, v. 15, p. 1–24, 2015.

WHITE, J. A.; HART, R. J.; FRY, J.C. An evaluation of the Waters Pico-Tag system for the amino-acid analysis of food materials. **Journal of Automatic Chemistry of Clinical Laboratory Automation**, v. 8, n. 4, p. 170-177, 1986.

YANGILAR, F. As a potentially functional food: Goats' milk and products. **Journal of Food and Nutrition Research**, v.1, p.68 –81, 2013.

YADAV, K., BAJAJ, R. K., MANDAL, S., SAHA, P., & MANN, B. Evaluation of total phenol content and antioxidant properties of encapsulated grape seed extract in yoghurt. **International Journal of Dairy Technology**, 71, 96–104, 2018.

XANTHOPOULOS, V.; IPSILANDIS, C. G.; TZANETAKIS, N. Use of a selected multistrain potential probiotic culture for the manufacture of set-type yogurt from caprine milk. **Small Ruminant Research**, v. 106 p. 145–153, 2012.

ZHANG, T.; JEONG, C. H.; CHENG, W. N.; BAE, H.; SEO, H. G.; PETRIELLO, M. C.; HAN, S. G. Moringa extract enhances the fermentative, textural, and bioactive properties of yogurt. **Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie- Food Science and Technology**, 101, 276–284, 2018.

ZHENG, J.; WITTOUCK, S.; SALVETTI, E.; FRANZ, C. M. A. P.; HARRIS, H. M. B.; MATTARELLI, P.; TOOLE, P. W. O.; POT, B.; VANDAMME, P.; WALTER, J.; WATANABE, K.; WUYTS, S.; FELIS, G. E.; GÄNZLE, M. G.; LEBEER, S. A taxonomic note on the genus *Lactobacillus*: Description of 23 novel genera, emended description of the genus *Lactobacillus beijerinck* 1901, and union of *Lactobacillaceae* and *Leuconostocaceae*. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**. 70:2782–2858, 2020.

ZHISHEN, J.; MENGCHENG, T.; JIANMING, W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals, **Food Chemistry**, v. 64, p. 555-559, 1999.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do presente estudo, dois artigos originais foram elaborados e submetidos à periódicos classificados com Qualis A1, na área de Ciência de Alimentos, com base na classificação de periódicos no quadriênio 2013 – 2016.

5.1 Artigo 1 – *Pilosocereus gounellei* (xique-xique) flour: improving the nutritional, bioactive, and technological properties of probiotic goat-milk yogurt – **LWT** (*Food Science and Technology*).

5.2 Artigo 2 – *Pilosocereus gounellei* (xique-xique) flour as a functional ingredient in the production of probiotic yogurt: evaluation of protective effect during simulated digestion, and of sensory properties – **LWT** (*Food Science and Technology*).

ARTIGO 1

***Pilosocereus gounellei* (xique-xique) flour: improving the nutritional, bioactive, and technological properties of probiotic goat-milk yogurt**

Running Title: Development of probiotic goat-milk yogurt added of xique-xique flour

Abstract

In this study, we evaluate the technological, nutritional, and bioactivity effect of adding differing xique-xique flour concentrations: 1.0% (XY1%) and 2.0% (XY2%), to goat-milk yogurt. The goat-milk yogurts (stored under refrigeration) also contained *Limosilactobacillus mucosae* CNPC007 (an autochthonous strain). The XY1% and XY2% treatments presented greater intensity in terms of color (yellow), and greater luminosity (L*) during storage than the control yogurt (CY), and through the 14th day of storage the XY1% and XY2% treatments presented greater viscosity values as well. A reduction in total sugar content and an increase in protein contents during storage also occurred, with greater lactic, propionic, and malic acid produced in the yogurts containing the xique-xique flour. After 28 days of storage, XY2% presented higher counts of *L. mucosae* CNPC007, with higher mineral, total phenolic compounds, and flavonoid contents, and with greater antioxidant activity (by FRAP). Xique-xique flour can be used to produce goat-milk yogurt without negatively affecting its technological characteristics and add both nutritional and functional value to the product.

Keywords: Cactaceae, *Limosilactobacillus mucosae*, rheology, mineral content, phenolic compounds.

1. Introduction

Both consumption and demand for functional foods has been increasing in the global marketplace. This is due to the various benefits to the health of consumers, yet also to technological advances (Alongi & Anese, 2021; Tadesse & Emire, 2020). The principal technique used to obtain functional food matrices is reformulation, and involves using new matrix inputs (Munekata et al., 2021). Worldwide, probiotic yogurt (a formulation that provides real benefits to the consumer) is among the most consumed functional dairy products, (Abdel-Hamid et al., 2020).

Insertion of microbial strains with probiotic potential into dairy derivatives, especially those of the *Lactobacillus* genus, brings benefits such as improved gastrointestinal tract function (Diez-Gutiérrez et al., 2020). The species *Limosilactobacillus mucosae* CNPC007 (isolated from goat-milk) has been studied for its *in vitro* functional properties and its potential for application in fermented dairy derivatives. As an example, *Limosilactobacillus mucosae* brings improvements to microbiological, physical-chemical, and sensory aspects of goat rennet cheese (Moraes et al., 2018).

With the aims of enriching the biological activity of dairy products, and expanding and encouraging consumption, various experimental protocols have been developed (Almusallam et al., 2021; Bezerril et al., 2021a). Goat-milk, contains many important nutrients, such as conjugated linoleic acid (CLA), medium chain fatty acids, and B complex vitamins (riboflavin, thiamine, and B12), and possesses great potential as a source for fermented dairy products (Nguyen, Afsarb & Day, 2018). However, due to its flavor, goat-milk yogurt is much less acceptable than cow's milk; this is attributed to its constitution: containing capric, caprylic, and caproic acids (Costa et al., 2017).

The addition of bioactive compounds in dairy derivatives, such as phenolics and dietary fibers, through inputs of fruits and plant extracts, can provide benefits to consumer health, and improve the technological (viscosity), and sensory aspects that affect both quality and

consumer choice (Yadav et al., 2018). As examples, moringa extract improves properties related to texture and bioactivity (Zhang et al., 2018), while jujube pulp and fruits (with aronia, strawberries, raspberries, and peach) helps to smooth the flavor of goat-milk and improve its antioxidant characteristics (Cusmenco & Bulgaru, 2020; Feng et al., 2019). In yogurt, jujube pulp and apple pomace also stimulates probiotic bacteria growth and improves rheological properties (Feng et al., 2019; Wang, Kristo, & LaPoite, 2020).

Xique-xique (*Pilosocereus gounellei*) is a cactus that has great potential as an additive. It is commonly located in dry climatic regions, such as Northeastern Brazil (Furtado et al., 2019). Studies point to its therapeutic effectiveness as a gastro-protective (Sousa et al., 2018) evaluated *in vivo* tests, reducing colitis in rats (Assis et al., 2019), among others. Applications using xique-xique in food products are scarce, yet emerging, and fully feasible (Toit, Wit, Osthoff, & Hugo, 2018).

Products such as xique-xique fruit juice (Assis et al., 2019; Ribeiro et al., 2020), its use in jelly processing (Bezerril et al., 2021a), cereal bars (Araújo, Reis, & Oliveira, 2019), and cookies (Machado et al., 2021), have all been satisfactory in terms of nutritional, physical-chemical, and sensorial parameters, signaling the birth of a new, economically viable product. There are no records of studies using xique-xique flour in dairy products, such as yogurt. In this study, we evaluated technological, nutritional, and bioactive properties, during refrigerated storage, upon adding different xique-xique flour concentrations to goat-milk yogurt already supplemented with *Limosilactobacillus mucosae* CNPC007 (an autochthonous Brazilian strain), and pineapple jelly.

2. Material and methods

2.1 Raw material and ingredients

The starter culture (YF-L903 - *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) was commercially acquired from the Christian Hansen® company (Valinhos, Minas Gerais, Brasil). The indigenous culture *Limosilactobacillus mucosae* CNPC007 was obtained from the "Collection of Microorganisms of Interest to the Food and Agroenergy Industry", at Embrapa Agroindustry Tropical (Fortaleza, Ceará, Brazil). Xique-xique cladodes (two 30 kg lots, May 2017) were obtained from a privately owned cultivation located in the municipality of Boa Vista, in the state of Paraíba, Brazil (latitude 7.16762352, longitude -36.1432815). The plant was identified by the Agricultural Sciences Center at the Federal University of Paraíba (CCA/UFPB), and the species certification (No. 17562) was deposited at the Herbário Prof. Jaime Coelho Morais (CCA/UFPB). The collection was authorized by the Brazilian Biodiversity Information System (No. 62681), and the National System for the Management of Genetic Heritage (SISGEN, No. AA17429). Pineapple and crystal sugar (União®, Limeira, São Paulo, Brazil) were obtained commercially.

2.2 Xique-xique flour processing

The xique-xique flour was prepared according to Machado et al. (2021), where xique-xique cladodes were carefully sanitized (soil removal and decontamination) with running water and sodium hypochlorite (100 ppm/15 min). The central stem was stripped, and the pulp and peel were removed. The central stems were then cut into 1 cm slices, which were autoclaved (121 ± 1 °C/20 min). Subsequently, the samples were cooled at room temperature, followed by drying in an air circulation oven (40 ± 1 °C) until reaching approximately 4% moisture content. After drying, the xique-xique was ground in a knife mill (Willey, Solab®, Piracicaba, São Paulo) and screened with a 100-mesh sieve on a sieve shaker. The flour was vacuum sealed in

sterile polyethylene bags at approximately 100 g per bag, rolled in aluminum foil, and frozen (-20 ± 1 °C) until use.

2.3 Jelly, inoculum, and yogurt preparation

To prepare a jelly, a pineapple pulp to sugar proportion of 70:30 (w/w) was used. The mixture was cooked for 45 min, with manual stirring until it reaching 62-65 °Brix, which was measured using a digital refractometer (Hanna® Brand, model HI 96801). The pineapple jelly was then transferred, still hot, to a previously sterilized glass container and stored at room temperature 27 ± 2 °C until used in processing the yogurts.

The final inoculum (FIn) of probiotic bacteria into the goat-milk was prepared in two stages. Inoculum 1 (In1) was prepared by diluting 0.1 g of lyophilized *L. mucosae* CNPC007 in 10 mL of reconstituted powdered goat-milk (Caprilat®, Nova Friburgo, Rio de Janeiro, Brazil) in sterile water, with incubated for 22 h (stationary phase) at 37 °C. Final Inoculum (FIn) was prepared using Inoculum 1 (In1) at a 50:50 proportion – 10 mL of In1:10 mL powdered milk already reconstituted in sterile water, and then incubated for 22 h at 37 °C, resulting in a final count of 7-8 log CFU/g. The counts were confirmed using serial dilutions of the inoculum with sterile peptone water at a concentration of 0.1 g/100 mL (Sigma-Aldrich, St. Louis, MA, USA); 10-μL of these dilutions were poured into MRS agar (Oxoid, Basigstoke, UK), and acidified to pH 5 (IDF, 1995) using the micro-drop technique. The plates were incubated aerobically at 37 °C for 48 h, and the results were expressed in log CFU/g.

The yogurts were processed with a methodology described by Silva et al. (2017). Three formulations were prepared: (CY) control yogurt (treatment without flour), (XY1%) yogurt supplemented with 1% xique-xique flour, and (XY2%) yogurt supplemented with 2% xique-xique flour. Pasteurized goat-milk was heat treated (90 °C/10 min), and cooled to 45 ± 1 °C, and *L. mucosae* CNPC007, with the starter cultures (*Streptococcus salivarius* subsp.

thermophilus and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, Christian Hansen[®], Valinhos, Brazil, 7-8 log CFU/g) were inoculated at respective concentrations of 0.1 and 0.4 g/L, and fermentation was performed at 45 °C for 4 h. The yogurt samples were then cooled to 5 ± 1 °C, the clot broken using a glass rod, and the pineapple jelly added in concentrations of 15 g/100 g to the yogurts; the xique-xique flour was then added to the yogurts in concentrations of 1% and 2%. The products were then placed in high density polyethylene bottles and stored under refrigeration (4 ± 1 °C) for 28 days. The yogurts were evaluated at 1, 14, and 28 days of storage.

2.4 Technological and physical-chemical characterization of the yogurts

The yogurts were evaluated using pH (Quimis model Q400as), color (colorimeter - Konica Minolta, model CR 400), titratable acidity (TA), total soluble solids (TSS), ash, protein, and lipids (AOAC, 2019). Viscosity was evaluated using a Brookfield viscometer model DV II+Pro coupled to a thermostatic bath to control the sample temperature, and analysis performed at a rotation speed of 40 rpm, and a temperature of 5 ± 1 °C, measured with a Spindle (SC4-27).

2.5 Sugar and acid organic profiles of the yogurts

Sugars (glucose, lactose, and galactose), and organic acids (citric, lactic, malic, and propionic) were determined as described by Ball et al. (2011). The data obtained were processed using OpenLAB CDS ChemStation Edition TM software (Agilent Technologies). Glucose and lactose standards were obtained from Sigma-Aldrich; galactose was obtained from Chem Service (West Chester, USA); organic acid standards were obtained from Vetec Química Fina (Rio de Janeiro, Brazil), and all presented purity of $\geq 99\%$. Ultrapure water was obtained using a MilliQ[®] system (EMD Millipore), and sulfuric acid was obtained from Merck (Darmstadt, Germany)

2.6 The total phenolic and total flavonoid contents of the yogurts

For extract preparation, 2 g of each yogurt was homogenized with 80% methanol (Sigma-Aldrich) for 10 min in a mini-Turrax apparatus (Tecnal, Piracicaba, São Paulo, Brazil), kept resting for 24 h, and then filtered with a 125 mm-filter paper (Whatman®, GE Healthcare, Chicago, IL, USA). Total phenolic content was measured using the Folin-Ciocalteu method (Liu et al., 2002), and absorbance was measured at 765 nm with a spectrophotometer (BEL Photonics, Piracicaba, São Paulo, Brazil). The final phenolic content was determined using a standard curve prepared with gallic acid (Sigma-Aldrich). Results were expressed as mg equivalent of gallic acid (EGA) per 100 g of sample (mg EGA/100 g).

Total flavonoid content was measured using the procedure described by (Guevara-Figueroa et al., 2010). Sample absorbance was measured at 510 nm with a spectrophotometer (BEL Photonics) against a blank (without extract). Total flavonoid content was determined using standard catechin curve (Sigma-Aldrich) equivalents (CE). Results were expressed as mg catechin equivalents (CE) per 100 g of sample (mg CE/100 g).

2.7 Phenolic profiles and antioxidant activity of the yogurts

To prepare the extract, 5 g of each yogurt was homogenized with 5 mL of 80% methanol (Sigma-Aldrich), centrifuged ($9000 \times g$, 15 min, 4 °C) and filtered with a 0.45 µm-filter (Millex Millipore, Barueri, SP, Brazil). Identification of the phenolic compounds was performed following Padilha et al. (2018), with gradient and runtime adaptations for quantification of stilbenes, flavonols, and flavanones. Analysis was performed using an Agilent 1260 Infinity LC System liquid chromatograph (Agilent Technologies, Santa Clara - USA) coupled to a diode array detection (DAD) system (model G1315D). The column used was a Zorbax Eclipse Plus RP-C18 (100 × 4.6 mm, 3.5 µm) and a Zorbax C18 pre-column (12.6 × 4.6 mm, 5 µm).

(Zorbax, USA). The data were processed using the OpenLAB CDS ChemStation Edition software (Agilent Technologies, Santa Clara - USA), and identification and quantification was performed through comparison with external standards (Sigma-Aldrich). The results were expressed as mg of phenolic per 100 g of sample (mg/100 g).

For analysis of antioxidant activity, initially, 2 g of each yogurt was homogenized with 10 mL of 80% methanol (Sigma-Aldrich), for 10 min with a mini-Turrax apparatus (Tecnal), and left to rest for 24 h, and then filtered with a 125 mm-filter (Whatman[®]). The ability of extracts to reduce iron was measured using the FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) method as previously described (Rockenbach et al., 2011). The ability of the extracts to capture the ABTS^{•+} cation (2,2-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline)-6-sulfonic acid) was measured with using the ABTS method as previously described (Sariburun, Sahin, Demir, Turkben, & Uylaser, 2010). Results of FRAP and ABTS methods were expressed, respectively, in micromoles of Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) per 100 g and per g of sample ($\mu\text{mol TEAC}/100\text{ g}$ and $\mu\text{mol TEAC}/\text{g}$).

2.8 Microbiological analysis

E. coli count quality control tests, total mold and yeast counts in CFU/g, as well as detection of absence of *Salmonella* spp./25 g (APHA, 2001) were performed. Lactic bacteria viability tests included *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* (APHA, 2001), *Limosilactobacillus mucosae* CNPC007 (London et al., 2015), and *Lactobacillus* subsp. *bulgaricus* counts (Lima et al., 2009).

2.9 Statistical analysis

All experiments were performed in triplicate and all data are presented as means $\pm$ standard deviation. Data were submitted to the Student's *t*-test or to analysis of variance (ANOVA) followed by Tukey's test using $p < 0.05$ in *Sigma-Stat* software, version 3.5 (Jandel Scientific Software, San Jose, California) (Sigmastat, 2006). Multivariate analysis was performed using the *prinqual* procedure in the Statistical Analysis System (SAS[®] Institute Inc., 2012) software.

3. Results and discussion

3.1 Technological and physicochemical characteristics of the yogurts

Table 1 presents color parameters and physicochemical characteristic of the probiotic yogurts during storage. The visual aspect of color is one of the most significant parameters present in all food products, including fermented milk, and can be affected by spoilage, addition of ingredients, and shelf life (Pan et al., 2019). In this study, we observed the influence of both storage time and addition of xique-xique flour on most of the evaluated instrumental color parameters ($p < 0.05$). An increase in luminosity (L^*) during refrigerated storage for the yogurts supplemented with xique-xique flour ($p < 0.05$) was noted. Up to 14 days of storage, it was seen that increased concentrations of xique-xique flour contributed to L^* reductions ($p < 0.05$), which can be explained by the yellow-green hue of xique-xique flour.

Luminosity can be attributed to compaction of the solid matrix, due to the growth of soluble complexes that reduce the gel's opacity during shelf life (Trigueros et al., 2014). This did not occur for either XY1% or XY2%, as they displayed increased luminosity after 28 days of storage. For lighter-colored products (such as dairy products) this behavior is interesting, and luminosity is an important parameter (Pan et al., 2019) if artificial and/or natural dyes are not added.

As for the instrumental colors a^* [chromaticity green (-)/red (+)], and b^* [chromaticity blue (-)/yellow (+)], we observed that as the xique-xique flour concentration increased in the formulation, the green-yellow hue predominated ($p < 0.05$), corroborating the luminosity data, and likely due to the influence of the yellowish green color of the xique-xique flour. Similar results have also been observed by Bezerril et al. (2021a), studying yogurts supplemented with xique-xique jelly, and by Machado et al. (2021), in cookies prepared with differing xique-xique flour concentrations (*Pilosocereu gounellei*).

Neither addition of xique-xique flour, nor storage time influenced the pH and titratable acidity parameters ($p \geq 0.05$). The formulations were only slightly acidic. From the point of view of sensory acceptance by consumers, who prefer low acidity yogurts (Costa et al., 2017), low acidity is thus feasible.

Increasing the concentration of xique-xique flour in the yogurts directly influenced the total soluble solids, ash (minerals), and protein parameters ($p < 0.05$). XY2% presented higher values for these variables in most of the evaluated times ($p < 0.05$). Machado et al. (2021), studying cookies made with different xique-xique flour concentrations, also observed and associated protein and mineral increases with greater xique-xique flour concentrations.

In general, the xique-xique flour did not affect fat content for most of the evaluated times ($p \geq 0.05$). The data corroborate the fact that the central stem of matrix (*Pilosocereu gounellei*) presents very low-fat values (0.77 ± 0.04 g/100 g) (Bezerril et al., 2021b), and does not significantly impact lipid content in yogurts. For the food processing industry, lower fat content is an important alternative aspect of food matrices, and from a nutritional and technological point of view as well, since lipid oxidation is a principal problem (affecting shelf life) in production of dairy products such as yogurt (Sartori et al., 2018). In the yogurts supplemented with xique-xique flour, the data revealed both nutritional and technological

improvements, and demonstrated its potential applicability in the dairy industry, especially in fermented milk.

3.2 Yogurt viscosity

Figure 1 shows that up to the 14th day of refrigerated storage, a reduction in the CY viscosity (from 481.2 to 409.4 mPa.s), and from 734.4 to 625 mPa.s in XY1% occurred, yet XY2% presented an increase ($p < 0.05$) of from 459.4 to 625 mPa.s, potentially demonstrating an effect of xique-xique flour on this technological parameter. Similar results have been observed in yogurts supplemented with grape pomace (Dermikol & Tarakci, 2018), and also with phycocyanin (Mohammadi-Gouraii et al., 2019). The phenolic compounds and polysaccharides in xique-xique flour affect the protein networks within yogurt and can lead to rearrangements that increase the viscosity of the product during storage (Almusallam et al., 2021). The xique-xique flour used in this study presents about 16.59 g/100 of total fiber (Machado et al., 2021) and according to Table 3, the yogurt supplemented with the highest xique-xique flour concentration (XY2%) presented higher total phenolic contents at time 1 (9.68 mg GAE/100 g) and 14 days of storage (7.88 mg GAE/100 g). This may have influenced the stability of the three-dimensional protein networks, increasing viscosity during the first 14 days of storage.

However, from the 14th day onward (to the end of storage), there was a considerable reduction in viscosity for both XY1% (from 625 to 387.5 mPa.s) and XY2% (from 625 to 390.6 mPa.s). This can be attributed to lower yogurt protein network sustainability, which affects with viscosity. Reductions in total phenolics in the formulations throughout the 28 days of storage (Table 3) may also have affected yogurt protein network sustainability (and thus viscosity) (Almusallam et al., 2021).

Only at the end of its shelf life did the CY present a higher viscosity (434.4 mPa.s) than the xique-xique flour supplemented test samples ($p < 0.05$). Similar results have also been described in goat-milk yogurt supplemented with xique-xique jelly, those of decreased apparent viscosity when compared to conventional yogurt (Bezerril et al., 2021a).

Yogurts made with goat's milk present a more open structure, consisting of larger serum pores, intermediate protein filaments, and thus fewer crosslinks between protein filaments, all of which makes the porous microstructure network weaker when compared to other dairy matrices (Nguyen, Afsarb, & Day, 2018). The addition of ingredients based on xique-xique to dairy derivatives therefore needs to be better studied.

3.3 Sugar and organic acid profiles of the yogurts

Table 2 presents the sugar and organic acid profile results for the yogurt formulations. At all storage times, the lactose content was higher ($p < 0.05$) for CY as compared to the XY1% and XY2% samples, however a reduction in this disaccharide occurred for all formulations ($p < 0.05$) during storage. This is related to the metabolic activities of lactic acid bacteria in the yogurt fermentation process in which there is an increased need for energy production for multiplication (Wang et al., 2020).

The other sugars also suggest bacterial fermenting activity. Degradation of the disaccharide lactose yields glucose and galactose. In this study, there was an increase in levels of both glucose and galactose ($p < 0.05$) during the refrigerated storage, likely due to the increase in lactose degradation during fermentation. Further, it was found that the addition of xique-xique flour had a direct impact in reducing lactose ($p < 0.05$). The data are in accordance with the viable cell analyses for the strains present in yogurts (Fig. 2), indicating a potential synergy between the starter culture, *L. mucosae*, and xique-xique flour. Xique-xique flour is known for its prebiotic potential (Ribeiro et al. al., 2020), since it can promote increased

consumption of sugars and production of metabolites with beneficial results for the consumer (Diez-Gutiérrez et al., 2020), and increase short-chain fatty acids as well (Hasan et al., 2019).

In the microbiota, metabolites (*e.g.*, organic acids) present functionalities, and can promote modulatory effects on human health (Diez-Gutiérrez et al., 2020). Table 2 presents the organic acid values detected in the yogurt formulations during refrigerated storage. Citric, lactic, malic, and propionic acids were identified. Lactic acid was the principal organic acid in all the yogurt formulations, and although the addition of xique-xique flour did not influence the amount of lactic acid ($p \geq 0.05$), it was seen that during storage there was an increase in lactic acid values, possibly due to the higher fermentation of lactose during storage ($p < 0.05$). However, during storage, the increase in lactic acid did not impact pH, as was seen previously (Table 1). During storage, lactic acid bacteria (LAB) metabolically produce lactic acid by hydrolyzing lactose, modifying the product (Bezerril et al., 2021a). Similar results were observed by Almusallam et al. (2021) and Öztürk et al. (2018), in yogurt supplemented with *Elaeagnus angustifolia* L. flour, in yogurt supplemented with moringa extract (Zhang et al., 2018), and in yogurt supplemented with jujube pulp as well (Feng et al., 2019).

In this study, production of propionic acid was observed, a short-chain fatty acid (SCFA) with an important role in stimulating the production of ATP (Singh et al., 2018). In addition, propionic acid brings other benefits such inhibiting cholesterol synthesis, positively helping to fight varied diseases (Diez-Gutierrez et al., 2020). Synthesis of short-chain fatty acids is characteristic of fermentative activity in probiotic strains. Production of propionic acid may come from the *Limosilactobacillus mucosae* CNPC007 fermentative metabolic pathway.

3.4 Phenolic and flavonoid contents, and antioxidant activity of the yogurts

Table 3 presents both the phenolic and flavonoid contents, and the antioxidant activity of the yogurts. The yogurts supplemented with xique-xique flour presented at least 5 phenolic

compounds, whether flavonols (catechin and epigallocatechin gallate), anthocyanins (procyanidin B2 and procyanidin A2) or hydroxybenzoic acids (syringic). These compounds, presenting antioxidant activity, are beneficial to the body, reducing chronic non-communicable diseases, diabetes, cardiovascular disease, cancer, and even neurological disease (Marković et al., 2017).

Catechin was the principal phenolic compound present, followed by Procyanidin A2 and Epigallocatechin gallate. Besides promoting health, the presence of such natural antioxidant components in dairy derivatives can influence sensory acceptance. These compounds have been identified in goat-milk yogurt supplemented with xique-xique jelly (Bezerril et al., 2021a).

The different concentrations of xique-xique flour in the yogurts significantly increased ($p < 0.05$) phenolic compound and flavonoid levels, and potentially promoted the measured increase in antioxidant activities, (ABTS and FRAP assays). The largest increase ($p < 0.05$) was observed for XY2% (Table 3). Similar results were obtained by Almusallam et al. (2021), who observed increased antioxidant activity with addition of date palm extract to yogurts, and in all formulations, decreases during storage in the levels of total phenolic compounds, and FRAP radical scavenging activity ($p < 0.05$). The same was observed by Feng et al. (2019), when evaluating phenolic compounds in yogurt supplemented with jujube pulp, and by Vital et al. (2015), when evaluating low fat yogurts supplemented with *Pleurotus ostreatus* aqueous extract, whose data suggested an association to differentiated milk protein/phenolic compound complexes, affecting phenolic maintenance, and causing a consequent reduction in antioxidant activity during storage (Vital et al., 2015).

3.5 Microbiological analysis

The results of hygienic sanitary microbiological analysis revealed that all prepared goat yogurt formulations were suitable for human consumption throughout the assessed refrigerated

storage period, because the counts for *E. coli*, molds and yeasts and absence of *Salmonella* spp., indicating good manufacturing practices.

The viability count of lactic acid bacteria, especially from probiotic cultures, in fermented milk becomes an important indicator of functional quality for this type of product (Feng et al., 2019). The cell viable counts of the starter culture (*S. thermophilus* and *L. bulgaricus*) and the probiotic *Limosilactobacillus mucosae* CNPC007 are shown in Figure 1.

At the beginning of storage, counts ranged from 6.95 to 7.23 log CFU/g for the starter culture, and from 6.98 to 7.18 log CFU/g for *L. mucosae*. There was an increase in the number of viable cells of *S. thermophilus* ($p < 0.05$) up to 14 days of refrigerated storage for all formulations (CY - 7.29 ± 0.01 log CFU/g; XY1% - 7.33 ± 0.01 log CFU/g and XY2% - 7.19 ± 0.01 log CFU/g), and as the storage time advanced to 28 days, only XY2% showed an increase ($p < 0.05$) in the counts of *S. thermophilus* (7.32 ± 0.01 log CFU/g). While CY and XY1% showed a decrease in viable cell counts for this strain (7.20 ± 0.01 log CFU/g and 7.28 ± 0.01 log CFU/g, respectively). The increase in viable counts of this microorganism in the formulations during the first 14 days of storage may be due to high bacterial metabolic activity under favorable conditions of pH and acidity (Almusallam et al., 2021).

Only XY1% had a continuous increase in the number of viable cells of *L. bulgaricus* over the 28 days of storage ($p < 0.05$), with final counts of 7.39 ± 0.02 log CFU/g. Counts in formulations CY (7.00 ± 0.02 to 7.01 ± 0.01 log CFU/g) and XY2% (7.10 ± 0.01 to 7.12 ± 0.01 log CFU/g) did not vary over time ($p \geq 0.05$). The increase in viable counts of starter culture in the formulation XY1% can be attributed to a prebiotic effect that the flour promoted at this concentration, considering the total fiber content in this matrix of 16.59 ± 0.09 g/100 g (Machado et al., 2021).

A previous study had already demonstrated the prebiotic potential of freeze-dried xique-xique juice, stimulating the multiplication and metabolism of different *Lactobacillus* isolates,

similarly to fructooligosaccharides (FOS, a proven prebiotic ingredient) (Ribeiro et al., 2020). Larger amounts of flour can stimulate the multiplication of *S. thermophilus*, generating antimicrobial components and organic acids that interfere with the multiplication of *L. bulgaricus* (Feng et al., 2019). Therefore, the increased tolerance to acids resulting from the fermentation of sugars (Feng et al., 2019), could justify the differences in counts detected between the microorganisms in the starter culture in the different formulations.

Viable cell counts of *L. mucosae* CNPC007 decreased between the 1st and 14th day of refrigerated storage ($p < 0.05$) in CY samples (from 7.18 ± 0.02 to 6.86 ± 0.02 log CFU/g) and in XY2% (from 7.17 ± 0.01 to 7.05 ± 0.02 log CFU/g) and increased ($p < 0.05$) in XY1% (from 6.98 ± 0.02 to 7.41 ± 0.02 log CFU/g). At the end of the 28th day of refrigerated storage, XY2% presented a high count ($p < 0.05$) of *L. mucosae* CNPC007 (7.20 ± 0.01 log CFU/g) when compared to formulations CY (7.09 ± 0.01 log CFU/g) and XY1% (7.13 ± 0.02 log CFU/g).

Antioxidant compounds such as catechin and rutin, present in plant components, can reduce the growth of LAB in fortified yoghurts, through inhibition of nucleic acid synthesis, enzymatic activity and aggression to the cytoplasmic membrane (Joung et al., 2016; Almusallam et al., 2021). In this study, the formulation with greater addition of xique-xique flour promoted a greater multiplication of the probiotic strain, seeming to have no interference of the phenolic compounds that make up the flour. In addition, the fat and fat-soluble vitamin contents found in goat milk (Verruck, Dantas, & Prudencio 2019) may have played a protective role, acting in synergy with the flour and its bioactive constituents, mainly the fibers, which are stimulants of the multiplication of lactic acid bacteria. Synergies enable an improvement in the bioactive effect, as a tool to increase functionality, improving the multiplicity of the food matrix (Jacobs, Tapsell & Temple, 2011; Alongi & Anesi, 2021).

Still, the viable cell counts of *L. mucosae* in all yoghurt formulations were above the minimum count recommended to provide beneficial health effects, corresponding to 6.0 log

CFU/g (Terpou et al., 2019), until the last day of refrigerated storage. This result suggests that the addition of xique-xique flour can offer satisfactory conditions for the multiplication of this strain in yoghurts with probiotic potential, an extremely important characteristic to guarantee the bioactivity of the product, providing beneficial effects on consumer health (Diez- Gutierrez, 2020).

3.6 Principal component analysis (PCA)

To observe the interactive effects of xique-xique flour supplementation and storage time on the physical-chemical, microbiological, and functionality properties of the probiotic goat yogurt formulations, PCA was conducted. The HJ-biplot was constructed by comparing the CY, XY1%, and XY2% eigenvalues; which contributed to approximately 88.69% of the total variability; indicating the variation complexity of the plotted components (Fig. 3). In the biplot, similarity between types of yogurts during storage is reflected by plot distances. Correlation between the lines is indicated by the cosine of the angles between the vectors, in which acute, obtuse and straight angles respectively reveal correlations, whether positive, negative, or absent (Almusallam et al., 2021). The influences of treatment and storage time on the functional, physicochemical, and microbiological properties are observed in group formations between biplot quadrants. Group 1, the control yogurt during the days of storage is clearly positioned in the first quadrant. Thus, the CY formulation is characterized by more expressive values of lactose and galactose, especially on the 1st and 14th days. These values reflect evidence of fermenting behavior in the strains present in the control yogurt, which in this case tended to ferment less than in the formulations containing xique-xique flour. Luminosity (L^*) was also representative of the CY on the 1st and 14th days, which was lighter when compared to the xique-xique flour formulations. We note that the CY, after 28 days of storage, was positioned close to the centroid of the biplot, suggesting balanced PC1 and PC2 values, and at once lacking

the stronger characteristic features of its profile in relation to the xique-xique flour treated yogurts.

In the second quadrant, another group formed by the XY1% (on the 14th and 28th days) and XY2% (at 28 days) treatments. This group was characterized by greenish color ($-a^*$), and a greater number of viable LAB cells (*L. bulgaricus*, *S. thermophilus*, and *Limosilactobacillus mucosae* CNPC007), bringing a consequent increase in both sugar production (glucose) and lactic acid. The behavior was evident from the 14th day forward in the XY1% samples, and on the 28th day in both the XY1% and XY2% samples. The results are interesting because microorganism multiplication reveals the influence of both sugar fermentation (lactose), and metabolite production (monosaccharides and organic acids).

In the third quadrant, the group formed by XY2% (1st and 14th days) is observed, and is characterized by higher ($+b^*$) values, a yellow tone, and especially by higher values of acidity and viscosity associated with low brightness (L^*) values. Nevertheless, there is evidence of greater probiotic strain activity, due to the higher malic and propionic acid values. The group formed by the XY1% treatment on the 1st day of storage in quadrant four is characterized by lower LAB activity for the *L. bulgaricus*, and *Limosilactobacillus mucosae* CNPC007) strains, and by lower values of glucose in association with higher viscosity values.

4. Conclusions

This is the first study to evaluate interactions and composition of yogurts with xique-xique flour, demonstrating that the flour improves the technological properties and nutritional value of probiotic goat-milk yogurts. Compared to the control yogurt, addition of xique-xique flour produced yogurts with a more green-yellow hue. Addition of the different flour concentrations impacted the viscosity of the formulations, and compared to the control, more viscosity was observed at 14 days of storage in the xique-xique flour supplemented yogurts.

The addition of xique-xique flour also resulted in yogurts with higher concentrations of proteins and minerals. The fermentation process mediated by the synergy between starter bacteria, the probiotic strain *L. mucosae*, and xique-xique flour led to an increase in lactose degradation, with a consequent increased production of lactic acid during storage. These conditions were likely influenced by the lactic acid bacteria multiplication during storage, yet without affecting the total viable cell counts of the probiotic strain *L. mucosae*, which after 28 days of storage presented counts $>7 \log \text{CFU/g}$ (specifically XY2%). The XY2% formulation presented 5 types of phenolic compounds, higher total phenolic compounds and flavonoids and consequently higher antioxidant activity. This study may help promote the beneficial use of xique-xique flour in probiotic goat milk yogurt formulations, and result in a product with large applicability by the functional food industry.

Conflict of interest

Authors declare no conflict of interest.

References

- Abdel-Hami, M., Romeih, E., Zizhen, H., Enomoto, T., Huang, L., & Ling, L. (2020). Bioactive properties of probiotic set-yogurt supplemented with *Siraitia grosvenorii* fruit extract, *Food Chemistry*, 303, 125-400. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125400>
- American Public Health Association. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. (2001). 4. ed. 7, 63 – 67, APHA.
- Alongi, M. & Anese M. (2021). Re-thinking functional food development through a holistic approach. *Journal of Functional Foods*, 81, 104-466. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104466>
- Almusallam I. A., Ahmed, I. A. M., Babiker, E. E., Al-Juhaimi, F. Y., Saleh, A., Qasem, A. A., ... & Al-Shawaker, A. S. (2021). Effect of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) spikelets extract on the physicochemical and microbial properties of set-type yogurt during cold storage. *LWT – Food Science and Technology*, 148, 111-762. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111762>
- AOAC. Association of Official Agricultural Chemistry: *Official Methods of Analysis*. (2019). 21 ed. Washington.
- Araújo, C. M., dos Reis, C. G., & de Oliveira, C. A. (2019). Elaboração de barras de cereais com a farinha da cactácea xique-xique (*Pilosocereus gounellei*). *Jornada de Iniciação Científica e Extensão*, 14, 95. (In Portuguese)

- Assis, P. O. A., Guerra, G. C. B., Araújo, D. F. S., Andrade, L. F. L. I., Araújo, A. A., Araújo, R. F. J., & Queiroga, R. C. R. E. (2019). Intestinal anti-inflammatory activity of xique-xique (*Pilosocereus gounellei* A. Weber ex K. Schum. Bly. Ex Rowl) juice on acetic acid-induced colitis in rats. *Food & Function*, 10, 7275–7290. <https://doi.org/10.1039/c9fo00920e>.
- Ball, S., Bullock, S., Lloyd, L., Mapp, K., & Ewen, A. (2011). Analysis of carbohydrates, alcohols, and organic acids by ion-exchange chromatography. In *Agilent Hi-Plex Columns Applications Compendium*, Agilent Technologies Inc.: Santa Clara, CA, USA, 2011; pp. 1–98.
- Bezerril, F. F., Magnani, M., Pacheco, M. T. B., Souza, M. F. V., Figueiredo, R. M. F., Lima, M. S., ... Queiroga, R. C. R. E. (2021a). *Pilosocereus gounellei* (xique-xique) jam is source of fibers and mineral and improves the nutritional value and the technological properties of goat milk yogurt. *LWT – Food Science and Technology*, 139, 110512. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110512>
- Bezerril, F. F., de Souza, M. F. V., Lima, M. S., Pacheco, M. T. B., Carvalho, P. O. A. A., Sampaio, K. B., ... Queiroga, R. C. R. E. (2021b). Physicochemical characteristics and bioactive compounds of the Xique-xique (*Pilosocereus gounellei*) cactus from Caatinga Brazilian: are they nutritive and functional?. *Food Measure*, 15, 3284–3297. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-00906-w>
- Costa, M. P. C., Monteiro, M. L. G., Frasco, B. S., Silva, V. L. M., Rodrigues, B. L., Chiappini, C. C. J., & Conte-Junior, C. A. (2017). Consumer perception, health information, and instrumental parameters of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) goat milk yogurts. *Journal of Dairy Science*, 100, 157–168. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11315>.
- Cuşmenco, T., & Bulgaru, V. (2020). Quality characteristics and antioxidant activity of goat milk yogurt with fruits. *Ukrainian Food Journal*, 9, 86-98. <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2020-9-1-8>
- Demirkol, M., & Tarakci, Z. (2018). Effect of grape (*Vitis labrusca* L.) pomace dried by different methods on physicochemical, microbiological and bioactive properties of yoghurt. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie- Food Science and Technology*, 97, 770–777. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.07.058>
- Diez-Gutiérrez, L., Vicente, L. S., Barrón, L. J., Villarán, M. C. & Chávarri, M. (2020). Gamma-aminobutyric acid and probiotics: Multiple health benefits and their future in the global functional food and nutraceuticals market. *Journal of Functional Foods*, 64, 103-669. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103669>
- Feng, C., Wang, B., Zhao, A., Wei, L., Shao, Y., Wang, Y., ... Zhang, F. (2019). Quality characteristics and antioxidant activities of goat milk yogurt with added jujube pulp. *Food Chemistry*, 277, 238–245. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.104>.
- Furtado, R. N., Moreira Filho, E. C., Souza Carneiro, M. S., Pereira, E. S., Pinheiro Rogério, M. C., & Pinto, A. P. (2019). *Pilosocereus gounellei* in the water supply for finishing sheep in regions of climatic vulnerability. *Small Ruminant Research*, 173, 88–93. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.02.012>.
- Guevara-Figueroa, T., Jiménez-Islas, H., Reyes-Escogido, M. L., Mortensen, A. G., Laursen, B. B., Lin, L.W., ... de la Rosa, A. P. B. (2010). Proximate composition, phenolic acids, and flavonoids characterization of commercial and wild nopal (*Opuntia* spp.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 23, 525-532. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2009.12.003>
- Hasan, M. T., Jang, W. J., Lee, B.-J., Kim, K. W., Hur, S. W., Lim, S. G., & Kong, I.-S. (2019). Heat-killed *Bacillus* sp. SJ-10 probiotic acts as a growth and humoral innate immunity response enhancer in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Fish & Shellfish Immunology*, 88, 424–431. <https://doi.org/10.1016/J.FSI.2019.03.018>.

- Jacobs, D. R., Tapsell, L. C., & Temple, N. J. (2011). Food synergy: The key to balancing the nutrition effort. *Public Health Reviews*, 33, 507-529. <https://doi.org/10.1007/BF03391648>
- Joung, J. Y., Lee, J. Y., Ha, Y. S., Shin, Y. K., Kim, Y. S., & Kim, H. (2016). Enhanced microbial, functional and sensory properties of herbal yogurt fermented with Korean traditional plant extracts. *Korean Journal of Food Science of Animal Resources*, 36, 90-99 <https://doi.org/10.5851/kosfa.2016.36.1.90>
- London L. E. E., Chaurin, V., Auty, M. A. E., Fenelon, M. A., Fitzgerald, G. F., Ross, P. R., & Stanton, C. (2015). Use of *Lactobacillus mucosae* DPC 6426, an exopolysaccharide-producing strain, positively influences the techno-functional properties of yoghurt. *International Dairy Journal*, 40, 33-38. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2014.08.011>
- Liu, M.; Li, X. Q.; Weber, C.; Lee, C. Y.; Brown, J., & Liu, R. H. (2002). Antioxidant and antiproliferative activities of raspberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 2926–2930. <https://doi.org/10.1021/jf0111209>
- Lima, K. G. C., Kruger, M. F., Beherens, J., Destro, M. T., Landgraf, M., & Franco, B. D. G. M. (2009). Evaluation of culture media for enumeration of *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei* and *Bifidobacterium animalis* in the presence of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*. *LWT - Food Science and Technology*, 42, 491-495. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.08.011>
- Machado, A. D. G., Pacheco, M. T. B., Queiroga, R. C. R. E., Cavalcante, L. M., Bezerril, F. F., Ormenese, R. C. S. C., ... Oliveira, M. E. G. (2021). Nutritional, physicochemical and sensorial acceptance of functional cookies enriched with xique-xique (*Pilosocereus gounellei*). *PLoS ONE*, 16, e0255287. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0255287>
- Marković, J. M. D., Pejin, B., Milenković, D., Amić, D., Begović, N., Mojović, M., & Marković, Z. S. (2017). Antiradical activity of delphinidin, pelargonidin and malvin towards hydroxyl and nitric oxide radicals: The energy requirements calculations as a prediction of the possible antiradical mechanisms. *Food Chemistry*, 218, 440–446. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.106>
- Mohammadi-Gouraji, E., Soleimani-Zad, S., & Ghiaci, M. (2019). Phycocyaninenriched yogurt and its antibacterial and physicochemical properties during 21 days of storage. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie- Food Science and Technology*, 102, 230–236. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.09.057>
- Moraes, G. M. D., Santos, K. M. O., Barcelos, S. C., Lopes, S. A., & do Egito, A. S. (2018). Potentially probiotic goat cheese produced with autochthonous adjunct culture of *Lactobacillus mucosae*: Microbiological, physicochemical and sensory attributes. *LWT - Food Science and Technology*, 94, 57-63. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.028>
- Munekata, P. E. S., Pérez-Álvarez, J. A., Pateiro, M., Viuda-Matos, M., Fernández-López, J., & Lorenzo, J. M. (2021). Satiety from healthier and functional foods. *Trends in Food Science & Technology*, 113, 397 – 410. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.05.025>
- Nguyen, H. T. H., Afsarb, S., & Day, L. (2018). Differences in the microstructure and rheological properties of low-fat yoghurts from goat, sheep, and cow milk. *Food Research International*, 108, 423-429. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.03.040>
- Oztürk, H.I., Aydın, S., Sozeri, D., Demirci, T., Sert, D., & Akın, N. (2018). Fortification of set-type yoghurts with *Elaeagnus angustifolia* L. flours: Effects on physicochemical, textural, and microstructural characteristics. *LWT - Food Science and Technology*, 90–626. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.012>
- Pan, Li-Hua., Liu, F., Luo, Shui-Zhong., & Luo, Jian-Ping. (2019). Pomegranate juice powder as sugar replacer enhanced quality and function of set yogurts: Structure, rheological property, antioxidant activity and in vitro bioaccessibility. *LWT - Food Science and Technology*, 115, 108479. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108479>.

- Ribeiro, T. S., Sampaio, K. B., Menezes, F. N. D. D., Assis, P. O. A., Lima, M. S., Oliveira, M. E. G., ... Queiroga, R. C. R. E. (2020). In vitro evaluation of potential prebiotic effects of a freeze-dried juice from *Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum. Bly. Ex Rowl) cladodes, an unconventional edible plant from Caatinga biome. *3 Biotech*, *10*, 448. <https://doi.org/10.1007/s13205-020-02442-8>
- Rockenbach, I. I., Rodrigues, E., Gonzaga, L. V., Caliari, V., Genovese, M. I., Gonçalves, A. E. D. S. S., & Fett, R. (2011). Phenolic compounds content and antioxidant activity in pomace from selected red grapes (*Vitis vinifera* L. and *Vitis labrusca* L.) widely produced in Brazil. *Food Chemistry*, *127*, 174-179. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.12.137>
- Sariburun, E.; Sahin, S.; Demir, C.; Turkben, C., & Uylaser, V. (2010). Phenolic content and antioxidant activity of raspberry cultivars. *Journal Food Science*, *75*, 328–335. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01571.x>
- Sartori, A. G. O., Alencar, S. M., Bastos, D. H. M., Regitano d'Arce, M. A. B., & Skibsted, L. H. (2018). Effect of water activity on lipid oxidation and nonenzymatic browning in Brazil nut flour. *European Food Research and Technology*, *244*, 1657– 1663. <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3078-4>
- Singh, A., Vishwakarma, V., & Singhal, B. (2018). Metabiotics: the functional metabolic signatures of probiotics: Current state-of-art and future research priorities—Metabiotics: Probiotics effector molecules. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, *09*(04), 147–189. <https://doi.org/10.4236/abb.2018.94012>
- Silva, F. A., Oliveira, M. E. G., Figueirêdo, R. M. F., Sampaio, K. B., Souza, E. L., Oliveira, C. E. V., ... Queiroga, R. C. R. E. (2017). The effect of Isabel grape addition on the physicochemical, microbiological and sensory characteristics of probiotic goat milk yogurt. *Food Function*, *8*, 2121. <https://doi.org/10.1039/C6FO01795A>
- Sousa, G. A., Oliveira, I. S., Silva-Freitas, F. V., Viana, A. F. S. C., Neto, B. P. S., Cunha, F. 540 V. M., ... Oliveira, F. A. (2018). Gastroprotective effect of ethanol extracts of cladodes and roots of *Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. Ex Rowl (Cactaceae) on experimental ulcer models. *Journal Ethnopharmacology*, *218*, 100– 108. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.02.009>
- Tadesse, S. A. T., & Emire, S. A. (2020). Production and processing of antioxidant bioactive peptides: A driving force for the functional food market. *Heliyon*, *6*, e04765. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04765>
- Terpou, A., Papadaki, A., Lappa, I. K.M Kachrimanidou, V., Bonesnea, 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>
- Toit, A., Wit, M., Osthoff, G., & Hugo, A. (2018). Antioxidant properties of fresh and processed cactus pear cladodes from selected *Opuntia ficus-indica* and *O. robusta* cultivars. *South African Journal of Botany*, *118*, 44–51. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.06.014>
- Trigueros, L., Wojdylo, A., & Sendra, E. (2014). Antioxidant activity and protein-polyphenol interactions in a pomegranate (*Punica granatum* L.) yogurt. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *62*, 6417–6425. <https://doi.org/10.1021/jf501503h>
- SAS. (2012). Proc prinqual: A package for multivariate analysis using biplots. SAS/STAT® 9.3 User's Guide. SAS Institute Inc., Cary.
- Verruck, S., Dantas, D., & Prudencio, E. S. (2019). Functionality of the componentes from goat's milk, recente advances for functional dairy products development and its implication on human health. *Journal of Functional Foods*, *52*, 243-257. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.11.017>
- Vital, A. C. P., Goto, P. A., Hanai, L. N., Gomes-da-Costa, S. M., Abreu Filho, B. A., Nakamura, C. V., & Matumoto-Pintro, P. T. (2015). Microbiological, functional and

- rheological properties of low-fat yogurt supplemented with *Pleurotus ostreatus* aqueous extract. *LWT - Food Science and Technology*, 64, 1028–1035. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.07.003>
- Yadav, K., Bajaj, R. K., Mandal, S., Saha, P., & Mann, B. (2018). Evaluation of total phenol content and antioxidant properties of encapsulated grape seed extract in yoghurt. *International Journal of Dairy Technology*, 71, 96 –104. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12464>
- Wang, X., Kristo, E., & LaPoite, G. (2020). Adding apple pomace as a functional ingredient in stirred-type yogurt and yogurt drinks. *Food Hydrocolloids*, 100, 105453. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105453>.
- Zhang, T., Jeong, C. H., Cheng, W. N., Bae, H., Seo, H. G., Petriello, M. C., & Han, S. G. (2018). Moringa extract enhances the fermentative, textural, and bioactive properties of yogurt. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie- Food Science and Technology*, 101, 276–284. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.11.010>

Figures captions

Figure 1 - Apparent viscosity (mPa.s) in CY (■), XY1% (●), and XY2% (▲) during storage.

Results are expressed as averages ($n = 3$) $\pm$ standard deviation.

Figure 2 – Viable cell counts (log CFU/g) of lactic acid bacteria in CY (■), XY1% (●), and XY2% (▲) during storage. Results are expressed as averages ($n = 3$) $\pm$ standard deviation.

Figure 3 – HJ-biplot based on principle component analyses of control yogurt (●), and those with xique-xique flour added at 1.0% (●), and 2.0% (●), as affected by treatment and storage time.

Table 1. Color parameters and physicochemical characteristic of the probiotic yogurts over storage.

Parameter	Days	Treatment		
		CY	XY1%	XY2%
L*	1	70.91 ±0.31 ^{Ba}	67.49 ±0.06 ^{Bb}	68.04 ±0.20 ^{Bb}
	14	82.92 ±1.22 ^{Aa}	70.10 ±1.25 ^{ABb}	64.82 ±0.47 ^{Bc}
	28	73.99 ±0.81 ^{Bab}	71.38 ±0.75 ^{Ab}	77.05 ±1.80 ^{Aa}
a*	1	-1.97 ±0.04 ^a	-2.01 ±0.04 ^{ab}	-2.28 ±0.02 ^{Ab}
	14	-1.88 ±0.00 ^a	-2.03 ±0.09 ^{ab}	-2.54 ±0.02 ^{Bb}
	28	-1.85 ±0.12 ^a	-2.04 ±0.08 ^b	-2.01 ±0.13 ^{Ab}
b*	1	6.59 ±0.04 ^c	8.37 ±0.07 ^b	10.23 ±0.09 ^{Aa}
	14	7.46 ±0.21 ^c	8.72 ±0.03 ^b	9.61 ±0.01 ^{Ba}
	28	6.63 ±0.48 ^b	8.17 ±0.72 ^{ab}	10.21 ±0.12 ^{Aa}
pH	1	4,35 ±0,07	4,30 ±0,00	4,29 ±0,00
	14	4,42 ±0,00	4,43 ±0,00	4,40 ±0,00
	28	4,35 ±0,00	4,40 ±0,00	4,36 ±0,00
Titratable acidity (g/100 g)	1	0,68 ±0,00 ^b	0,77 ±0,00 ^a	0,78 ±0,02 ^a
	14	0,54 ±0,78	0,79 ±0,00	0,78 ±0,01
	28	0,84 ±0,05	0,79 ±0,00	0,80 ±0,00
Total Soluble Solids (g/100 g)	1	18.93 ±0.04 ^{Ac}	19.93 ±0.07 ^b	20.74 ±0.01 ^a
	14	18.78 ±0.35 ^{Ac}	19.02 ±0.12 ^b	20.73 ±0.32 ^a
	28	17.74 ±0.29 ^{Bc}	18.72 ±0.26 ^b	20.36 ±0.01 ^a
Ash (g/100 g)	1	0.60 ±0.01 ^b	0.63 ±0.02 ^b	0.70 ±0.01 ^a
	14	0.59 ±0.01 ^b	0.61 ±0.01 ^{ab}	0.70 ±0.02 ^a
	28	0.61 ±0.01 ^b	0.62 ±0.01 ^b	0.67 ±0.01 ^a
Protein (g/100 g)	1	2.69 ±0.06 ^{Bb}	2.79±0.02 ^{Bab}	2.91 ±0.03 ^a
	14	2.87±0.14 ^{ABab}	2.59 ±0.05 ^{Bb}	3.30 ±0.23 ^a
	28	3.28 ±0.09 ^A	3.24 ±0.12 ^A	3.12 ±0.08
Lipids (g/100 g)	1	2.60 ±0.01	2.60 ±0.01	2.80 ±0.14
	14	2.65 ±0.07 ^{ab}	2.50 ±0.01 ^b	2.70 ±0.01 ^a
	28	2.80 ±0.01	2.50 ±0.01	2.60 ±0.01

Results are expressed as average (n=3) ± standard deviation.

^{a-c}Mean ± standard deviation with different lowercase letters on the same line differed by the Tukey test (p < 0.05), between treatments.

^{A-B}Mean ± standard deviation with different capital letters in the same column differed by Tukey's test (p < 0.05), over storage time.

Formulations: CY (control yogurt), XY1% (yogurt added 1% with xique-xique flour) and XY2% (yogurt added 2% with xique-xique flour).

Table 2. Sugar and acid organics profile of the probiotic yogurt over storage.

Parameter	Days	Treatment		
		CY	XY1%	XY2%
Sugar (g/100 g)				
Lactose	1	1.98 ±0.07 ^{Aa}	1.36 ±0.01 ^{Ab}	1.23 ±0.07 ^{Ab}
	14	1.50 ±0.01 ^{Ba}	1.25 ±0.01 ^{ABb}	1.16 ±0.02 ^{ABb}
	28	1.31 ±0.03 ^{Ba}	1.00 ±0.01 ^{Bb}	1.08 ±0.01 ^{Bb}
Glucose	1	0.01 ±0.01 ^{Bc}	0.30 ±0.19 ^{Ba}	0.19 ±0.01 ^{Bb}
	14	0.02 ±0.01 ^{Bc}	0.61 ±0.01 ^{ABa}	0.23 ±0.01 ^{ABb}
	28	0.40 ±0.01 ^{Ac}	0.81 ±0.01 ^{Aa}	0.55 ±0.01 ^{Ab}
Galactose	1	0.86 ±0.01 ^{Ca}	0.79 ±0.01 ^{Ba}	0.36 ±0.01 ^{Bb}
	14	1.80 ±0.01 ^{Ba}	0.91 ±0.08 ^{ABb}	0.46 ±0.03 ^{Bc}
	28	2.05 ±0.01 ^{Aa}	1.16 ±0.02 ^{Aab}	1.04 ±0.01 ^{Ab}
Acid organics (g/100 g)				
Citric (g/100 g)	1	0.04 ±0.01 ^A	0.03 ±0.01	0.01 ±0.01
	14	0.01 ±0.01 ^B	0.02 ±0.02	0.01 ±0.01
	28	0.01 ±0.01 ^B	0.01 ±0.01	0.01 ±0.01
Lactic (g/100 g)	1	0.87 ±0.08 ^{AB}	0.71 ±0.06 ^B	0.64 ±0.08 ^B
	14	0.79 ±0.08 ^B	0.74 ±0.03 ^{AB}	0.84 ±0.08 ^{AB}
	28	1.14 ±0.06 ^A	1.29 ±0.06 ^A	1.21 ±0.35 ^A
Malic (g/100 g)	1	0.01 ±0.02	0.06 ±0.01	0.02 ±0.01
	14	<LOD	0.03 ±0.04	0.01 ±0.01
	28	<LOD	0.05 ±0.03	0.01 ±0.01
Propionic (g/100 g)	1	0.08 ±0.05	0.11 ±0.01	0.23 ±0.02
	14	0.11 ±0.01	0.10 ±0.09	0.16 ±0.01
	28	0.13 ±0.05	0.15 ±0.05	0.21 ±0.01

Results are expressed as average (n=3) ± standard deviation.

^{a-c}Mean ± standard deviation with different lowercase letters on the same line differed by the Tukey test or *t*-Student test (*p* < 0.05), between treatments.

^{A-C}Mean ± standard deviation with different capital letters in the same column differed by Tukey's test (*p* < 0.05), over storage time.

Formulations: CY (control yogurt), XY1% (yogurt added 1% with xique-xique flour) and XY2% (yogurt added 2% with xique-xique flour). Abbreviations: <LOD: below the limit of detection.

Table 3. Contents of phenolic, flavonoids compounds and antioxidant activity of the probiotic yogurts over storage.

Parameter	Days	Treatment		
		CY	XY1%	XY2%
Phenolic compounds (mg/100 g)				
Catechin	1	0.21 ±0.00 ^{Bc}	0.39 ±0.01 ^{Aa}	0.31 ±0.00 ^{Ab}
	14	0.23 ±0.00 ^{ABc}	0.38 ±0.01 ^{ABa}	0.30 ±0.01 ^{Ab}
	28	0.25 ±0.01 ^{Ab}	0.36 ±0.00 ^{Ba}	0.27 ±0.01 ^{Bb}
Epigallocatechin galato	1	<LOD	0.04 ±0.00 ^b	0.06 ±0.00 ^a
	14	<LOD	0.04 ±0.00 ^b	0.06 ±0.00 ^a
	28	<LOD	0.01 ±0.02 ^b	0.06 ±0.01 ^a
Procyanidin B2	1	0.03 ±0.01 ^{Ab}	0.03 ±0.03 ^a	0.04 ±0.01 ^{Ab}
	14	0.04 ±0.01 ^{Ba}	0.03 ±0.01 ^a	0.03 ±0.01 ^{Bb}
	28	0.04 ±0.01 ^{Ba}	0.03 ±0.01 ^c	0.03 ±0.01 ^{Bb}
Procyanidin A2	1	<LOD	<LOD	0.15 ±0.03 ^A
	14	<LOD	<LOD	0.09 ±0.00 ^{AB}
	28	<LOD	<LOD	0.07 ±0.00 ^B
Syringic	1	<LOD	0.01 ±0.01	0.01 ±0.01
	14	<LOD	0.01 ±0.01	0.01 ±0.01
	28	<LOD	0.01 ±0.01	0.01 ±0.01
Total phenolics (mg EGA/100 g) ¹	1	7.79 ±0.00 ^{Ab}	8.07 ±0.13 ^{Aa}	9.68 ±0.00 ^{Aa}
	14	5.91 ±0.00 ^{Bb}	6.00 ±0.12 ^{Bb}	7.88 ±0.13 ^{Ba}
	28	5.62 ±0.13 ^{Bb}	6.98 ±0.00 ^{Bb}	7.51 ±0.12 ^{Ba}
Total flavonoids (mg EC/100 g) ²	1	0.52 ±0.01 ^{Ac}	0.58 ±0.00 ^{Bb}	0.64 ±0.00 ^a
	14	0.52 ±0.01 ^{Ac}	0.59 ±0.00 ^{Ab}	0.64 ±0.00 ^a
	28	0.51 ±0.01 ^{Bc}	0.58 ±0.00 ^{Bb}	0.64 ±0.00 ^a
FRAP (µmol TEAC/100 g) ³	1	2.49 ±0.01 ^{Ab}	2.81 ±0.01 ^{Aa}	2.82 ±0.01 ^{Aa}
	14	2.17 ±0.01 ^{Bb}	2.34 ±0.01 ^{Ba}	2.51 ±0.01 ^{Ba}
	28	2.03 ±0.01 ^{Cc}	2.18 ±0.01 ^{Cb}	2.35 ±0.01 ^{Ca}
ABTS (µmol TEAC/g) ⁴	1	0.16 ±0.01 ^{Ab}	0.19 ±0.01 ^{Aa}	0.19 ±0.01 ^{Aa}
	14	0.16 ±0.01 ^{Ab}	0.16 ±0.01 ^{Bb}	0.19 ±0.01 ^{Aa}
	28	0.15 ±0.01 ^{Bb}	0.16 ±0.01 ^{Ba}	0.16 ±0.01 ^{Ba}

Results are expressed as average (n=3) ± standard deviation.

^{a-c}Mean ± standard deviation with different lowercase letters on the same line differed by the Tukey test or *t*-Student test (*p* < 0.05), between treatments.

^{A-C}Mean ± standard deviation with different capital letters in the same column differed by Tukey's test (*p* < 0.05), over storage time.

¹The results are expressed in milligram equivalents of galic acid (EGA) per hundred grams of sample (mg EGA/100 g).

²The results are expressed in milligram equivalents of catechin (EC) per hundred grams of sample (mg EC/100 g).

³The results are expressed as micromoles of Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) per hundred grams of sample µmol TEAC/100 g).

⁴The results are expressed as micromoles of Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) per gram of sample (µmol TEAC/g).

Formulations: CY (control yogurt), XY1% (yogurt added 1% with xique-xique flour) and XY2% (yogurt added 2% with xique-xique flour). Abbreviations: <LOD: below the limit of detection; FRAP - ferric reducing ability of plasma; ABTS⁺⁺ cation - 2,2-azino-bis (3-ethylbenzo-tiazoline)-6-sulfonic acid.

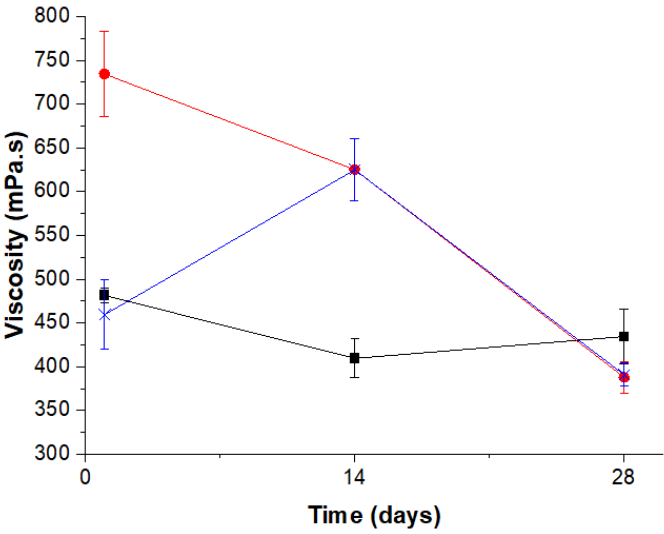
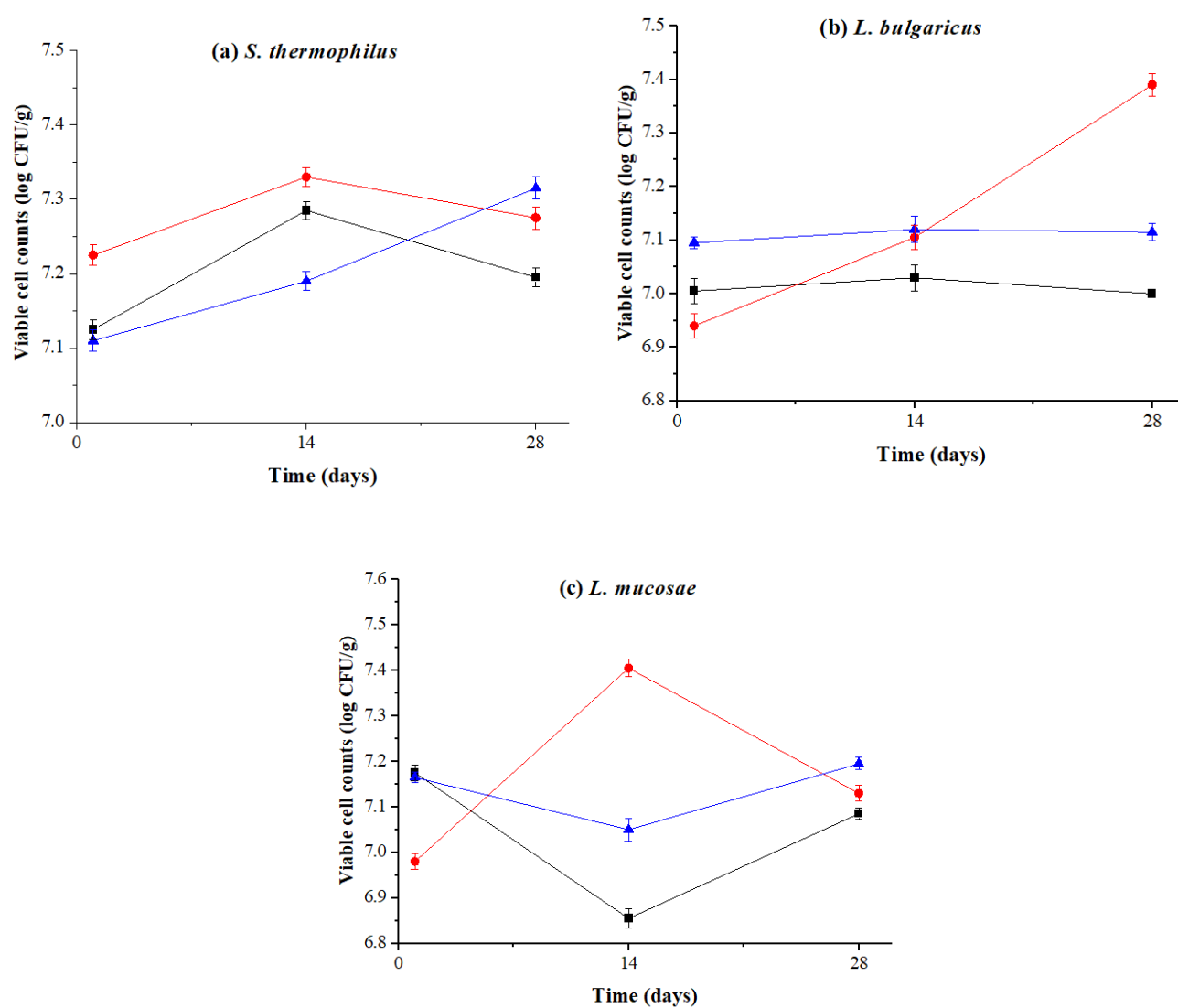


Fig. 1

**Fig. 2**

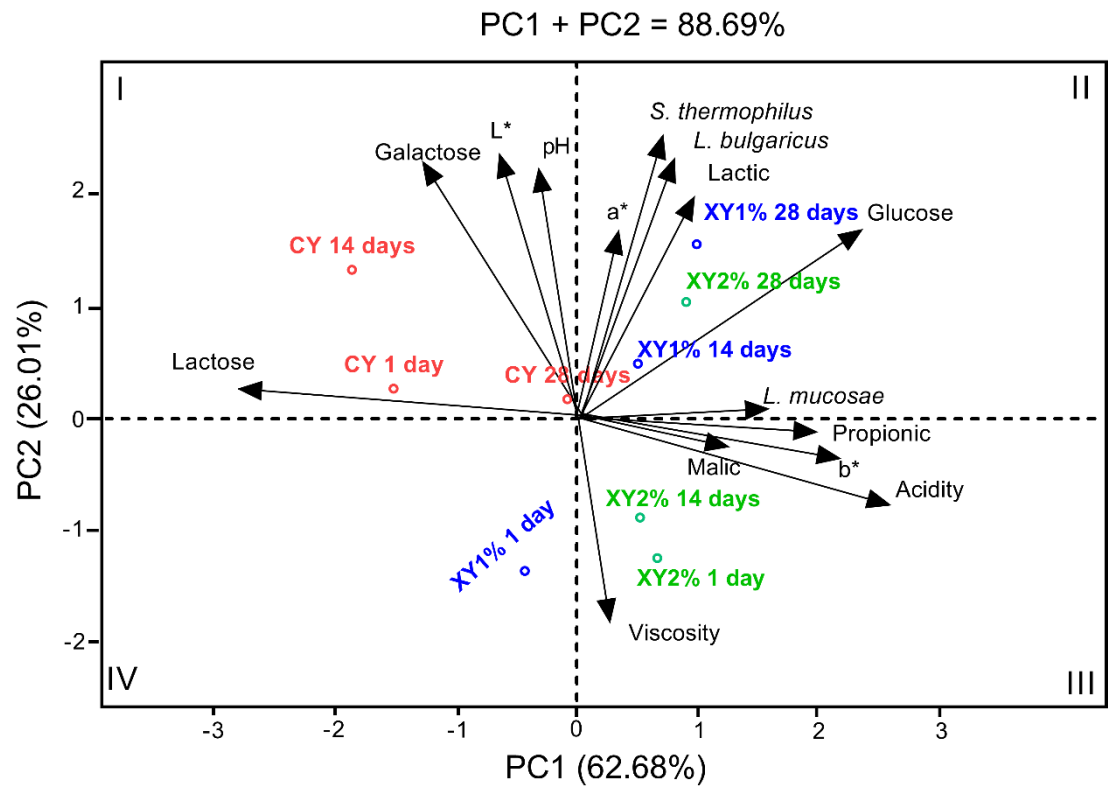


Fig. 3

ARTIGO 2

***Pilosocereus gounellei* (xique-xique) flour as a functional ingredient in the production of probiotic yogurt: evaluation of protective effect during simulated digestion and sensory properties**

Running Title: Xique-xique flour added to probiotic goat yogurt

Abstract

In this study, probiotic goat yogurts supplemented with different concentrations of xique-xique flour were evaluated for their protective effects on the survival of the autochthonous strain *Limosilactobacillus mucosae* CNPC007 using simulated gastrointestinal digestion. Consumer acceptance, and sensory characteristics (JAR scale) were also evaluated. After simulated digestion, *L. mucosae* CNPC007 presented higher viable cell numbers for the 1% and 2% formulations (XY1%, and XY2%) when compared to the controls (CY), indicating a potential protective effect for the xique-xique flour during digestion with counts of $>7 \log \text{CFU/g}$. According to the sensorial analysis using the JAR scale, the samples supplemented with xique-xique flour obtained better scores ($p < 0.05$) for the goat aroma parameter (XY1%, 3.29 ± 0.83 and XY2%, 3.48 ± 1.07). Tasters were indifferent to the herbaceous aroma and flavor characteristics. When subjected to simulated gastrointestinal digestion, xique-xique flour increased the survival of *L. mucosae* in the yogurt formulations, and improved the product's sensory properties, making it a viable technological option for the functional dairy products industry.

Keywords: *Cactaceae*, goat yogurt, *Limosilactobacillus mucosae*, prebiotics, JAR.

1. Introduction

The market for functional foods has been growing steadily with an increasing demand that is likely due to consumers' increased concern about food quality and safety (HLPE, 2017). It is estimated that between 2020 and 2027, the market will gain approximately 7.5%, with dairy products being the leading sector. In this niche, due to their ability to confer functionality to various foods, the use of probiotics and prebiotics is predicted to present the most growth during this period (Globe Newswire, 2020).

Beyond functionality, sensory attributes remain the characteristics most sought by consumers (Matos et al., 2019). Amidst these challenges, goat milk-derived products have continued gaining space in the functional food market (Costa et al., 2017; Santis et al., 2019). During fermentation, sensory characteristics such as aroma, flavor, consistency, and color are influenced by the fermenting strain used, and great variability can be achieved according to the production matrix (Cai et al., 2019). The most commonly used probiotics are those of the genera *Lactobacillus* and *Bifidobacterium*. Their mechanisms of action include preventing pathogenic adhesion and colonization, and formation of specific metabolites such as short-chain fatty acids (SCFAs), gamma-aminobutyric acid (GABA), enzymes, polysaccharides, vitamins, and polyphenolic acids (Diez-Gutiérrez et al., 2020). Technological and functional benefits have also been observed in studies inserting the autochthonous probiotic strain *Limosilactobacillus mucosae* CNPC007 into fermented dairy products (Moraes et al., 2018).

To promote functional effect within the body, the probiotics present in food matrices must be able to survive passage through the digestive tract and adhere to the intestinal epithelium for colonization. During digestion, they must resist the acidic stomach pH and high bile acid concentrations in the intestines (Diez-Gutiérrez et al., 2020; Mackie et al., 2020). Thus, the importance of either inserting strains already within protective matrices, or of adding to the matrix ingredients with cell multiplication-stimulating activity (prebiotics). To expand the

market for fermented products (especially probiotic dairy products), and increase the biological activity of already existing foods, supplementation experiments are being developed using various plant species (Almusallam et al., 2021; Bezerril et al., 2021; Feng et al., 2019), xique-xique (*Pilosocereus gounellei*) has been explored as a potential matrix for the development of new products (Assis et al., 2019; Bezerril et al., 2021; Machado et al., 2021; Oliveira & Oliveira, 2019; Ribeiro et al., 2020). Yet further studies are needed to better evaluate its applicability and market acceptance.

Due to the great importance of food acceptance at the marketing level, sensory analyses are essential. One of the most widely used sensory analyses (due its functions of attribute matching and product optimization), is the Just-About-Right (JAR) scale (Song, Xia, & Zhong, 2021). However, because of the complexity of participants' sensory perception and varying degrees of intensity, JAR analyses should usually be accompanied by other hedonic tests (Palczack, Blumenthal, & Delarue, 2019; Song, Xia, & Zhong, 2021).

This study, considering the need for evaluation and processing of new probiotic goat-yogurt formulations, evaluated the protective effect of xique-xique (*Pilosocereus gounellei*) flour supplemented goat yogurt formulations on the survival of the probiotic strain *L. mucosae* CNPC007 under simulated gastrointestinal conditions, while also evaluating the resulting yogurts' sensory properties.

2. Material and methods

2.1 Raw material and ingredients

The starter culture (YF-L903 - *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, and *Lactobacillus delbruecki* subsp. *bulgaricus*) was commercially acquired from the Christian Hansen® company (Valinhos, Minas Gerais, Brasil). The indigenous culture *Limosilactobacillus mucosae* CNPC007 was obtained from the "Collection of Microorganisms

of Interest to the Food and Agroenergy Industry", at Embrapa Agroindustry Tropical (Fortaleza, Ceará, Brazil). Xique-xique cladodes (two 30 kg lots, May 2017) were obtained from a privately owned cultivation located in the municipality of Boa Vista, in the state of Paraíba, Brazil (latitude 7.16762352, longitude -36.1432815). The plant was identified by the Agricultural Sciences Center at the Federal University of Paraíba (CCA/UFPB), and the species certification (No. 17562) was deposited at the Herbário Prof. Jaime Coelho Morais (CCA/UFPB). The collection was authorized by the Brazilian Biodiversity Information System (No. 62681), and the National System for the Management of Genetic Heritage (SISGEN, No. AA17429). Pineapple and crystal sugar (União[®], Limeira, São Paulo, Brazil) were obtained commercially.

2.2 Processing of xique-xique flour

The xique-xique flour was prepared according to Machado et al. (2021), where xique-xique cladodes were carefully sanitized (soil removal and decontamination) with running water and sodium hypochlorite (100 ppm/15 min). The central stem was stripped, and the pulp and peel were removed. The central stems were then cut into 1 cm slices, which were autoclaved (121 ± 1 °C/20 min). Subsequently, the samples were cooled at room temperature, followed by drying in an air circulation oven (40 ± 1 °C) until reaching approximately 4% moisture content. After drying, the xique-xique was ground in a knife mill (Willey, Solab[®], Piracicaba, São Paulo) and screened with a 100-mesh sieve on a sieve shaker. The flour was vacuum sealed in sterile polyethylene bags at approximately 100 g per bag, rolled in aluminum foil, and frozen (-20 ± 1 °C) until use.

2.3 Jelly, inoculum and yogurt preparation

To prepare a jelly, a pineapple pulp to sugar proportion of 70:30 (w/w) was used. The mixture was cooked for 45 min, with manual stirring until it reaching 62-65 °Brix, which was measured using a digital refractometer (Hanna® brand, model HI 96801). The pineapple jelly was then transferred, still hot, to a previously sterilized glass container and stored at room temperature 27 ± 2 °C until used in processing the yogurts.

The final inoculum (FIn) of probiotic bacteria into the goat-milk was prepared in two stages. Inoculum 1 (In1) was prepared by diluting 0.1 g of lyophilized *L. mucosae* CNPC007 in 10 mL of reconstituted powdered goat-milk (Caprilat®, Nova Friburgo, Rio de Janeiro, Brazil) in sterile water, with incubated for 22 h (stationary phase) at 37 °C. Final Inoculum (FIn) was prepared using Inoculum 1 (In1) at a 50:50 proportion – 10 mL of In1:10 mL powdered milk already reconstituted in sterile water, and then incubated for 22 h at 37 °C, resulting in a final count of 7-8 log CFU/g. The counts were confirmed using serial dilutions of the inoculum with sterile peptone water at a concentration of 0.1 g/100 mL (Sigma-Aldrich, St. Louis, MA, USA); 10-µL of these dilutions were poured onto MRS agar (Oxoid, Basigstoke, UK), and acidified to pH 5 (IDF, 1995) using the micro-drop technique. The plates were incubated aerobically at 37 °C for 48 h, and the results were expressed in log CFU/g.

The yogurts were processed with a methodology described by Silva et al. (2017). Three formulations were prepared: (CY) control yogurt (treatment without flour), (XY1%) yogurt supplemented with 1% xique-xique flour, and (XY2%) yogurt supplemented with 2% xique-xique flour. Pasteurized goat-milk was heat treated (90 °C/10 min), and cooled to 45 ± 1 °C, and *L. mucosae* CNPC007, with the starter cultures (*Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, Christian Hansen®, Valinhos, Brazil, 7-8 log CFU/g) were inoculated at respective concentrations of 0.1 and 0.4 g/L, and fermentation was performed at 45 °C for 4 h. The yogurt samples were then cooled to 5 ± 1 °C,

the clot broken using a glass rod, and the jelly added in concentrations of 15 g/100 g to the yogurts; the xique-xique flour was then added to the yogurts in concentrations of 1% and 2%. The products were then placed in high density polyethylene bottles and stored under refrigeration (4 ± 1 °C) for 28 days. The yogurts were evaluated at 1, 14, and 28 days of storage.

2.4 Simulation of Gastrointestinal Conditions

The gastrointestinal tract was simulated as per the descriptions in Table 1. For each yogurt formulation, five samples labeled C1, C2, C3, S1, and S2 were produced. C1 and C2 were duplicate yogurts, inoculated with the tested probiotic strain, but not exposed to simulated gastrointestinal conditions; C3 was a yogurt inoculated with the probiotic strain and exposed to the simulated gastrointestinal conditions (used only for pH adjustments). S1 and S2 were yogurts inoculated with the tested probiotic strain and exposed to the simulated gastrointestinal conditions. All samples were prepared in sterile 50 mL vials, containing 25 g of yogurt (Madureira et al., 2011; Oliveira et al., 2014).

After exposure to each artificial digestion stage, a 1-mL aliquot from each system within each gastrointestinal compartment was aseptically collected and serially diluted in sterile peptone water [0.1 g/100 mL (Sigma)]. 10- μ L dilutions were then poured onto MRS agar (Oxoid, Basigstoke, UK), and acidified to pH 5 (IDF, 1995) using micro-drop technique. The plates were aerobically incubated at 37 °C for 48 h, and the results were expressed in log CFU/g. The viable cell counts of the tested probiotic bacteria were carried out using the procedure described by London et al. (2015).

2.5 Sensory analysis of the yogurts

Before performing the sensory tests, the formulations were subjected to quality control analyzes that comprised the *E. coli* count in as well as the total molds and yeasts count in

CFU/g, and detection of absence of *Salmonella* spp./25 g (APHA, 2001), to ensure that the yogurts met legislation sanitary standards (Brazil, 2019). The acceptance test was conducted with 108 consumers of goat milk products (28 men and 80 women, with ages in the range of 18 to 30 years old, with a mean age of 24 years), which evaluated the appearance, color, consistency, aroma, flavor, and overall acceptance of the products using a structured hedonic scale of nine points (1 = very disliked; 5 = neither liked/disliked; 9 = liked very much). The purchase intention was evaluated using a 5-point scale (1 = would never buy; 3 = maybe buy/maybe not buy; 5 = would certainly buy). The consumers also assessed how close the samples were to the ideal, evaluated by the JAR (Just About Right) scale (1 = extremely less than ideal; 5 = extremely greater than ideal) for the attributes of color, aroma, consistency, texture, sweetness, flavor and acidity, according to the methodology described by Costa et al. (2017). In all tests, the samples were served simultaneously and randomly, at approximately 5 °C, in white plastic cups of 50 mL coded with random numbers of 3 digits.

2.6 Statistical analysis

All experiments were performed three times in triplicate. The results were submitted to the student's *t*-test (storage times), and ANOVA followed by Tukey test (between formulations) considering $p < 0.05$. Penalty analysis was performed on JAR attributes and overall liking data for each goat milk yogurt. Penalty analysis plots were used to show penalties (mean drops in overall liking) for each non-JAR attribute for each of the yogurts. The non-JAR attributes having significant penalties ($p < 0.05$) are highlighted with a “*” in the penalty analysis plots (Nguyen & Wismer, 2019, Fig 2). The attributes in the upper right-hand corner of penalty analysis plots had the highest skews and were associated with the greatest penalties. Only significant non-JAR categories with a substantial proportion of participants ($> 20\%$) were considered for interpretation of results (Sánchez-Rodríguez et al., 2019). Analyses were done

using the *Sigma-Stat* 3.5 software (Jandel Scientific Software, San Jose, California) (Sigmastat, 2006).

3. Results and discussion

3.1 Survival under the simulated gastrointestinal conditions

The *L. mucosae* CNPC007 survival results (throughout the simulated gastrointestinal tract) for the goat-yogurt formulations are presented in Figure 1. Probiotic strain counts in the formulation not exposed to *in vitro* digestion are also presented. As expected, higher *L. mucosae* CNPC007 counts and greater stability ($p < 0.05$) in the 3 yogurt formulations not exposed to simulated digestion ($9.81\text{--}9.02 \log \text{CFU/g}$) were observed. The greatest drop in the number of viable *L. mucosae* cells for all formulations occurred at the esophagus-stomach pathway ($p < 0.05$), soon after exposure to pH 5.5. However, although the reductions were significant in this compartment, it was found after 92 min of exposure, and at a different pH, that *L. mucosae* counts in XY1% ($6.16 \pm 0.09 \log \text{CFU/g}$) and XY2% ($6.99 \pm 0.02 \log \text{CFU/g}$) were higher ($p < 0.05$) than the CY counts ($5.25 \pm 0.07 \log \text{CFU/g}$).

Starting at 92 min of digestion, precisely after exposure to duodenal conditions (pancreatin + bile salts, pH 5.0), an increase in *L. mucosae* counts (in XY1% and XY2%), unlike the control sample were observed, demonstrating that xique-xique flour presented a protective effect on the survival of the probiotic strain. At the end of digestion, at 182 min of exposure to the gastrointestinal conditions, XY1% and XY2% presented higher viable *L. mucosae* cell counts (respectively $7.07 \pm 0.02 \log \text{CFU/g}$, and $7.22 \pm 0.03 \log \text{CFU/g}$) than the CY ($5.90 \pm 0.01 \log \text{CFU/g}$).

The *L. mucosae* survival assay revealed that the dairy matrix when supplemented with xique-xique flour protected the probiotic strain throughout the gastrointestinal tract, indicating synergistic effects with the studied microorganism. Some synergies allow enhanced food

bioactivity (Jacobs, Tapsell, & Temple, 2011), suggesting a tool that can aid functionality despite the complexity of the food matrix (Alongi & Anese, 2021). Probiotic survival at the end of the simulated digestion was an important result with regard to potential health benefits for consumers, since certain *L. mucosae* strains present the ability to adhere to the intestinal mucosa, resisting passage through the gastrointestinal tract, and exerting immunomodulatory activity, with production of exo-polysaccharides and bacteriocins (London et al., 2015; Moraes et al., 2018). The yogurts supplemented with xique-xique flour, and with an average cell population above 7 log CFU/g, presented satisfactory viability for consideration as a probiotic product (Diez-Gutiérrez et al., 2020; Terpou et al., 2019).

3.2 Sensory analysis

Before sensory testing, microbiological analysis according to sanitary hygienic standards revealed that all of the goat probiotic yogurt formulations prepared were suitable for consumption throughout the refrigerated storage period evaluated. *E. coli*, mold, and yeast counts (and the absence of *Salmonella* spp.) were in accordance with the criteria recommended by the legislation in force (Brazil, 2019), indicating good manufacturing practices.

The sensory acceptance tests results and intention to purchase the yogurts are shown in Table 2. The addition of differing xique-xique flour concentrations influenced acceptance for most of the sensory attributes evaluated ($p < 0.05$). The consumers assigned ratings using the hedonic terms "didn't like/dislike" to "moderately liked", which shows a relatively good acceptance for the yogurts. However, the XY1% formulation, at the end of storage, presented ratings for flavor ranging from "didn't like/dislike" to "slightly disliked".

Of the attributes evaluated, flavor suffered the most impact with the addition of xique-xique flour, with lower scores (4.35 ± 2.31 to 5.38 ± 2.37) as compared to the control yogurt (6.59 ± 2.23 to 7.29 ± 1.88). This can be justified by the presence of various matrix components,

such as fibers and phenolic compounds, which affect yogurt flavor (Machado et al., 2021). At the end of the refrigerated storage period, the yogurts supplemented with xique-xique flour obtained higher scores ($p < 0.05$) for the aroma attribute, especially the XY2% treatment (7.13 ± 1.74).

The xique-xique flour additions - XY1% (6.02 ± 2.06) and XY2% (6.43 ± 1.81) interfered with yogurt consistency - XY1% (6.02 ± 2.06) and XY2% (6.43 ± 1.81), and scored lower ($p < 0.05$) for this attribute when compared to the CY formulation (7.49 ± 1.47). This result may be related to the fiber present in xique-xique flour (Machado et al., 2021), which together with its nutrients may influence the three-dimensional gel/coagulum protein structure network, thus altering yogurt viscosity. This potentially affected sensory acceptance, since yogurts are expected to present a more full-bodied and viscous consistency (Costa et al., 2017).

Intention to purchase is important for evaluating the consumers' perception and interest in acquiring a new product. In this study, the addition of xique-xique flour may have negatively affected this parameter. The XY1% and XY2% formulations during storage ($p < 0.05$), presented hedonic values ranging from "might not buy" to "might/might not buy" (Table 2). However, the XY2% sample was noted as a second choice for purchasing ($p < 0.05$), just after the CY formulation, indicating its continued potential as a market, and/or marketing option.

The time variable was decisive for the acceptance of sensory attributes, especially for the xique-xique flour goat yogurt supplemented at 1.0%, which after 28 days of storage ($p < 0.05$), presented reduced scores for all attributes. The 2.0% xique-xique flour formulation scores remained unchanged ($p > 0.05$), even after 28 days of refrigerated storage, demonstrating that higher concentrations of this ingredient might well balance the sensory profile.

Overall, the scores obtained for most of the attributes evaluated were above 5.0, demonstrating good acceptance by consumers. This result is relevant, considering the potential health benefits for the consumer in the yogurts studied (Diez-Gutiérrez et al., 2020; Mackie et

al., 2020). It also demonstrates that adding vegetable components is an option to assuage the continuing difficulties encountered in the marketing of goat based dairy products (Costa et al., 2017; Bezerril et al., 2021; Feng et al., 2019).

Table 3 presents the JAR scale (Just About Right) idealization. This analysis is used to more accurately assess the consumer interaction by describing important sensory attributes when evaluating a new product and allows for a more comprehensive investigation (Gere et al., 2015; Matos et al., 2019). The JAR scale was applied to the yogurts for comparison using a 5-point scale to reveal perceptions concerning idealized attributes for color, aroma, consistency, texture, sweetness, flavor, and the acidity of the products.

For the first analysis point, differences ($p < 0.05$) were observed between formulations for product color (similarly to the acceptance test), with the higher scores for the CY (3.24 ± 0.68), followed by XY2% (2.89 ± 0.81) and XY1% (2.52 ± 0.79). However, on the 28th day of storage, the XY2% formulation scored equally as well as the control sample ($p > 0.05$), with the color indicated as being within the ideal range, lying between "a little less white than ideal" and "ideal". This data reveals that the consumer was able to identify change in yogurt color as mediated by the addition of xique-xique flour, and also that this addition did not interfere negatively with the consumer's expectations for ideal yogurt color, being within the expected standard for this type of product.

There were also differences ($p < 0.05$) between the samples regarding goat aroma. An increased perception of goat aroma was observed for the CY sample; rated by the evaluators as "ideal" or "a little stronger than ideal". This can be seen as barrier to acceptance for the product, since normally, goat milk products are not as well accepted as bovine dairy products due to the pronounced aroma and flavor of goat milk products, which is related to the medium-chain fatty acids composition of goat milk, such as caprylic, capric, and caproic acids (Costa et al., 2017).

Considering aroma as a peculiar characteristic of goat dairy products, some studies have suggested adding vegetable or fruit-based ingredients to improve both aroma and flavor (Feng et al., 2019). In this study, a reduced perception of goat flavor was observed for the XY1% and XY2% samples compared to the control yogurt ($p < 0.05$), demonstrating that the addition of xique-xique flour contributes by diminishing this attribute, often considered unpleasant by consumers. Similar results in a study corroborating the data from our research (Costa et al., 2017) were described when adding cupuaçu pulp (10%) that yielded a reduction in goat flavor and aroma, a favorable alternative for consumers who are resistant to consuming goat milk products.

No significant differences were observed ($p > 0.05$) for perceptions of consistency or texture when compared to the other formulations (excepting viscous consistency at 28 days of storage for sample XY1%, and which was noted as "a little more viscous than ideal" ($p < 0.05$)). Differences ($p < 0.05$) regarding perceptions of the degree of sweetness between yogurts were noted, in which CY obtained a sweetness degree of "a little less sweet than ideal", while the formulations supplemented with the different xique-xique flour concentrations obtained a sweetness degree of "extremely less sweet than ideal" ($p < 0.05$). This most likely indicates that addition of xique-xique flour to the samples minimizes perception of sweetness.

Acidity was only highlighted by the evaluators at the 28th day of storage. The XY1% formulation was noted as being "ideal" or as "a little more acidic than ideal" ($p < 0.05$). It is likely that the superimposition of acidity on sweetness in the formulation promoted greater perception of acidity, while interfering in sweetness perception. This was similar to what was observed in a study by Costa et al. (2017), who evaluated the influence of Cupuaçu pulp in yogurts made with goat's milk (in JAR scale analysis), and identified greater acidity perception due to the addition of Cupuaçu pulp.

As for the parameters concerning herbaceous aroma and flavor in the formulations supplemented with Xique-xique flour, no differences ($p > 0.05$) were identified by the test consumers, this was similar to results obtained in goat milk yogurt supplemented with Xique-xique jelly (Bezerril et al., 2021).

The JAR test was used in this study to reveal the market sensory potential of the formulations supplemented with Xique-xique flour, and thinking about future technological improvements in probiotic goat yogurt processing when supplementing with this ingredient. The questions contained in the JAR test improve discrimination between consumers, based on hedonic scores that by their nature increase the tester's interaction (Jaeger et al., 2015). This helps explain the differences found between the formulations when regarding JAR attributes related to color, goat aroma, consistency, sweetness, and acidity.

There were notably significant differences ($p < 0.05$) throughout the refrigerated storage (28 days) between the samples. The test consumers felt that the CY needed improvement in certain attributes, namely goat aroma and acidity (which were considered stronger than ideal), while color and sweetness were also established as attributes with sub-optimal characteristics (Fig. 2). The yogurts with Xique-xique flour revealed (throughout storage) similar needs for improvement, regarding color (stronger than ideal), higher acidity, and lower sweetness. However, it remains noteworthy that goat flavor perceptions were lower for the Xique-xique flour formulations than for the CY sample.

Herbaceous aroma and flavor were mild in the Xique-xique flour supplemented samples (Day 1). However, sample XY2% presented an increased perception of these attributes ($p < 0.05$) at the end of storage. Some of the consumers felt that the goat yogurts (with and without added flour) were somewhat less sweet than ideal. This resulted in a more than 1.5 point difference in overall acceptance. Thus, to improve both technological processing and acceptance of the formulations in the functional dairy products market, it is extremely

important to consider all of the attributes (i.e. characteristics differing from the ideal) in the data obtained in the penalty test.

Acceptance, preference, JAR scale, and penalty analysis are considered classic methods of evaluating consumer acceptability, using hedonic measures in food science to evaluate novel foods production and understand consumer preferences (Matos et al., 2019; Viejo, Fuentes, Howell, Torrico, & Dunshea, 2018).

These results are important for the dairy products market, and especially for the goat based dairy industry. They demonstrate that it is possible to insert a vegetable ingredient, such as cactaceous Xique-xique flour, and increase both nutritional value, and improve the technological and sensory properties of the end product, all while reducing consumer perceptions of goat aroma, a characteristic that directly impacts product acceptance.

4. Conclusion

This was the first study on probiotic yogurt supplemented with Xique-xique flour, with a view to demonstrate the potential of the dairy product as a delivery vehicle and as a protective matrix for survival of the autochthonous *L. mucosae* strain CNPC007 along a simulated gastrointestinal tract. We also for the first time evaluated the influence of Xique-xique flour supplementation on the sensory properties of the various yogurt formulations prepared. Our results revealed that *L. mucosae* CNCP007 when added to a goat yogurt with Xique-xique flour, survived simulated gastrointestinal digestion (counts higher than 7.0 log CFU/g) in the upper gastrointestinal tract, suggesting that these probiotic strains were able to pass through the gastrointestinal tract when delivered by goat-yogurt supplemented at 1.0% and 2.0% Xique-xique flour. In sensory analyses, the yogurts were well accepted, and the addition of Xique-xique flour minimized the "goat aroma" perception. The addition of Xique-xique flour did not negatively impact either the aroma perception or the herbaceous flavor attributes of the

products. However, consumers felt that the yogurt with Xique-xique flour, like the control yogurt, needed certain improvements; such as color, sweetness, and acidity. According to the penalties listed, such values can be used to alter the formulations to provide a product that adds marketing potential and functionality to probiotic goat milk products.

Conflict of interest

Authors declare no conflict of interest.

References

- Alongi, M. & Anese M. (2021). Re-thinking functional food development through a holistic approach. *Journal of Functional Foods*, 81, 104-466. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104466>
- Almusallam I. A., Ahmed, I. A. M., Babiker, E. E., Al-Juhaimi, F. Y., Saleh, A., Qasem, A. A., ... & Al-Shawaker, A. S. (2021). Effect of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) spikelets extract on the physicochemical and microbial properties of set-type yogurt during cold storage. *LWT – Food Science and Technology*, 148, 111-762. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111762>
- APHA. (2001). American Public Health Association. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 4th ed. APHA, Washington D.C., USA.
- Assis, P. O. A., Guerra, G. C. B., Araújo, D. F. S., Andrade, L. F. L. I., Araújo, A. A., Araújo, R. F. J., ... & Queiroga, R. C. R. E. (2019). Intestinal anti-inflammatory activity of xique–xique (*Pilosocereus gounellei* A. Weber ex K. Schum. Bly. Ex Rowl) juice on acetic acid-induced colitis in rats. *Food & Function*, 10, 7275–7290. <https://doi.org/10.1039/c9fo00920e>.
- Bezerril, F. F., Magnani, M., Pacheco, M. T. B., Souza, M. F. V., Figueiredo, R. M. F., Lima, M. S., ... & Queiroga, R. C. R. E. (2021). *Pilosocereus gounellei* (xique-xique) jam is source of fibers and mineral and improves the nutritional value and the technological properties of goat milk yogurt. *LWT – Food Science and Technology*, 139, 110512. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110512>

- Brazil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Diretoria Colegiada. (2019). Lista de Padrões Microbiológicos para Alimentos. Instrução Normativa N.º 60, de 23 de dezembro de 2019.
- Cai, W., Tang, F., Zhao, X., Guo, Z., Zhang, Z., Dong, Y. & Shan, C. (2019). Different lactic acid bacteria strains affecting the flavor profile of fermented jujube juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43, 1-14. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14095>
- Costa, M. P. C., Monteiro, M. L. G., Frasco, B. S., Silva, V. L. M., Rodrigues, B. L., Chiappini, C. C. J., & Conte-Junior, C. A. (2017). Consumer perception, health information, and instrumental parameters of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) goat milk yogurts. *Journal of Dairy Science*, 100, 157–168. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11315>.
- Diez-Gutiérrez, L., Vicente, L. S., Barrón, L. J., Villarán, M. C. & Chávarri, M. (2020). Gamma-aminobutyric acid and probiotics: Multiple health benefits and their future in the global functional food and nutraceuticals market. *Journal of Functional Foods*, 64, 103-669. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103669>
- Feng, C., Wang, B., Zhao, A., Wei, L., Shao, Y., Wang, Y., Cao, B., & Zhang, F. (2019). Quality characteristics and antioxidant activities of goat milk yogurt with added jujube pulp. *Food Chemistry*, 277, 238–245. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.104>.
- Gere, A., Sipos, L., & Héberger, K. (2015). Generalized Pairwise Correlation and method comparison: Impact assessment for JAR attributes on overall liking. *Food Quality and Preference*, 43, 88–96. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.02.017>
- Globe NewsWire. (2020). “Functional Food Market Size, Share, Growth, Trends, Consumption, Regional Insights and Forecast 2020 to 2027”. Retrieved from Functional Food Market Size Worth Arouns USD 309 Bn by (globenewswire.com). Accessed August 8, 2021.
- Hlpe. (2017). Nutrition and food systems. Retrieved from A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. Accessed August 5, 2021.
- Jaeger, S. R., D. C. Hunter, K. Kam, M. K. Beresford, D. Jin, A. G. Paisley, S. L. Chheang, C. M. Roigard, and G. Ares. (2015). The concurrent use of JAR and CATA questions in hedonic scaling is unlikely to cause hedonic bias but may increase product discrimination. *Food Quality and Preference*. 44, 70-74. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.04.001>
- Jacobs, D. R., Tapsell, L. C., & Temple, N. J. (2011). Food synergy: The key to balancing the

- nutrition effort. *Public Health Reviews*, 33, 507–529. <https://doi.org/10.1007/BF03391648>
- London L. E. E., Chaurin, V., Auty, M. A. E., Fenelon, M. A., Fitzgerald, G. F., Ross, P. R. Stanton, C. (2015). Use of *Lactobacillus mucosae* DPC 6426, an exopolysaccharide-producing strain, positively influences the techno-functional properties of yoghurt. *International Dairy Journal*, 40, 33-38. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2014.08.011>
- Madureira, A. R., Amorim, M., Gomes, A. M., Pintado, M. E., & Malcata, F. X. (2011). Protective effect of whey cheese matrix on probiotic stains exposed to simulated gastrointestinal conditions. *Food Research International*, 44, 465-470. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.09.010>
- Machado, A. D. G., Pacheco, M. T. B., Queiroga, R. C. R. E., Cavalcante, L. M., Bezerril, F. F., Ormenese, R. C. S. C., ... & Oliveira, M. E. G. (2021). Nutritional, physicochemical and sensorial acceptance of functional cookies enriched with xique-xique (*Pilosocereus gounellei*). *PLoS ONE*, 16, e0255287. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0255287>
- Mackie, A., Mulet-Cabero, A. & Torcello-Gómez, A. (2020). Simulating human digestion: developing our knowledge to create healthier and more sustainable foods. *Food & Function*, 11, 9397-9431. <https://doi.org/10.1039/D0FO01981J>
- Matos, A. D., Marangon, M., Magli, M., Cianciabella, M., Prederi, S., Curioni, A., & Vicenzi, S. (2019). Sensory characterization of cucumbers pickled with verjuice as novel acidifying agente. *Food Chemistry*, 286, 78-86. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.216>
- Moraes, G. M. D., dos Santos, K. M. O., de Barcelos, S. C., Lopes, S. A., & do Egito, A. S. (2018). Potentially probiotic goat cheese produced with autochthonous adjunct culture of *Lactobacillus mucosae*: Microbiological, physicochemical and sensory attributes. *LWT - Food Science and Technology*. 94:57-63. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.028>
- Nguyen, H., & Wismer, W. V. (2019). A comparison of sensory attribute profiles and liking between regular and sodium-reduced food products. *Food Research International*, 123, 631-641. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.05.037>
- Oliveira, J. S., & de Oliveira, C. A. (2019). Elaboração e caracterização de massa fresca enriquecida com farinha da cactácea xique-xique (*Pilosocereus Gounellei*). *Jornada de Iniciação Científica e Extensão*, 14, 96.
- Oliveira, M. E. G., Garcia, E. F., Oliveira, E. V., Gomes, A. M. P., Pintado M. E., Madureira, A. R. M. F., ... & de Souza, E. L. (2014). Addition of probiotic bacteria in a semi-hard

- goat cheese (*coalho*): Survival to simulated gastrointestinal conditions and inhibitory effect against pathogenic bacteria. *Food Research International*, 64 (2):241-247. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.06.032>
- Palczack, J., Blumenthal, D., & Delarue, J. (2019). From consumption behaviour to sensory measurement: Sensory characterization of the perceived flavour complexity of a chocolate dessert experience. *Food Quality and Preference*, 78, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.103734>
- Pan, Li-Hua., Liu, F., Luo, Shui-Zhong., & Luo, J. (2019). Pomegranate juice powder as sugar replacer enhanced quality and function of set yogurts: Structure, rheological property, antioxidant activity and in vitro bioaccessibility. *LWT - Food Science and Technology*, 115, 108479. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108479>.
- Ribeiro, T. S., Sampaio, K. B., Menezes, F. N. D. D., Assis, P. O. A., Lima, M., Oliveira, M. E. G., ... & do Egypto, R. D. C. R. (2020). In vitro evaluation of potential prebiotic effects of a freeze-dried juice from *Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum. Bly. Ex Rowl) cladodes, an unconventional edible plant from Caatinga biome. *3 Biotech*, 10, 1-9. <https://doi.org/10.1007/s13205-020-02442-8>
- Sánchez-Rodríguez, L., Cano-Lamadrid, M., Carbonell-Barrachina, A. A., Sendra, E. & Hernández, F. (2019). Volatile composition, sensory profile and consumer acceptability of hydrosustainable table olives. *Foods*, 8, 470. <https://doi.org/10.3390/foods8100470>
- Santis, D., Giacinti, G., Chemello, G., & Frangipane, M. T. (2019). Improvement of the sensory characteristics of goat milk yogurt. *Journal of Food Science*, 84, 2289-2296. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14692>
- SIGMASTAT (2006). Version 3.5. Point Richmond (Califórnia): Comercial.
- Silva, F. A., Oliveira, M. E. G., Figueirêdo, R. M. F., Sampaio, K. B., Souza, E. L., Oliveira, C. E. V., ... & Queiroga, R. C. R. E. (2017). The effect of Isabel grape addition on the physicochemical, microbiological and sensory characteristics of probiotic goat milk yogurt. *Food Function*, 8, 2121. <https://doi.org/10.1039/C6FO01795A>.
- Song, J., Xia, Y. & Zhong, F. (2021). Consumers with high frequency of 'just about right' in JAR scales may use lower cognitive effort: Evidence from the concurrent 9-point hedonic scale and CATA question. *Food Research International*, 143, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110285>
- 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>

Viejo, C. G., Fuentes, S., Howell, K., Torrico, D., & Dunshea, F. R. (2018). Robotics and computer vision techniques combined with non-invasive consumer biometrics to assess quality traits from beer foamability using machine learning: A potential for artificial intelligence applications. *Food Control*, 92, 72–79. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.04.037>

Figures Captions

Figure 1. Viable *Lactobacillus mucosae* CNPC007 cell counts in CY (A), XY1% (B), and XY2% (C) when exposed (●) and not exposed (■) to simulated digestion. The pH values in each digestion stage are shown at the top of the graph. Formulations: CY (control yogurt), XY1% (yogurt supplemented at 1% with Xique-xique flour), and XY2% (yogurt supplemented at 2% with Xique-xique flour).

Figure 2. Penalty analysis for JAR attributes and liking the goat milk probiotic yogurts (A) CY, (B) XY1%, and (C) XY2% as evaluated by all consumers (n=108). *Significant non-JAR attributes. Formulations: CY (control yogurt), XY1% (yogurt supplemented at 1% with Xique-xique flour), and XY2% (yogurt supplemented at 2% with Xique-xique flour).

Table 1. Processing conditions used in simulated digestion.

Stage	Compartment	Condition	Stirring (rpm)	Final pH	Exposure time
1	Before mouth	-	-	-	-
2	Mouth	Saliva solution	200	6.9	2
3	Esophagus – stomach	Stomach solution (pepsin)	130	5.5	10
4				4.6	10
5				3.8	10
6				2.8	20
7				2.3	20
8				2.0	20
9	Duodenum	Intestinal solution	45	5.0	30
10	Ileum	(pancreatin + bile salts)	45	6.5	60

Table 2. Acceptance test and purchase intention of the yogurt formulations.

Attributes	Treatments			
	Days	CY	XY1%	XY2%
Appearance	1	7,30 ±1,62	7,00 ±1,51 ^A	6,77 ±1,88
	28	7,54 ±1,50 ^a	5,99 ±2,13 ^{Bc}	6,84 ±1,69 ^b
Color	1	7,39 ±1,71	7,19 ±1,60 ^A	6,92 ±1,67
	28	7,32 ±1,56 ^a	6,56 ±1,87 ^{Bb}	6,89 ±1,55 ^{ab}
Consistency	1	7,14 ±1,84 ^a	6,74 ±1,63 ^{Aab}	6,43 ±1,90 ^b
	28	7,49 ±1,47 ^a	6,02 ±2,06 ^{Bb}	6,43 ±1,81 ^b
Aroma	1	6,86 ±1,83 ^A	6,91 ±1,89 ^A	7,13 ±1,74
	28	5,41 ±2,10 ^{Bb}	5,94 ±2,03 ^{Bb}	6,97 ±1,78 ^a
Flavor	1	6,59 ±2,23 ^{Ba}	5,38 ±2,37 ^{Ab}	5,26 ±2,20 ^b
	28	7,29 ±1,88 ^{Aa}	4,35 ±2,31 ^{Bc}	5,11 ±2,25 ^b
Overall impression	1	6,99 ± 1,94 ^a	6,17 ± 1,90 ^{Ab}	6,06 ± 1,80 ^b
	28	7,50 ±1,69 ^a	5,12 ±2,24 ^{Bc}	5,94 ±1,82 ^b
Purchase intention	1	3,89 ±1,07 ^a	3,03 ±1,14 ^{Ab}	2,86 ±1,11 ^b
	28	4,07 ±1,14 ^a	2,40 ±1,08 ^{Bc}	2,80 ±1,07 ^b

Results are expressed as average (n=3) ± standard deviation.

^{a-c}Mean ± standard deviation with different lowercase letters on the same line differed by the Tukey test or *t*-Student test ($p \leq 0.05$), between treatments.

^{A-B}Mean ± standard deviation with different capital letters in the same column differed by Student's *t*-test ($p \leq 0.05$), over storage time.

Formulations: CY (control yogurt), XY1% (yogurt added 1% with xique-xique flour) and XY2% (yogurt added 2% with xique-xique flour). Acceptance test (appearance, color, texture, aroma, and flavor) in a 9-point hedonic scale (1= disliked extremely, 9= liked extremely). Purchase intention in a 5-point scale (1 = certainly would not buy, 5 = certainly would buy).

Table 3. Just about right (JAR scales) results for the yogurts.

Attributes	Treatments			
	Days	CY	XY1%	XY2%
Color	1	3,24 ±0,68 ^a	2,52 ±0,79 ^{Bc}	2,89 ±0,81 ^{Bb}
	28	3,14 ±0,55 ^a	2,87 ±0,81 ^{Ab}	3,03 ±0,92 ^{Aab}
Goat aroma	1	3,12 ±0,83 ^b	3,19 ±0,80 ^{ab}	3,46 ±0,82 ^a
	28	3,17 ±0,57 ^b	3,29 ±0,83 ^{ab}	3,48 ±1,07 ^a
Herbaceous aroma	1	-	3,12 ±0,89	3,18 ±0,94
	28	-	3,33 ±0,94	3,34 ±1,07
Consistency	1	2,76 ±0,80	2,75 ±0,95 ^B	2,86 ±0,85
	28	2,87 ±0,64 ^b	3,22 ±1,10 ^{Aa}	2,89 ±0,86 ^b
Texture	1	2,82 ±0,70	2,91 ±0,74	3,06 ±0,89
	28	2,97 ±0,54	2,98 ±0,94	3,23 ±0,96
Sweetness	1	2,63 ±0,72	2,49 ±1,04	2,50 ±0,91
	28	2,65 ±0,71 ^a	1,97 ±1,09 ^b	2,20 ±0,87 ^b
Acidity	T1	3,09 ±0,76	3,34 ±0,92	3,21 ±0,90
	T28	3,14 ±0,63 ^c	3,91 ±1,10 ^a	3,48 ±0,88 ^b
Herbaceous flavor	1	-	3,13 ±1,04	3,28 ±1,12
	28	-	3,45 ±0,97	3,79 ±0,94

Results are expressed as average (n=3) ± standard deviation.

^{a-c}Mean ± standard deviation with different lowercase letters on the same line differed by the Tukey test or *t*-Student test ($p \leq 0.05$), between treatments.

^{A-B}Mean ± standard deviation with different capital letters in the same column differed by Student's *t*-test ($p \leq 0.05$), over storage time.

Formulations: CY (control yogurt), XY1% (yogurt added 1% with xique-xique flour) and XY2% (yogurt added 2% with xique-xique flour). JAR in a 5-point scale (1 = extremely less than ideal; 5 = extremely greater than ideal).

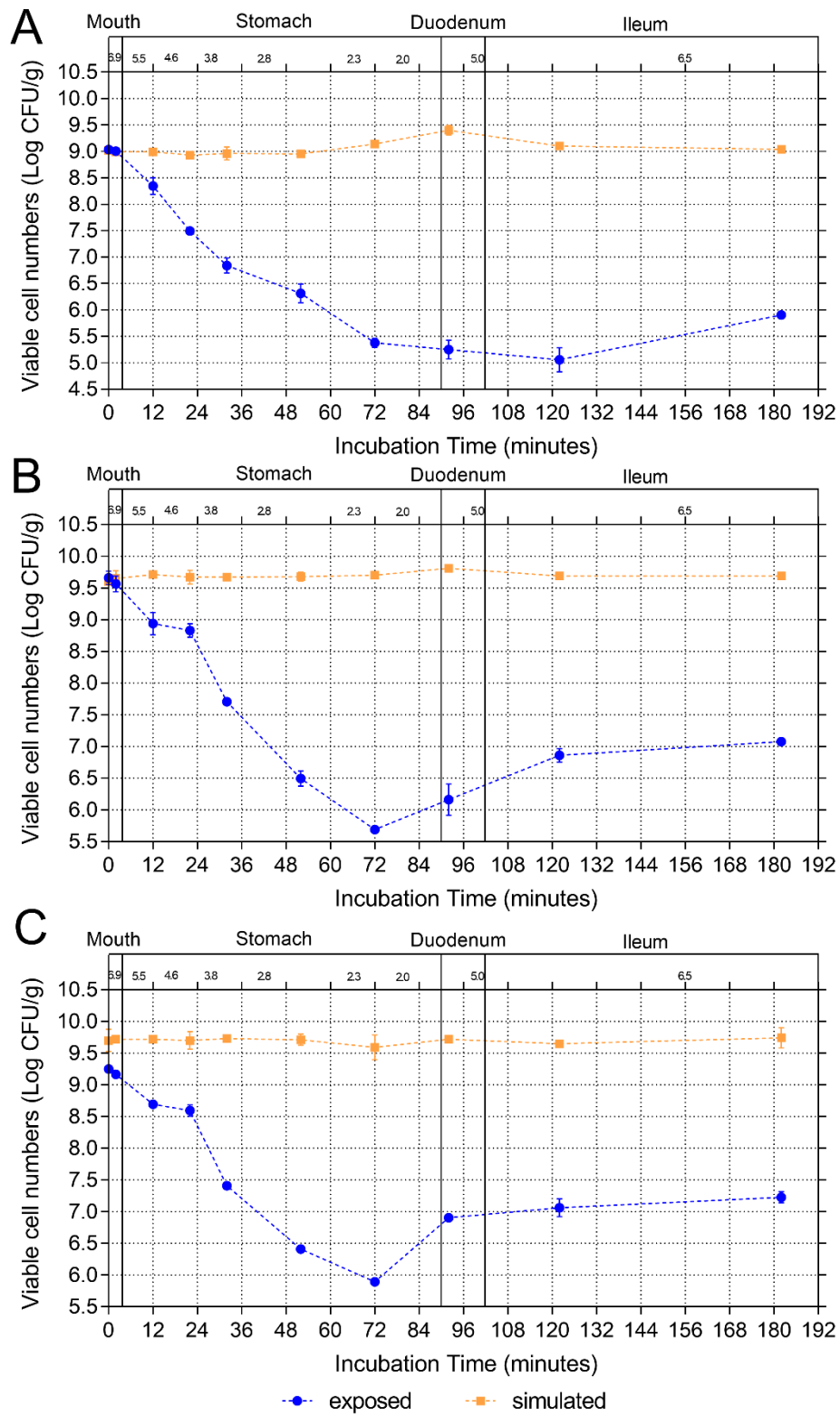
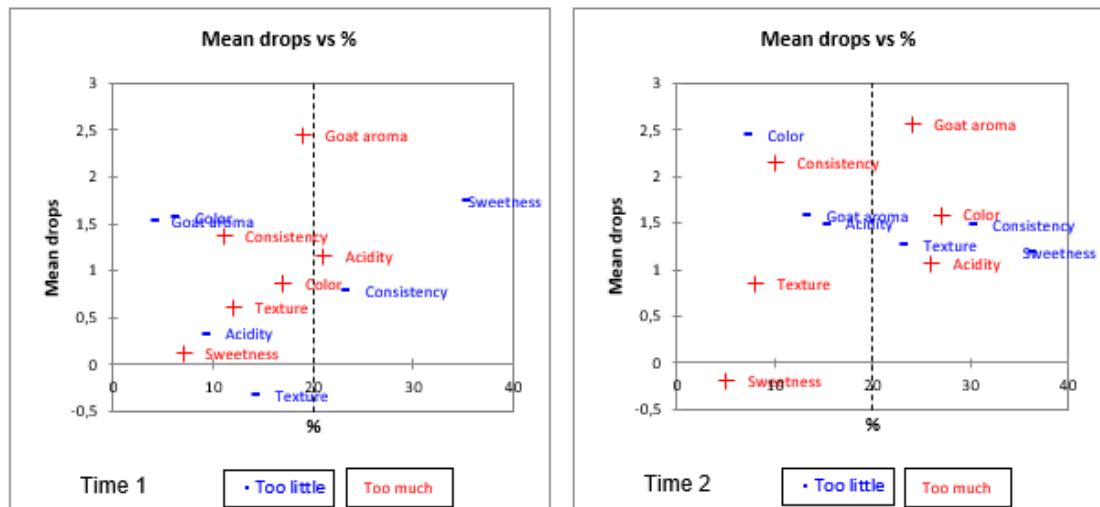
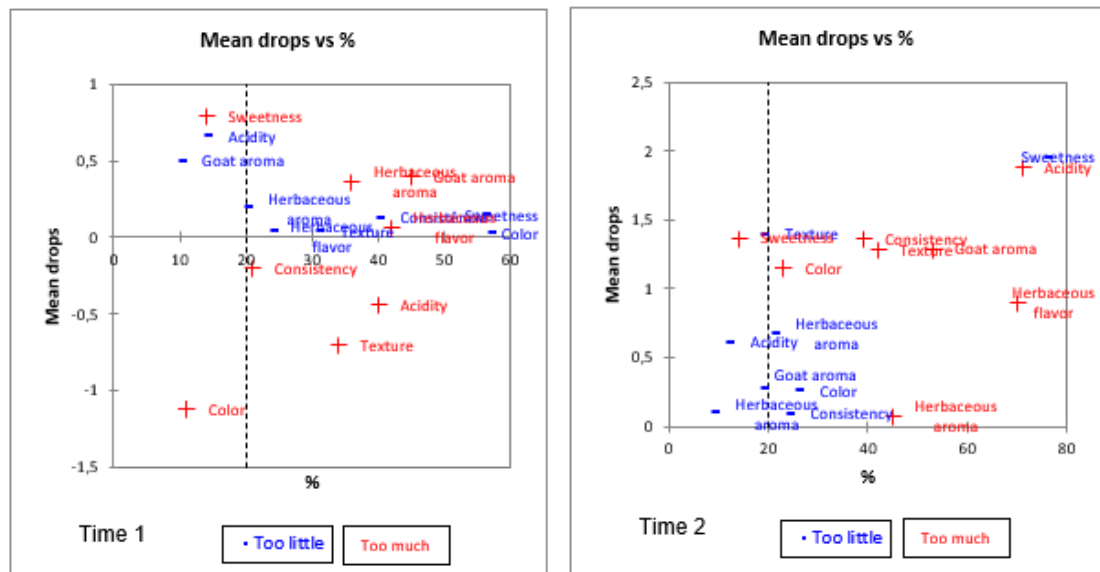


Fig. 1.

A



B



C

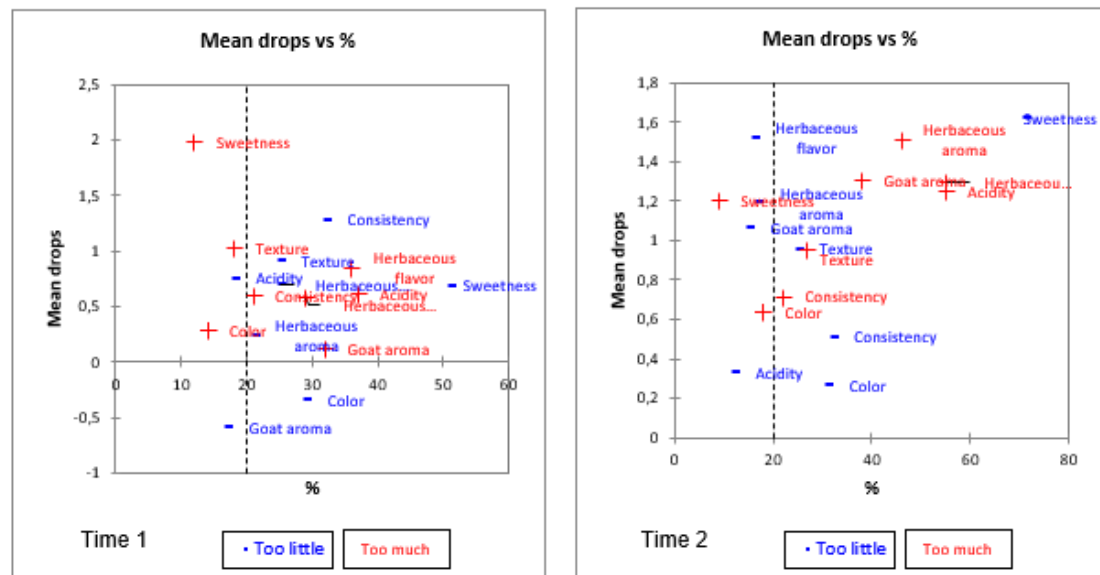


Fig. 2

6 CONCLUSÕES GERAIS

O processo de adição da farinha de xique-xique (*Pilosocereus gounellei*) em diferentes concentrações nos leites fermentados caprinos probióticos forneceu dados importantes sobre a composição nutricional e parâmetros tecnológicos desses produtos. Os leites fermentados adicionados da farinha de xique-xique apresentaram maior produção de ácidos orgânicos (málico, láctico e propiônico) e redução do teor de lactose ao longo do armazenamento refrigerado.

A formulação adicionada de maior concentração de farinha de xique-xique apresentou maiores contagens da cepa autóctone *L. mucosae*, maior teor de minerais, compostos fenólicos totais, flavonoides e atividade antioxidante. Os leites fermentados adicionados da farinha de xique-xique demonstraram efeito protetor frente as condições de digestão simulada, exibindo maiores contagens das células viáveis do *L. mucosae*.

As amostras com farinha de xique-xique obtiveram melhores resultados na análise sensorial em relação ao parâmetro aroma caprino, e a presença desse componente não impactou negativamente nas características de sabor e aroma herbáceo. Em relação a análise de penalidades, todas as amostras de leite fermentado caprino probiótico produzidas demonstraram necessidade de melhora em algum parâmetro.

Novos estudos utilizando diferentes formulações de farinha de xique-xique (*Pilosocereus gounellei*) em derivados lácteos caprinos probióticos devem ser realizados com foco na melhor adequação das formulações, e atendimento as perspectivas e necessidades dos consumidores tanto em relação ao exercício de efeitos benéficos à saúde, quanto aos parâmetros tecnológicos e sensoriais promovendo o surgimento de outros novos alimentos de aplicação promissora na indústria alimentícia, que possuam além de funcionalidade, uma melhor aceitação de mercado.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Teste de Aceitação Sensorial e Intenção de Compra.

Teste de Aceitação e Intenção de compra

Nome: _____ Idade: _____
 Sexo: _____ Escolaridade: _____ Data: _____

Você está recebendo 03 amostras codificadas de iogurte caprino. Prove e avalie sensorialmente a amostra de acordo com cada atributo e escreva o valor da escala que você considera correspondente à amostra (código) no que diz respeito aos atributos avaliados. Antes de cada avaliação, você deverá fazer uso da água e da bolacha.

- 9 – Gostei muitíssimo
 8 – Gostei muito
 7 – Gostei moderadamente
 6 – Gostei ligeiramente
 5 – Nem gostei/nem desgostei
 4 – Desgostei ligeiramente
 3 – Desgostei moderadamente
 2 – Desgostei muito
 1 – Desgostei muitíssimo

ATRIBUTOS	AMOSTRAS (Código)		
	462	600	125
Aparência			
Cor			
Textura			
Aroma			
Sabor			
Avaliação Global			

Agora indique sua atitude ao encontrar este produto no mercado.

- 5 – Compraria
 4 – Possivelmente compraria
 3 – Talvez comprasse/talvez não comprasse
 2 – Possivelmente não compraria
 1 – Jamais compraria

ATRIBUTOS	AMOSTRAS (Código)		
	462	600	125
Intenção de Compra			

Teste de Ordenação-Preferência

Após avaliar as duas amostras

Indique qual das amostras você prefere:

() 1º lugar () 2º lugar () 3º lugar

APÊNDICE B – Teste de JAR (*Just About Right*), Escala do Ideal

Por favor, prove a amostra 175 de iogurte caprino e indique na escala abaixo, sua opinião

Em relação à sua cor:

☐ Extremamente mais branco que o ideal	☐ Um pouco mais branco que o ideal	☐ Ideal
☐ Um pouco menos branco que o ideal	☐ Extremamente menos branco que o ideal	

Em relação ao aroma caprino:

☐ Extremamente mais forte que o ideal	☐ Um pouco mais forte que o ideal	☐ Ideal
☐ Um pouco menos forte que o ideal	☐ Extremamente menos forte que o ideal	

Em relação ao aroma herbáceo:

☐ Extremamente mais forte que o ideal	☐ Um pouco mais forte que o ideal	☐ Ideal
☐ Um pouco menos forte que o ideal	☐ Extremamente menos forte que o ideal	

Em relação à consistência:

☐ Extremamente mais viscoso que o ideal	☐ Um pouco mais viscoso que o ideal	☐ Ideal
☐ Um pouco menos viscoso que o ideal	☐ Extremamente menos viscoso que o ideal	

Em relação à textura:

☐ Extremamente mais grumoso/granuloso que o ideal	☐ Um pouco mais grumoso/granuloso que o ideal	☐ Ideal
☐ Um pouco menos grumoso/granuloso que o ideal	☐ Extremamente menos grumoso/granuloso que o ideal	

Em relação à sua doçura:

☐ Extremamente mais doce que o ideal	☐ Um pouco mais doce que o ideal	☐ Ideal
☐ Um pouco menos doce que o ideal	☐ Extremamente menos doce que o ideal	

Em relação à sua acidez:

☐ Extremamente mais ácido que o ideal	☐ Um pouco mais ácido que o ideal	☐ Ideal
☐ Um pouco menos ácido que o ideal	☐ Extremamente menos ácido que o ideal	

Em relação ao sabor herbáceo:

☐ Extremamente mais forte que o ideal	☐ Um pouco mais forte que o ideal	☐ Ideal
☐ Um pouco menos forte que o ideal	☐ Extremamente menos forte que o ideal	

Por favor, prove a amostra 600 de iogurte caprino e indique na escala abaixo, sua opinião

Em relação à sua cor:

☐ Extremamente mais branco que o ideal	☐ Um pouco mais branco que o ideal	☐ Ideal
☐ Um pouco menos branco que o ideal	☐ Extremamente menos branco que o ideal	

Em relação ao aroma caprino:

☐ Extremamente mais forte que o ideal	☐ Um pouco mais forte que o ideal	☐ Ideal
☐ Um pouco menos forte que o ideal	☐ Extremamente menos forte que o ideal	

Em relação ao aroma herbáceo:

☐ Extremamente mais forte que o ideal	☐ Um pouco mais forte que o ideal	☐ Ideal
☐ Um pouco menos forte que o ideal	☐ Extremamente menos forte que o ideal	

Em relação a consistência:

☐ Extremamente mais viscoso que o ideal	☐ Um pouco mais viscoso que o ideal	☐ Ideal
☐ Um pouco menos viscoso que o ideal	☐ Extremamente menos viscoso que o ideal	

Em relação a textura:

☐ Extremamente mais grumoso/granuloso que o ideal	☐ Um pouco mais grumoso/granuloso que o ideal	☐ Ideal
☐ Um pouco menos grumoso/granuloso que o ideal	☐ Extremamente menos grumoso/granuloso que o ideal	

Em relação à sua doçura:

☐ Extremamente mais doce que o ideal	☐ Um pouco mais doce que o ideal	☐ Ideal
☐ Um pouco menos doce que o ideal	☐ Extremamente menos doce que o ideal	

Em relação à sua acidez:

☐ Extremamente mais ácido que o ideal	☐ Um pouco mais ácido que o ideal	☐ Ideal
☐ Um pouco menos ácido que o ideal	☐ Extremamente menos ácido que o ideal	

Em relação ao sabor herbáceo:

☐ Extremamente mais forte que o ideal	☐ Um pouco mais forte que o ideal	☐ Ideal
☐ Um pouco menos forte que o ideal	☐ Extremamente menos forte que o ideal	

ANEXOS

ANEXO A – Parecer consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa

UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DA EMENDA

Título da Pesquisa: ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS ADICIONADOS DE XIQUE-XIQUE (*Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex. K. Schum.) Bly. ex Rowl.

Pesquisador: MARIA ELIEIDY GOMES DE OLIVEIRA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 79748617.2.0000.5188

Instituição Proponente: Centro De Ciências da Saúde

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.211.170

Apresentação do Projeto:

O projeto intitulado ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS ADICIONADOS DE XIQUE-XIQUE (*Pilosocereus gounellei*(A. Weber ex. K. Schum.) Bly. ex Rowl., pertencente a Pós do PPGCTA/CT, da doutoranda, MARIA ELIEIDY GOMES DE OLIVEIRA.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Elaborar e caracterizar os aspectos nutricionais e sensoriais de produtos alimentícios adicionados de xique-xique.

Objetivo Secundário:

Elaborar barra de cereal do tipo snack bar adicionado de farinha de xique-xique; Elaborar pão adicionado de polpa de xique-xique; Elaborar cookie adicionado de farinha de xique-xique; Elaborar uma geleia a partir do cilindro vascular (polpa) do xique-xique; Elaborar um iogurte caprino adicionado de geleia de xique-xique; Elaborar queijo cremoso caprino adicionado de farinha de xique-xique; Analisar as características tecnológicas, físicas e físico-químicas dos produtos; Analisar a composição mineral dos produtos; Realizar análises microbiológicas de controle de qualidade dos produtos; Realizar análises sensoriais das diferentes formulações dos produtos adicionados de xique-xique.

Endereço: UNIVERSITARIO S/N

Bairro: CASTELO BRANCO

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOAO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: comitedeetica@ccs.ufpb.br

**UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA**



Continuação do Parecer: 3.211.170

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Essa pesquisa não oferece riscos, previsíveis, para a sua saúde dos participantes. Há pouca probabilidade de algum incidente desfavorável durante a realização desta pesquisa, visto que, a elaboração dos produtos segue todo um protocolo de Boas Práticas de Fabricação, com o intuito de diminuir a presença de micro-organismos patogênicos ou deteriorantes que possam trazer algum dano a pessoa que o consuma. Além disso, serão realizadas análises microbiológicas que atestam a sanidade dos produtos antes de serem submetidos às análises sensoriais.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto apresenta-se bem instruído, de acordo com as normas da Resolução 466/12, que rege as pesquisas que envolvem os seres humanos.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

De acordo com o mesmo, a pesquisadora apresentou todos os requisitos em conformidade com a Resolução vigente do CNS.

Recomendações:

Recomenda-se aprovar.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

Certifico que o Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba – CEP/CCS aprovou a execução do referido projeto de pesquisa.

Outrossim, informo que a autorização para posterior publicação fica condicionada à submissão do Relatório Final na Plataforma Brasil, via Notificação, para fins de apreciação e aprovação por este egrégio Comitê.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_120132_2_E1.pdf	05/02/2019 14:12:32		Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto1.pdf	31/10/2017 13:39:57	MARIA ELIEIDY GOMES DE OLIVEIRA	Aceito

Endereço: UNIVERSITARIO S/N

Bairro: CASTELO BRANCO

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOAO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: comitedeetica@ccs.ufpb.br

**UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA**



Continuação do Parecer: 3.211.170

Outros	Cartas_de_Anuencia.pdf	20/09/2017 14:50:03	MARIA ELIEIDY GOMES DE OLIVEIRA	Aceito
Outros	Certidao_de_Aprovacao.pdf	20/09/2017 14:49:17	MARIA ELIEIDY GOMES DE OLIVEIRA	Aceito
Outros	Instrumento_de_Coleta.pdf	20/09/2017 14:48:09	MARIA ELIEIDY GOMES DE OLIVEIRA	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.pdf	20/09/2017 14:47:41	MARIA ELIEIDY GOMES DE OLIVEIRA	Aceito
Orçamento	ORCAMENTO.pdf	20/09/2017 14:47:23	MARIA ELIEIDY GOMES DE OLIVEIRA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	20/09/2017 14:45:02	MARIA ELIEIDY GOMES DE OLIVEIRA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO.pdf	20/09/2017 14:44:46	MARIA ELIEIDY GOMES DE OLIVEIRA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

JOAO PESSOA, 20 de Março de 2019

Assinado por:
Eliane Marques Duarte de Sousa
(Coordenador(a))

Endereço: UNIVERSITARIO S/N
Bairro: CASTELO BRANCO **CEP:** 58.051-900
UF: PB **Município:** JOAO PESSOA
Telefone: (83)3216-7791 **Fax:** (83)3216-7791 **E-mail:** comitedeetica@ccs.ufpb.br

ANEXO B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa **Desenvolvimento de leite fermentado probiótico caprino adicionado de farinha de xique-xique (*Pilosocereus gounellei*): propriedades tecnológicas, nutricionais, sensoriais e funcionais**

No caso de você concordar em participar, favor assinar ao final do documento. Sua participação não é obrigatória, e, a qualquer momento, você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador(a) ou com a instituição.

NOME DA PESQUISA: Desenvolvimento de leite fermentado probiótico caprino adicionado de farinha de xique-xique (*Pilosocereus gounellei*): propriedades tecnológicas, nutricionais, sensoriais e funcionais.

PESQUISADORES RESPONSÁVEIS: Dalyane Laís da Silva Dantas, Maria Elieidy Gomes de Oliveira

OBJETIVOS: Avaliar a influência da adição da farinha de xique-xique nos aspectos de qualidade do iogurte produzido com leite caprino.

Solicitamos a sua colaboração na avaliação sensorial, como também sua autorização para apresentar os resultados deste estudo em eventos da área de saúde e publicar em revista científica. Por ocasião da publicação dos resultados, seu nome será mantido em sigilo. Só deve participar desta pesquisa quem for consumidor de iogurte.

Os pesquisadores estarão a sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa.

Diante do exposto, declaro que fui devidamente esclarecido(a) e dou o meu consentimento para participar da pesquisa e para publicação dos resultados.

X _____

Assinatura do Participante da Pesquisa

Assinatura do Pesquisador Responsável