



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS - PPGCTA

FABRÍCIA FRANÇA BEZERRIL

DESENVOLVIMENTO DE IOGURTE CAPRINO ADICIONADO DE GELEIA DE
XIQUE-XIQUE (*Pilosocereus gounellei*): avaliação de características tecnológicas e
potencial funcional

JOÃO PESSOA - PB

2021

FABRÍCIA FRANÇA BEZERRIL

**DESENVOLVIMENTO DE IOGURTE CAPRINO ADICIONADO DE GELEIA DE
XIQUE-XIQUE (*Pilosocereus gounellei*): avaliação de características tecnológicas e
potencial funcional**

Tese apresentada ao Programa de Ciência e
Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal da
Paraíba, para obtenção do título de Doutora em
Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador (a): Prof^a Dr^a Rita de Cássia Ramos do Egypto Queiroga (*in memoriam*)
Prof^a Dr^a Marciane Magnani

Coorientador (a): Prof^a Dr^a Maria de Fátima Vanderlei de Sousa

JOÃO PESSOA - PB

2021

Catálogo de Publicação na Fonte. UFPB – Biblioteca Central
Seção de Catalogação e Classificação

B574d Bezerril, Fabrícia França

Desenvolvimento de iogurte caprino adicionado de geleia de xique-xique (*Pilosocereus gounellei*) : avaliação de características tecnológicas e potencial funcional / Fabrícia França Bezerril. - João Pessoa, 2021.

110 f. : il.

Orientação: Marciane Magnani

Coorientação: Maria de Fátima Vanderlei de Sousa.

Tese (Doutorado) - UFPB/CT.

1. Iogurte caprino. 2. Produtos lácteos - Caprinos. 3. Cactácea. 4. Xique-xique (*Pilosocereus gounellei*) - Geleia. 5. *Lactobacillus*. 6. Probiótico. I. Magnani, Marciane. II. Sousa, Maria de Fátima Vanderlei de. III. Título.

UFPB/BC

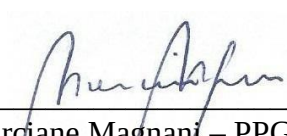
CDU 637.146.34(043)

FABRÍCIA FRANÇA BEZERRIL

DESENVOLVIMENTO DE IOGURTE CAPRINO ADICIONADO DE GELEIA DE
XIQUE-XIQUE (*Pilosocereus gounellei*): avaliação de características tecnológicas e
potencial funcional

Tese _____Aprovada_____ em 29 de setembro de 2021

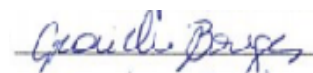
BANCA EXAMINADORA



Profª Drª Marciane Magnani – PPGCTA/CT/UFPB
Coordenadora da banca examinadora



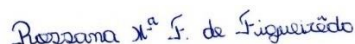
Profª Drª Maria Elieidy Gomes de Oliveira - PPGCTA/CT/Ufpb
Examinadora Interna



Profª Drª Graciele da Silva Campelo Borges - PPGCTA/CT/Ufpb
Examinadora Interna



Profª Drª Vanessa Bordin Viera – DN/UFCG
Examinadora externa



Profª Drª Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo – CTRN/UFCG
Examinadora externa

À minha eterna orientadora, professora e amiga
Profª Drª Rita de Cássia Ramos do Egypto
Queiroga (*in memoriam*) e aos meus pais,
Fernando Antônio e Maria das Dores, por todo
o amor, carinho e confiança,

dedico.

AGRADECIMENTOS

À minha eterna professora e orientadora Prof^a Dr^a Rita de Cássia Ramos do E. Queiroga (*in memoriam*) por seu carinho, atenção e dedicação durante os anos que fui sua aluna e orientanda. A todos os momentos e conquistas compartilhadas ao seu lado, pelas trocas, por todo o desenvolvimento e crescimento que me proporcionou dentro do meio acadêmico e também a nível pessoal, pelo exemplo profissional, quanto professora, pesquisadora, mãe, amiga e por todas as alegrias, encorajamentos, decepções e recomeços. Não tenho palavras para expressar o quão gigante e amorosa era a “Profa” Rita. Estará sempre presente na minha memória e sou eternamente grata.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro desta pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba (PPGCTA / UFPB), aos secretários Fernanda e Neto, assim como todos os servidores que o fazem parte, pela oportunidade na realização do doutorado e assistência concedida.

À Prof^a Dr^a Marciane Magnani (PPGCTA / UFPB) pelo acolhimento e confiança na condução e finalização desta pesquisa.

À minha coorientadora Prof^a Dr^a Fátima Vanderlei de Souza (Departamento de Ciências Farmacêuticas / UFPB) pela oportunidade de trabalhar em conjunto.

À Prof^a Dr^a Maria Elieidy Gomes de Oliveira (PPGCTA/ UFPB) pela orientação, carinho, suporte, generosidade, por toda força, amor e amizade que foram essenciais em todos os momentos e em especial ao final deste trabalho. Agradeço imensamente.

À Prof^a Dr^a Teresa Pacheco do Instituto de Alimentos (ITAL), pela orientação, disponibilidade e parceria, assim como também sou grata à Bruna, Esther e Mariana, pela atenção, amizade e acolhida e a todos os demais funcionários do Instituto.

À Prof^a Dr^a Graciele Campelo Borges (PPGCTA/ UFPB) pela experiência compartilhada, disponibilidade, atenção e parceria que foram de extrema importância durante a condução desta pesquisa.

À Prof^a Dr^a Tatiana Colombo Pimentel (Instituto Federal do Paraná – IFPR) pela atenção, suporte e sugestões de melhorias no desenho experimental, e por todo o tempo dedicado no aprimoramento dos artigos.

À Profª Drª Rossana Maria Feitosa Figueiredo (Universidade Federal de Campina Grande – UFCG) pelo apoio, disponibilidade, atenção e colaboração para o andamento desta pesquisa.

À Profª Drª Vanessa Bordin (UFCG/ Campus Cuité) pelas sugestões e apoio necessários à realização deste projeto, sempre de forma muito carinhosa.

Ao Profª Dr. Marcos Santos Lima (Instituto Federal do Sertão Pernambucano - IFPE/ Campus Petrolina), pelo suporte durante a realização das análises deste trabalho.

À Profª Drª Haíssa Cardarelli (Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional – CTDR/ UFPB) por todo o apoio prestado durante a pesquisa.

Ao Profª Pedro Dantas (Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande – DEAG/ UFCG) pelas contribuições compartilhadas desde o início deste projeto.

À Profª Drª Marta Madruga e demais colaboradores do Laboratório de *Flavor* do Centro de tecnologia da UFPB, em especial Lorena Lucena, Leila Moreira e Mércia pela condução das análises finais deste trabalho, bem como pelo carinho e amizade.

Aos técnicos do Laboratório de Bromatologia de Alimentos, do Centro de Saúde da UFPB. Guilherme, Cecília, Dudu e Patrícia, obrigada por tudo, sou imensamente grata por todo o apoio que me deram, em especial no momento que precisei retornar ao laboratório para a conclusão deste trabalho.

Às “xiquetosas” (nome dado carinhosamente pela Profª Rita ao nosso grupo de pesquisa), Paloma, Karol, Daly e Tamires serei sempre grata a amizade de vocês, por todas as trocas, pela confiança, por todas as nossas conversas, as alegrias, choros e risos e a tudo o que passamos juntas. Todos esses momentos tiveram um significado valioso em minha vida e esse trabalho também foi construído junto a vocês.

À família Labinho que foram essenciais em toda minha vida acadêmica Tay, Fran, Fernanda, Thaís, Yasmim e Neusa, muito obrigada por tudo, meninas.

À minha turma do doutorado do PPGCTA em especial à Mika, Leo, Aninha, Caio, Manu, Lary e Bianca, vocês são especiais.

Aos amigos que a nutrição me deu, em especial Amanda, Bel, Nati e Jackson obrigada por todo apoio e amor de vocês.

Por fim, agradeço aos meus pais Fernando e Dora, à minha irmã Fernanda, ao meu sobrinho Ravi e ao meu namorado Felipe que me deram todo o suporte e todo o amor do mundo, que sempre acreditaram e confiaram em mim e que foram fundamentais para que essa experiência acontecesse na minha vida. Amo vocês.

RESUMO

O leite de cabra é uma importante matriz alimentar, fonte de nutrientes que trazem benefícios à saúde humana. A procura por produtos lácteos funcionais derivados de leite caprino vem aumentando, principalmente por consumidores que apresentam alguma alergia ou intolerância ao leite de vaca. O iogurte vem sendo incluído na rotina diária por ser um alimento prático e de fácil consumo, nutritivo e com potencial funcional, em especial quando da adição de ingredientes com compostos bioativos. Entre as cactáceas já catalogadas, o *Pilosocereus gounellei*, popularmente conhecido como xique-xique, possui atividades anti-inflamatória e antioxidante. O objetivo deste estudo foi elaborar um iogurte caprino adicionado de geleia de xique-xique e avaliar as características tecnológicas e seu potencial funcional com ou sem adição de cultura probiótica. Para tanto, o estudo foi conduzido em duas etapas. Inicialmente foram elaborados a geleia e duas formulações de iogurte, sendo: iogurte caprino convencional (IC) e iogurte caprino adicionado de geleia de xique-xique (IX) e, a partir dos dados obtidos acerca do perfil nutricional da geleia e do iogurte, foi elaborado um terceiro tratamento com iogurte probiótico adicionado de geleia de xique-xique (IP). Foram identificados na geleia de xique-xique potássio, magnésio, cálcio e manganês em quantidades expressivas, bem como treze compostos fenólicos, pertencentes aos grupos dos flavonóis, flavóis, ácidos fenólicos e flavanonas, apresentando bioacessibilidade de 2,79 a 172,52%. As propriedades físico-químicas e tecnológicas dos iogurtes adicionados da geleia foram avaliadas, bem como os aspectos sensoriais. A adição da geleia resultou em iogurtes com maior teor de lipídios, proteínas e minerais, melhora das propriedades tecnológicas como menor acidez e viscosidade reduzida do que o iogurte convencional, sem impacto na aceitação sensorial (aparência, cor, consistência, aroma, sabor e aceitação geral) ou características sensoriais (*Just about Right*, cor, aroma, consistência, textura, doçura, sabor e acidez). Na segunda etapa, visando avaliar o perfil fermentativo, de compostos voláteis e os atributos sensoriais de preferência do iogurte adicionado de geleia de xique-xique e da cultura probiótica *Lactocaseibacillus casei* 01, foi identificado que o tratamento IP apresentou menor teor de açúcares (galactose e glicose), maior teor de ácidos orgânicos (ácido lático e ácido propiônico) e maior concentração de compostos voláteis, características sensoriais melhoradas, com maior aroma e sabor herbáceo, aroma lácteo, aroma e sabor adocicado e aroma e sabor típicos. Os resultados obtidos indicam a geleia de xique-xique como matéria prima para o desenvolvimento de novos produtos, apresentando uma melhora do valor nutricional e das propriedades tecnológicas dos iogurtes de leite de cabra. A utilização do *L. casei* 01 na produção do iogurte adicionado da geleia de xique-xique possibilitou minimizar os atributos de aroma e sabor associados aos produtos lácteos caprinos.

Palavras-chave: Cactácea. Leite caprino. *Lactocaseibacillus*. Probiótico

ABSTRACT

Goat milk is an important food matrix, source of nutrients that bring benefits to human health. The demand for functional dairy products derived from goat milk has been increasing, especially by consumers who have some allergy or intolerance to cow's milk. Yogurt has been included in the daily routine for being a practical and easy to consume nutritious food with functional potential, especially when ingredients with bioactive compounds are added. Among the cacti already catalogued, the *Pilosocereus gounellei*, popularly known as xique-xique, has anti-inflammatory and antioxidant activities. The objective of this study was to elaborate a goat yogurt with the addition of xique-xique jam and evaluate the technological characteristics and its functional potential with or without the addition of probiotic culture. To this end, the study was conducted in two stages. Initially, the jam and two formulations of yogurt were prepared, being: conventional goat yogurt (CY) and goat yogurt with added jam of xique-xique (XY) and, from the data obtained about the nutritional profile of the jam and yogurt, a third treatment was prepared with probiotic yogurt with added jam of xique-xique (PY). Potassium, magnesium, calcium and manganese in significant amounts were identified in the xique-xique jam, as well as thirteen phenolic compounds, belonging to the groups of flavonols, flavols, phenolic acids and flavanones, presenting bioaccessibility from 2.79 to 172.52%. The physicochemical and technological properties of the yogurts added with the jam were evaluated, as well as the sensory aspects. The addition of the jam resulted in yogurts with higher lipid, protein and mineral content, improved technological properties such as lower acidity and reduced viscosity than conventional yogurt, without impact on sensory acceptance (appearance, color, consistency, aroma, flavor and overall acceptance) or sensory characteristics (Just about Right, aroma, consistency, texture, sweetness, flavor and acidity). In the second stage, aiming to evaluate the fermentative profile, volatile compounds and sensory attributes of preference of yogurt added with xique-xique jam and the probiotic culture *Lacticaseibacillus casei* 01, it was identified that the PY treatment showed lower content of sugars (galactose and glucose), higher content of organic acids (lactic acid and propionic acid) and higher concentration of volatile compounds, improved sensory characteristics, with higher herbaceous aroma and flavor, dairy aroma, sweetened aroma and flavor and typical aroma and flavor. The results obtained indicate the xique-xique jam as a raw material for the development of new products, presenting an improvement in the nutritional value and technological properties of goat milk yogurts. The use of *L. casei* 01 in the production of yogurt added to the xique-xique jam made it possible to minimize the attributes of aroma and flavor associated with goat milk products.

Keywords: Cacti. Goat milk. *Lacticaseibacillus*. Probiotic.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

ILUSTRAÇÕES DA TESE

Figura 1 – Ilustração dos Biomas brasileiros	22
Figura 2 – Ilustração do <i>Pilosocereus gounellei</i> (xique-xique).....	24
Figura 3 – Delineamento experimental da geleia de xique-xique e dos tratamentos IC e IX.....	26
Figura 4 – Delineamento experimental dos tratamentos IC, IX e IP	26
Figura 5 – Fluxograma de elaboração dos iogurtes.....	29

ILUSTRAÇÃO DO ARTIGO I

Figure 1 – Penalty analysis for JAR attributes and liking of the goat milk yogurts.....	57
--	----

ILUSTRAÇÃO DO ARTIGO II

Figure 1 – PCA map (A) and confidence ellipses for the goat milk yogurts during storage (1, 14 and 28 days). CY (control yogurt), XY (yogurt added with xique-xique jam) and PY (probiotic yogurt added with xique-xique jam).....	94
---	----

Figure 2 – GPA for the goat milk yogurts during storage. (A) day 1, (B) day 14, and (C) day 28. CY (control yogurt), XY (yogurt added with xique-xique jam) and PY (probiotic yogurt added with xique-xique jam)	96
---	----

LISTA DE TABELAS

TABELA DA TESE

Tabela 1 – Valores médios das variáveis físico-químicas do leite de cabra utilizado para a elaboração dos iogurtes.....	28
--	----

TABELA DO ARTIGO I

Table 1 – Acceptance test and purchase intention of the yogurt formulations	56
--	----

TABELAS DO ARTIGO II

Table 1 – Sugar profile of the goat milk yogurts	87
Table 2 – Organic acid profile of goat milk yogurts.....	88
Table 3 – Volatile compounds in yogurts	89

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 CAPRINOCULTURA LEITEIRA E QUALIDADE DO LEITE CAPRINO	14
2.2 IOGURTE CAPRINO	15
2.3. IOGURTES PROBIÓTICOS	17
2.3.1 <i>Lactocaseibacillus casei</i>	19
2.4 CACTÁCEAS	21
2.4.1 <i>Pilosocereus gounellei</i> ((A. Weber ex. K. Schum.) Bly. ex Rowl.).....	23
3 MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 LOCAL DE EXECUÇÃO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	25
3.2 MATÉRIA-PRIMA	27
3.3 CONTROLE DE QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA.....	27
3.3.1 Leite caprino	27
3.4 PROCESSO DE ELABORAÇÃO DA GELEIA DE XIQUE-XIQUE.....	28
3.5 PROCESSO DE ELABORAÇÃO DOS IOGURTES	28
3.6 AVALIAÇÃO DA GELEIA DE XIQUE-XIQUE E DAS FORMULAÇÕES DE IC E IX.....	29
3.6.1 Caracterização físico-química das geleias e iogurtes	29
3.6.2 Perfil mineral das geleias e iogurtes.....	30
3.6.3 Fatores antinutricionais, perfil fenólico e bioacessibilidade e atividade antioxidante das geleias.....	30
3.6.4 Análise sensorial dos iogurtes.....	31
3.6.5 Análise estatística.....	32
3.7 AVALIAÇÃO DOS IOGURTES E IOGURTE PROBIÓTICO CAPRINO DURANTE ARMAZENAMENTO	32
3.7.1 Perfis de ácidos orgânicos e açúcares	33
3.7.2 Perfil de compostos voláteis	33
3.7.3 Análise sensorial dos iogurtes.....	34
3.7.4 Análise estatística.....	35
REFERÊNCIAS	36
4 RESULTADOS	46
ARTIGO I	47

ARTIGO II.....	58
5 CONCLUSÕES GERAIS	99
APÊNDICE A - Modelo de ficha empregada no teste	100
APÊNDICE B - Modelo de ficha empregada no teste	101
APÊNDICE C - Modelo de ficha empregada no teste	105
APÊNDICE C - Modelo de ficha empregada no teste	106
APÊNDICE C - Modelo de ficha empregada no teste	107
ANEXO A - Parecer consubstânciado do comitê de ética e pesquisa	108
ANEXO B - Patente de invenção 1: Processo de elaboração de geleia de xique-xique ...	109
ANEXO C - Patente de invenção 2: Elaboração de iogurte caprino adicionado de geleia de xique-xique	110

1 INTRODUÇÃO

O iogurte é um dos produtos lácteos mais populares do mundo e muito utilizado para incorporar ingredientes (GU et al., 2020), visando agregar valor, como probióticos, prebióticos, extratos de plantas, frutas, entre outros (COSTA et al., 2020; FAZILAH et al., 2018). Nos iogurtes probióticos os *Lacticaseibacillus* são os microrganismos mais utilizados (CHAMPAGNE; CRUZ; DAGA, 2018; Gu et al., 2020), sendo o *Lacticaseibacillus casei* relacionado as melhoras nas infecções do trato respiratório (HILL et al., 2017), além das propriedades antihipertensiva, antioxidante, anticarcinogênica e antihipocolesterolemica associadas (GROM et al., 2020; OZCAN; OZDEMIR; AVCI, 2020).

Por décadas o leite caprino vem sendo considerado um alimento funcional e muito utilizado na produção de uma ampla variedade de produtos, tais como bebidas com baixo teor de gordura e fortificadas, alimentos fermentados (queijos, iogurtes, leitelho), congelados, manteiga, produtos condensados, entre outros (VERRUCK; DANTAS; PRUDENCIO, 2019). Entretanto, os produtos caprinos ainda apresentam uma baixa aceitação em relação aos produtos lácteos de vaca, devido suas características sensoriais resultantes da presença de ácidos graxos livres de cadeia curta, especialmente capróico (C6:0) e caprilíco (C8:0), sendo a incorporação de ingredientes, como o uso de frutas uma alternativa para mascarar o sabor caprino e elevar sua aceitação pelos consumidores (FENG et al., 2019; RANADHEERA; NAUMOVSKI; AJLOUNI, 2018).

Alguns estudos desenvolveram iogurtes caprinos com adição de polpa de jujuba (FENG et al., 2019), polpa de cupuaçu (COSTA et al., 2017) e farinha de yacon (FABERSANI et al., 2018) obtendo como resultados a melhora na aceitação sensorial, nas propriedades físico-químicas, características de texturas e atividade antioxidante (FENG et al., 2019). Sendo assim, o uso de extratos vegetais, geleias, farinhas e plantas alimentícias não convencionais (PANC), tem sido ingrediente promissor na elaboração de produtos lácteos, como o iogurte.

As Plantas Alimentícias não Convencionais (PANC), são assim denominadas por não possuírem método comum de processamento, ter reduzido valor de mercado ou por serem comercializadas em pequena escala e incluem plantas nativas e exóticas, cultivadas de forma espontânea, a exemplo dos cactos (KINUPP; LORENZI, 2014; LEAL; ALVES; HANAZAKI, 2018). A exploração de espécies vegetais subutilizadas torna-se uma forma de garantir o abastecimento de alimentos em quantidade e qualidade adequadas, uma vez que alimentos à base de plantas são amplamente reconhecidos como fontes de nutrientes. Estudos mostraram

que algumas espécies de cactos encontradas nas regiões do Semiárido brasileiro são excelentes fontes de nutrientes e compostos bioativos (ARAÚJO et al., 2021).

Pertencente à família *Cactaceae* e ao gênero *Pilosocereus*, o *Pilosocereus gounellei* (F.A.C. Weber) Byles & Rowley, denominado popularmente de xique-xique, é uma cactácea que apresenta elevado conteúdo de água, baixo teor de proteínas e lipídios, alto teor de fibras solúveis e insolúveis, compostos fenólicos e quantidades expressivas de minerais, com destaque para o cálcio, magnésio, selênio e zinco no cilindro vascular (BEZERRIL et al., 2021a). Além de possuir propriedades nutricionais relevantes, estudos verificaram a atividade antioxidante (MACIEL et al., 2016), atividade anti-inflamatória (ASSIS et al., 2019), protetor da mucosa gástrica (SOUSA, 2018) e propriedade ansiolítica (OLIVEIRA et al., 2018). O xique-xique pode ser usado na produção de alimentos, em produtos de panificação, cocada, doces (ALMEIDA et al., 2007), cuscuz (LUCENA et al., 2013) e suco (CARVALHO et al., 2021).

Considerando os aspectos abordados, o objetivo deste estudo foi investigar a potencialidade do xique-xique, a partir da elaboração de uma geleia, sendo investigado o seu potencial nutricional, perfil de compostos bioativos e propriedades físico-químicas. Posteriormente, iogurtes caprinos foram elaborados com adição da geleia de xique-xique, sendo investigado seu potencial nutricional, propriedades físico-químicas, reológicas e sensoriais. Na sequência, foi elaborada uma nova formulação de iogurte caprino adicionado de geleia de xique-xique e da cultura probiótica *Lacticaseibacillus casei* e avaliado seu comportamento durante o armazenamento, quanto a produção de compostos voláteis, ácidos orgânicos e açúcares, correlacionando-os com os atributos sensoriais de preferência.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CAPRINOCULTURA LEITEIRA E QUALIDADE DO LEITE CAPRINO

A criação de cabras fornece um papel importante na economia de muitos países em desenvolvimento. Em 2016 a produção mundial caprina era estimada em 1 bilhão, com produção leiteira de 15.262.116 toneladas. No mundo, segundo dados da FAO (2018), o leite caprino é a terceira variedade de leite mais produzida, estando atrás apenas do leite de vaca e de búfala. Os países em destaque na produção de leite caprino são a Índia, Bangladesh e Paquistão, na Ásia (52,7%); Sudão, Sudão do Sul e Somália, na África (25,7%); França, seguida pela Espanha e Grécia como os maiores produtores na Europa (16,6%) e ainda em crescimento na América (4,9%), tendo como prospecção no mercado um aumento de mais de 53% até 2030 (PULINA et al., 2018; VERRUCK; DANTAS; PRUDENCIO, 2019).

No continente Americano, o Brasil é o maior produtor de leite caprino, com produção de 26 milhões de litros/ano e tem com a caprinocultura leiteira um importante papel socioeconômico, contribuindo com a fonte de renda (carne e leite) de pequenos agricultores rurais das regiões Nordeste e Sudeste, suas principais produtoras nacionais (70% e 24% respectivamente) (GESTARO; SCHMITD, 2021; IBGE, 2017). Em 2018, o rebanho caprino era de mais de 10 milhões de cabeças (GESTARO; SCHMITD, 2021) e, em levantamento realizado pelo IBGE em 2017, a Paraíba apontou como o maior estado produtor de leite de cabra, sendo responsável pela produção de 5,6 milhões de litros de leite caprino neste ano (IBGE, 2017). Em 2019, a caprinocultura leiteira no Nordeste apresentou os estados da Paraíba e Pernambuco com 50% da produção regional e 35% nacional (GESTARO; SCHMITD, 2021).

O leite de cabra é conhecido por ser uma importante matriz alimentar que fornece benefícios à saúde humana. Além de ser um alimento nutricionalmente importante na dieta da população por ser fonte de cálcio e fósforo, o leite caprino apresenta uma menor quantidade de α_{S1} caseína em sua composição e uma cor mais branca que o leite de vaca, devido a conversão do β -caroteno em vitamina A (KALYANKAR; KHEDKAR; PATIL, 2016). Tem sido considerado uma excelente fonte para indivíduos que possuam intolerância a lactose, pois possui baixa alergenicidade, menor tamanho dos glóbulos de gordura e menor cadeia de ácidos graxos em sua composição, fornecendo uma melhora na digestibilidade quando comparado ao leite de vaca (CLARK; GARCIA, 2017).

O leite de cabra é composto por 87% de água, 4% de gordura, 4,5% de carboidratos, 1% de resíduo mineral fixo e 3,5% de proteína (HAENLEIN, 2001). Dentre as proteínas do leite, aproximadamente 80% são caseínas ($\alpha 1$, $\alpha 2$, β -, e κ -) e 20% são proteínas do soro de leite (α -lactalbumina (α -LA), β - lactoglobulina (β -LG), albumina sérica e imunoglobulinas). Nutricionalmente, o leite de cabra é superior em comparação com o leite de vaca, em relação aos níveis de cálcio, ácidos graxos de cadeia curta e média e vitaminas A e D, mas apresenta baixos níveis de ácido fólico, vitamina C e B12 (RUBIN et al., 2021).

Uma variedade de produtos pode ser produzida a partir do leite de cabra, como bebidas fermentadas, queijos, manteiga, sorvetes, doces, produtos secos e condensados e, por seu potencial nutritivo, o leite caprino se apresenta como uma excelente matriz para o desenvolvimento de novos produtos que contribuam na promoção da saúde, assim como produtos com potencial funcional (VERRUCK; DANTAS; PRUDENCIO, 2019).

Apesar dos inúmeros benefícios apresentados e aspectos de interesses em relação ao leite de vaca, o leite caprino confere uma característica sensorial marcante devido a presença de ácidos graxos na sua composição, em especial o capróico, caprilíco e cáprico (C6:0, C8:0 e C10:0, respectivamente), os quais são responsáveis pelo *flavour* característico dos produtos caprinos, sendo um aspecto que apresenta restrição e inaceitação entre muitos consumidores (FENG et al., 2019; RANADHEERA; NAUMOVSKI; AJLOUNI, 2018).

Na tentativa de solucionar este problema, nos últimos anos a indústria de alimentos vem criando alternativas para amenizar o sabor caprino e aumentar a aceitação dos seus produtos, como a adição de sabores e aromas, utilizando essências, frutas ou seus derivados, agregando valor nutricional e reduzindo o sabor residual (FENG et al., 2019; MACHADO et al., 2017). A adição de frutas e outros ingredientes além de beneficiar as características nutricionais e funcionais, também contribui para aumentar a vida de prateleira do produto e aceitação dos consumidores (CAIS-SOKOLIŃSKA; WALKOWIAK-TOMCZAK, 2021).

2.2 IOGURTE CAPRINO

Segundo a Instrução Normativa nº 46, de 23 de outubro de 2007, entende-se por Leites Fermentados os produtos adicionados ou não de outras substâncias alimentícias, obtidas por coagulação e diminuição do pH do leite, ou reconstituído, adicionado ou não de outros produtos lácteos, por fermentação láctica mediante ação de cultivos de microrganismos específicos. E, entende-se por iogurte, o produto incluído na definição de leite fermentado, cuja fermentação se realiza com cultivos protosimbióticos de *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* e

Lactobacillus delbrueckii subsp. *bulgaricus*, aos quais podem acompanhar, de forma complementar, outras bactérias ácido-láticas que, por sua atividade, contribuem para a determinação das características do produto final (BRASIL, 2007).

A base da formação do iogurte consiste na atuação das bactérias lácticas termofílicas que desestabilizam a proteína do leite, juntamente com a desnaturação proteica induzida pelo calor, com retenção de uma fase de soro a partir da formação de uma rede gel tridimensional (LUCHEY, 2002; SODINI et al, 2004). Tais microrganismos auxiliam, também, no beneficiamento da saúde (MORELLI, 2014). *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* e *S. salivarius* subsp. *thermophilus* são os microrganismos responsáveis pela produção de ácido, sabor e textura e, de acordo com o CODEX (2003), essas são as culturas iniciadoras que devem estar presentes no iogurte (GU et al., 2020). No entanto, esses microrganismos não são capazes de resistir a passagem pelo trato gastrintestinal e colonizar o intestino humano (MEYBODI et al., 2020; PEI et al., 2017).

As mudanças que ocorrem durante o processo fermentativo do iogurte e o desenvolvimento das bactérias ácido lácticas podem alterar o perfil dos compostos voláteis. Diversas reações bioquímicas ocorrem durante a fermentação do iogurte e são processos resultantes da presença dessas bactérias (SETTACHAIMONGKON; VAN VALENBERG; SMID, 2017). Desta forma, tanto os compostos voláteis e não voláteis (como os ácidos orgânicos), formados durante o armazenamento do iogurte, desempenham um papel importante nos processos metabólicos que ocorrem durante a fermentação, como alterações funcionais, de sabor e nutricionais (GU et al., 2020).

A relação simbiótica entre o *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* e *S. salivarius* subsp. *thermophilus* foi observada a partir de estudos que apresentaram que o *L. bulgaricus* estimulou o crescimento do *S. thermophilus* durante a fase de crescimento, entretanto, também foi observado uma relação antagônica quando *L. bulgaricus* inibiu *S. thermophilus* devido a grande produção de ácido láctico formado pelo *L. bulgaricus*, sendo também observada uma relação simbiótica durante a produção de acetaldeído (ARYANA; OLSON, 2017). As culturas *starter* presentes no iogurte também contribuem com a formação de compostos de aroma e sabor característicos dos iogurtes, a exemplo do “amargor” do iogurte, devido em parte, à proteólise ocasionada pelo *L. bulgaricus* durante o armazenamento. Sozinhas ou em simbiose, as culturas presentes são capazes de formar compostos voláteis importantes como ácido acético, acetaldeído, acetoína, 2,3-butanodiona, etanol e 1-heptanol, responsáveis pelas características de aroma e sabor destes produtos (ARYANA; OLSON, 2017).

A legislação brasileira confere aos iogurtes características sensoriais tais como, consistência firme, pastosa, semi-sólida ou líquida. Em relação a cor, deve ser branca ou de acordo com a(s) substância(s) alimentícia(s) e/ou corante(s) adicionado(s). Para os atributos como odor e sabor este deve ser característico ou de acordo com a(s) substância(s) alimentícia(s) e/ou substância(s) aromatizante(s)/saborizante(s) adicionadas (BRASIL, 2007).

A procura por produtos elaborados a partir do leite de cabra vem crescendo devido a busca por consumidores que apresentam alguma alergia ou intolerância ao leite de vaca, entretanto, esses produtos ainda apresentam baixa aceitabilidade por consumidores não adeptos ao sabor caprino (COSTA et al., 2014; 2015). Devido as características da sua composição, como a escassez de α_{S1} , o iogurte caprino apresenta uma coalhada “fraca” o que dificulta o seu processo de produção, sendo a incorporação de outros ingredientes, como polpas de frutas e ou vegetais, uma alternativa na melhora sensorial e na elaboração destes produtos (COSTA et al., 2015; 2017).

Nesse sentido, a aceitação sensorial aumenta devido à incorporação de produtos que conferem melhor sabor, pois além de enriquecer o valor nutricional do iogurte, por exemplo, é uma excelente alternativa para auxiliar e amenizar o odor característico dos produtos caprinos, proporcionado por seus ácidos graxos de cadeia curta (RANADHEERA et al., 2012). Nos últimos anos, alguns estudos tentaram elucidar essas questões com a elaboração de ingredientes que poderiam potencializar as características benéficas do iogurte caprino, como a adição de preparado de uva isabel (SILVA et al., 2017), polpa de cupuaçu (COSTA et al., 2017), farinha de yacon (FABERSANI et al., 2018) e polpa de jujuba (FENG et al., 2019), tendo como resultado melhora na aceitação sensorial, alterações nas propriedades físico-químicas e características texturais positivas.

Dessa forma, buscando atender as demandas dos consumidores, a indústria de laticínios tem fabricado produtos com diferentes texturas, sabores e nutrientes, usando diferentes culturas iniciadoras e/ou cepas probióticas (BAI et al., 2020; GONZALES; ADHIKARI, SANCHOMADRIZ, 2011). Com exceção do iogurte natural, a maioria das formulações de iogurtes produzidas sofrem adição de açúcar, entretanto outros adoçantes, a exemplo do mel, sacarose, xarope de milho, frutose, xilitol, sorbitol, ciclamato, podem ser utilizados, além da adição de ingredientes funcionais ou fortificado com vitaminas (ARYANA; OLSON, 2017).

2.3. IOGURTES PROBIÓTICOS

O mercado de alimentos funcionais foi estimado em US \$ 162 bilhões em 2018 e projetado para atingir US \$ 280 bilhões em 2025 com uma taxa de crescimento anual de cerca de 8% (ALONGI; ANESE, 2021).

O termo “alimentos funcionais” é utilizado para definir produtos que fornecem benefícios à saúde além da nutrição básica. Entretanto, ainda há muitos equívocos pela baixa compreensão acerca da sua exata definição, muitas vezes confundido com o termo nutracêutico (ALONGI; ANESE, 2021). No Brasil, é utilizado a denominação de “alimentos com alegação de propriedade funcional e/ou de saúde” e é definido a partir da resolução nº 18 de 30 de abril de 1999 como, “todo alimento ou ingrediente que além das funções nutricionais básicas, quando se tratar de nutriente, produzir efeitos metabólicos e/ou fisiológicos e/ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica” (BRASIL, 1999). Os alimentos funcionais incluem as fibras dietéticas, carotenóides, ácidos graxos, minerais, prebióticos/probióticos/simbióticos, vitaminas e minerais (ALONGI; ANESE, 2021).

Os probióticos que por definição, são “microrganismos vivos que em quantidades adequadas fornecem benefícios à saúde do hospedeiro” (FAO/WHO 2002; HILL et al., 2014), são comumente utilizados em alimentos como iogurtes e leites fermentados devido a habilidade destes de carrear estas cepas, fornecendo segurança aos consumidores e sem afetar o processo de fermentação ou a qualidade do iogurte (NYANZI; JOOSTE; BUYS, 2021). Além disso, apresentam benefícios nutricionais e características que podem impactar o armazenamento destes produtos (MEYBODI et al., 2020).

O iogurte é considerado um alimento “saudável” pelos consumidores, e a incorporação de cepas probióticas nesta matriz permite agregar valor nutricional, buscando atender a esse nicho de consumidores (BAI et al., 2020). A utilização dos probióticos se deve a sua eficácia, segurança e viabilidade nos produtos alimentícios, e diversos estudos estão sendo conduzidos na tentativa de melhorar e manter sua viabilidade, como seleção apropriada e escolha de matrizes alimentares que permitam o seu crescimento e manutenção (PIMENTEL et al., 2021).

Nos iogurtes probióticos *Lactocaseibacillus* e gêneros associados são os microrganismos mais utilizados (CHAMPAGNER; CRUZ; DAGA, 2018; GU et al., 2020), em especial a cultura *Lactocaseibacillus casei* (OZCA; OZDEMIR; AVCI, 2020).

2.3.1 *Lacticaseibacillus casei*

O gênero *Lacticaseibacillus* (reclassificado recentemente do *Lactobacillus*), é um dos principais gêneros de bactérias probióticas estudadas (ZHENG et al., 2020). São lactobacilos gram-positivos e heterofermentativos facultativos, sendo fundamentais na indústria de alimentos e são capazes de apresentar benefícios à saúde humana e animal, além de contribuir na produção de alimentos fermentados, textura e preservação. Fazem parte do microbioma hospedeiro inerente ou podem ser introduzidos a partir dos alimentos, como laticínios fermentados, vegetais e produtos de cereais (CUI; QU, 2021).

Várias espécies apresentam benefícios fisiológicos, entretanto, esses benefícios são específicos de cada cepa e não uma característica comum de todas as espécies ou gêneros (BEREZHNAYA et al., 2021; DUAR et al., 2017; PIMENTEL et al., 2021; ZHENG et al., 2020). Uma das espécies mais estudadas é o *Lacticaseibacillus casei* por apresentar potencial comercial, industrial e à saúde. Diferentes cepas são utilizadas na produção de diferentes tipos de produtos alimentícios, como produtos lácteos e salsichas fermentadas (CUI; QU, 2021).

Os benefícios à saúde e sua habilidade de sobrevivência em diversos meios, permite ao *L. casei* ser adicionado a uma ampla gama de produtos alimentícios. Seu mecanismo de ação envolve a produção de lactato, o qual está envolvido na inibição do crescimento dos microrganismos patógenos, produção de butirato para os organismos comensais, além de permitir a regulação a nível intestinal e contribuir com o fortalecimento da imunidade e alterações da expressão dos genes do hospedeiro (BEREZHNAYA et al., 2021; SANDERS et al., 2019).

Estudos utilizando cepas de *L. casei* sugeriram que estas podem reduzir a incidência de infecções do trato respiratório superior e/ou melhorar os parâmetros sanguíneos e imunológicos (ODINTSOVA et al., 2021; SHIDA et al., 2017). Ainda, apresentam potencial anti-inflamatório (WATTERLOT et al., 2010), anticarcinogênico (GROM et al., 2020), efeito protetivo contra patógenos (AGGARWAL et al., 2014), além da diminuição dos sintomas alérgicos (KALLIOMÄKI et al., 2003), propriedades hipolipemiantes, anti-hipertensiva e modulação da microbiota (MENEZES et al., 2020), melhora dos sintomas digestivos e constipação (WANG et al., 2020) e sintomas de pacientes com síndrome do intestino irritável (AGRAWAL et al., 2009).

Estudos *in vivo* e *in vitro* apresentaram os benefícios do *L. casei* em produtos lácteos. *L. casei* Q14 adicionado ao iogurte apresentou melhora dos níveis de glicose sanguínea e

insulina e redução de expressão gênica de enzimas relacionadas a gliconeogênese hepática (QU et al., 2018). Ainda, cepas de *L. casei* Shirota adicionado ao leite fermentado, promoveu redução de translocação bacteriana e alteração da microbiota intestinal em pacientes japoneses com DM2 (SATO et al., 2017). Entretanto, para proporcionar benefícios à saúde, os produtos fermentados devem conter um nível adequado de bactérias probióticas vivas (PENG et al., 2021).

L. casei-01 tem sido amplamente utilizada como cultura probiótica em produtos lácteos (ZHENG et al., 2020), mas recentemente também tem sido utilizado em outras matrizes não lácteas, como em produtos de panificação, frutas e como revestimento comestível aplicado em carnes (PIMENTEL et al., 2021). O consumo de produtos com *L. casei*-01 tem sido associado a vários efeitos à saúde, como propriedades anticarcinogênicas (ROSA et al., 2020), hipolipemiante e anti-hipertensiva (GROM et al., 2020), e modulação da microbiota (MENEZES et al., 2020).

Partindo do conhecimento que culturas probióticas podem biotransformar compostos fenólicos durante a fermentação de frutas e derivados, Assis et al. (2021) avaliaram o efeito da fermentação de diferentes espécies de frutas do bioma Caatinga com *L. casei*-01 sobre o perfil de bioacessibilidade dos compostos fenólicos e atividade antioxidante, e observaram que a fermentação probiótica pode ser uma tecnologia potencial para desenvolver produtos de frutas com quantidades de fenólicos bioacessíveis, abrindo oportunidades para diferentes aplicações na indústria de alimentos.

Estudo de revisão conduzido por Pimentel et al. (2021), apresentaram uma série de benefícios à saúde associadas ao *L. casei*-01, vinculados ao seu consumo em diversos produtos alimentícios, como queijos tipo Minas-frescal e prato, sorvete e produtos lácteos caprinos, como redução do estresse oxidativo em modelos *in vivo*, prevenção no desenvolvimento de cálculos renais, melhora do perfil lipídico em grupo de mulheres com sobrepeso e hipertensão, e efeito anti-hiperglicêmico em matrizes lácteas adicionadas desta cepa.

Avaliando o impacto da adição de *L. casei*-01 nos parâmetros de qualidade dos alimentos, Pimentel et al. (2021) abordaram diversos estudos que verificaram o comportamento do *L. casei*-01 sobre sua qualidade e sobrevivência em matrizes alimentares (produtos lácteos e não-lácteos). Desta forma, foram observados a redução da sinérese, melhora da textura e aumento de aminoácidos livres em iogurtes; aumento do índice de proteólise e perfil de ácidos graxos, maior rendimento e proteção contra patógenos em queijos; aumento da acidez, elevada concentração de compostos bioativos, menor perda de água e peso, inibição da deterioração e de crescimento de microrganismos patógenos pela utilização de revestimento comestível com

L. casei-01; elevada aceitação do consumidor em iogurtes elaborados com “leite” de soja, entre outros estudos.

Tem sido observado que *L. casei*-01 não tem impacto significativo nos teores de umidade, proteína, gordura, carboidratos, além do conteúdo mineral, como sódio e cálcio de produtos lácteos (SPERRY et al., 2018). O impacto de *L. casei*-01 na acidez é dependente da matriz alimentar, uma vez que nenhum efeito foi observado em iogurtes (PIMENTEL; GARCIA; PRUDENCIO, 2012). Nos iogurtes, a presença do *L. casei*-01 foi associada a redução da sinérese, um parâmetro negativo muito comum nestes produtos. Efeito atribuído a produção de exopolissacarídeos (EPS) pelo *L. casei*-01, atuando como estabilizador de alimentos, contribuindo para a estrutura do produto e prevenindo a ocorrência da sinérese. A produção dos EPS contribui também com o aumento da viscosidade, interação dos componentes e redução de água, proporcionando um aumento da firmeza e gomosidade (PIMENTEL; GARCIA; PRUDENCIO, 2012; PIMENTEL et al., 2021).

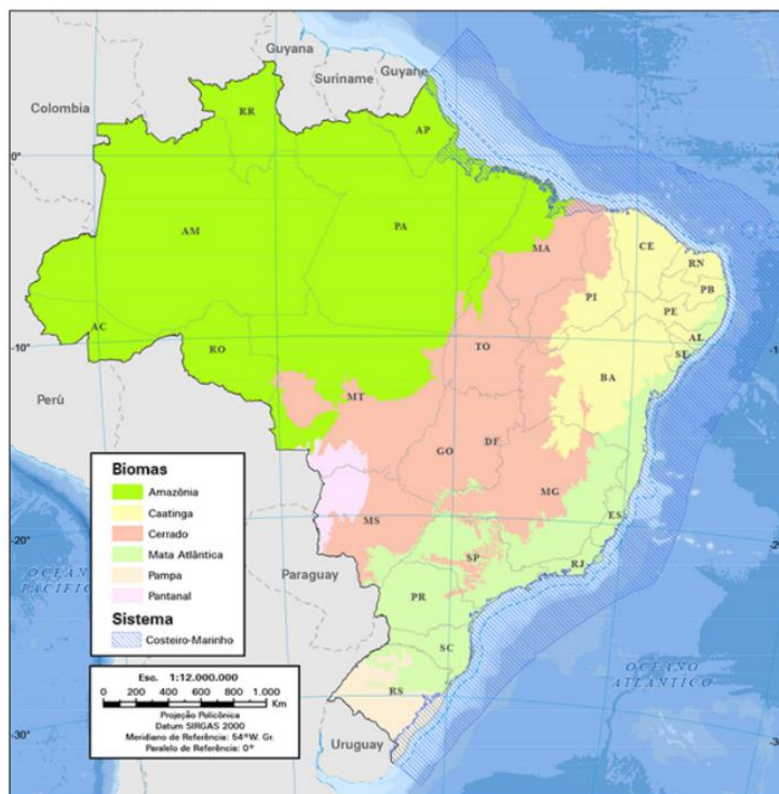
2.4 CACTÁCEAS

A extensão territorial do Brasil é composta de diversos biomas com condições climáticas diferenciadas o que leva a uma biodiversidade em espécies vegetais, as quais são exploradas devido ao seu potencial nutricional (PEREIRA et al., 2013). Muitas espécies de frutas com atividade biológica importante são encontradas em alguns dos biomas brasileiros, como bioma Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga (ASSIS et al., 2021) (Figura 1). Entretanto, em muitos casos, a população desconhece as potencialidades das espécies nativas de cada região, capazes de fornecer alternativas nutritivas e que poderiam ser economicamente exploradas, tanto para seu uso *in natura* quanto na elaboração de doces, geleias, sucos e sorvetes (PEREIRA et al., 2013).

Entre os biomas que constituem o território brasileiro, a Caatinga representa 10% do território nacional, ocupando uma área de aproximadamente 844,453 quilômetros quadrados, e se estendendo pelos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais (IBGE, 2021). Com significado de “mata branca” originário do tupi-guarani e, embora localizada em área de clima semiárido, apresenta grande variedade de paisagens, diversidade biológica e de espécies endêmicas. De sua área original, aproximadamente 36% sofreu alteração pelo homem devido às práticas de queimadas para a agropecuária (IBGE, 2017).

As plantas encontradas na Caatinga são utilizadas pela população local com diferentes objetivos, seja para fins medicinais, no uso como combustível ou em materiais de construção. Ainda sendo vista como representante de uma região pobre do país, a Caatinga se apresenta como um dos biomas mais ricos em diversidade, ao comparar o número de espécies de plantas com outros ecossistemas, apresentando diversas espécies endêmicas nesta região (LUCENA et al., 2013; 2012; RIBEIRO; MEIADO; LEAL, 2015).

Figura 1 – Ilustração dos Biomas brasileiros



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2021).

A família *Cactaceae* é classificada em 127 gêneros e 1500 espécies com ocorrência no território americano e são subdivididas em quatro subfamílias: *Maihuenioideae*, *Pereskeoideae*, *Opuntioideae* e *Cactoideae* (BRAVO FILHO et al., 2018). Cerca de 39 gêneros e 260 espécies de cactáceas foram identificadas no Brasil, sendo este o maior centro de diversidade destas espécies (ZAPPI et al., 2015). Na região Nordeste foram identificadas 24 gêneros e 88 espécies e, a depender da região, as cactáceas apresentam características diferenciadas (LUCENA et al., 2013). As espécies mais popularmente conhecidas são xique-xique (*Pilosocereus gounellei*

(FAC Weber) Byles, Rowley, mandacaru (*Cereus jamacaru* DC.), e facheiro (*Pilosocereus pachycladus* F. Ritter) (VIEIRA et al., 2021).

Os cactos são considerados plantas alimentícias não convencionais (PANC), e recentemente, as PANC vêm ganhando destaque, sendo definidas como espécies alimentares que tem uma ou mais partes com potencial alimentar e uso não comum, podendo incluir plantas nativas e exóticas, cultivadas ou espontâneas (KINUPP; LORENZI, 2014). Os cactos constituem fonte de alimento e têm grande importância para a população semiárida da Região Nordeste do Brasil, por apresentarem excelente resistência ao clima, à alta insolação, solos pobres e baixa precipitação de chuvas (CAVALCANTE; TELES; MACHADO, 2013; KINUPP; LORENZI, 2014). Entretanto, sua utilização ainda é bastante destinada ao consumo próprio em períodos de escassez de alimento e água, ou como ração animal e forragem, sendo muitas espécies subutilizadas, com pouca aplicação na cultura popular (BRAVO FILHO et al., 2018; VIEIRA et al., 2021).

A partir do conhecimento das comunidades rurais do Nordeste do Brasil sobre práticas e usos de cactáceas para suprir suas necessidades básicas, alguns estudos com espécies endêmicas como o *Cereus Jamacaru* e *Pilosocereus gounellei* foram estimuladas (LUCENA et al., 2013; NASCIMENTO et al., 2013; NUNES et al., 2015). Na medicina tradicional algumas espécies foram identificadas, a exemplo da *Nopalea cochenillifera* e do mandacaru, as quais atuam como agente anti-inflamatório, diurético e hipoglicemiante e em tratamento de úlceras e bronquites, respectivamente (NECCHI et al., 2012).

2.4.1 *Pilosocereus gounellei* ((A. Weber ex. K. Schum.) Bly. ex Rowl.)

O *Pilosocereus gounellei* é uma espécie da família *Cactaceae* e o gênero *Pilosocereus* Byles e Rowley da subfamília *Cactoideae*, da tribo *Cereeae*, também conhecido popularmente como xique-xique (DIAS et al., 2015) (Figura 2). São aproximadamente 34 espécies distribuídas do México ao Paraguai, apresentando 26 espécies no Brasil, onde 6 encontram-se no estado de Pernambuco (MARTINS et al., 2007).

Amplamente distribuído no Semiárido do Nordeste do Brasil, tem como característica possuir um tronco ereto e coberto de espinhos, com galhos laterais afastados e apresentando uma cor verde opaca. Frutifica entre março a outubro e suas flores são grandes e brancas, geralmente solitárias (CAVALCANTE; RESENDE, 2007). Os frutos são bagas que pesam aproximadamente de 41 a 48 g, com diâmetro variando de 46 a 49 mm e comprimento de 35 a 39 mm. O mesocarpo apresenta uma coloração púrpura, que quando maduro forma uma

rachadura expondo o endocarpo de aparência rosa-púrpura e funicular, com polpa mucilaginosa e com um grande número de sementes pretas pequenas (ARAÚJO et al., 2021).

Figura 2 – Ilustração do *Pilosocereus gounellei* (xique-xique)



Fonte: Arquivo pessoal.

Quando transformado em pó é utilizado em produtos de panificação, devido seu aroma agradável e delicado. A partir da sua característica de forte adaptação as condições do Semiárido nordestino, é utilizado como um importante recurso natural, e permite fornecer a população do Semiárido condições para sua subsistência (ALMEIDA et al., 2007; MONTEIRO et al., 2015). Os cladódios de xique-xique têm uma vida útil limitada e seu uso como complemento ao processamento de produtos alimentícios prolongaria esse tempo e contribuiria para o surgimento de um mercado economicamente viável para esta cactácea (TOIT et al., 2018). A aplicação de frutas e subprodutos vegetais no processamento de geleias pode aumentar a aceitação do consumidor, tempo de armazenamento e a preservação dos compostos bioativos dos alimentos (SHINWARI; RAO, 2018).

O uso de xique-xique em produtos alimentícios ainda é escasso, mas alguns produtos vêm sendo desenvolvidos no intuito de apresentar as potencialidades desta cactácea. Alguns exemplos, além do estudo aqui citado e já publicado com a elaboração da geleia de xique-xique (BEZERRIL et al., 2021a), foram conduzidos. As características físico-químicas e compostos bioativos presentes nos cladódios do xique-xique (BEZERRIL et al., 2021b) também foram avaliadas. A partir da elaboração do suco de xique-xique, foi demonstrado seu potencial nutricional e de compostos bioativos (CARVALHO et al., 2021) e a avaliação *in vitro* da atividade prebiótica do suco liofilizado (RIBEIRO et al., 2020). Também foram elaborados e avaliados produtos a base de farinha de xique-xique, sendo elaboradas uma massa fresca enriquecida com farinha (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2019), barras de cereais (ARAÚJO; REIS; OLIVEIRA, 2019) e *cookies* funcionais (MACHADO et al., 2021).

Estudos *in vivo* avaliaram o efeito gastroprotetor do extrato de xique-xique em modelos experimentais (SOUSA et al., 2018), a toxicidade oral e aguda e atividade antiinflamatória do extrato do xique-xique (DIAS et al., 2015), bem como a atividade anti-inflamatória do suco de xique-xique a nível intestinal na colite induzida por ácido acético em ratos (ASSIS et al., 2019).

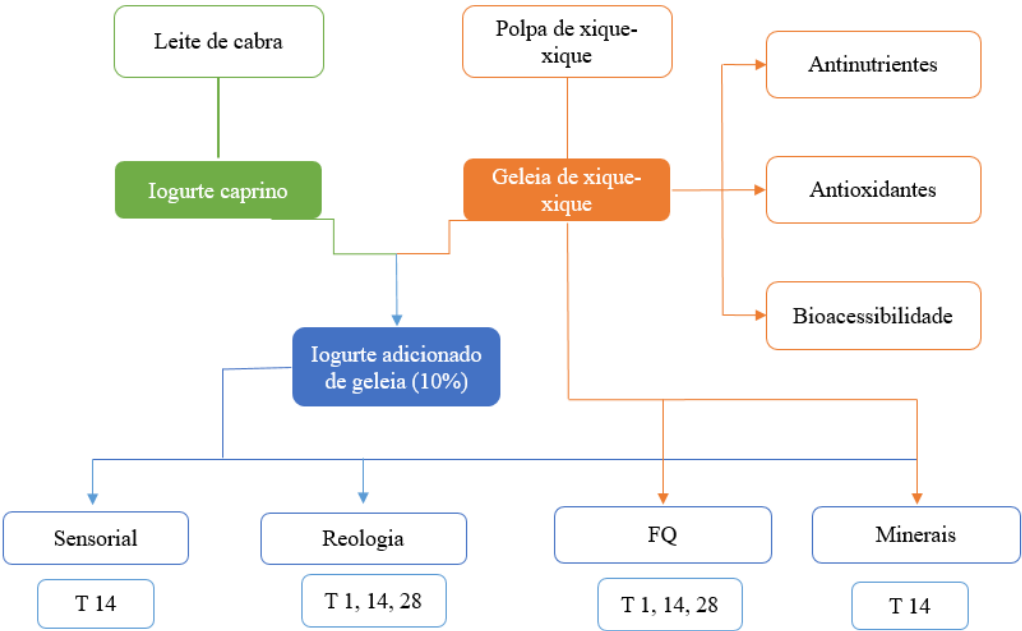
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL DE EXECUÇÃO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

As análises físico-químicas, sensoriais e microbiológicas foram realizadas respectivamente, nos Laboratórios de Bromatologia, Técnica Dietética e Microbiologia do Departamento de Nutrição do Campus I da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). As análises reológicas foram realizadas no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas, da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). O preparo dos extratos fenólicos e a determinação da atividade antioxidante *in vitro* foram realizadas no Laboratório Analítico do Centro Vocacional em Segurança (CVT-SAN) do Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional (CTDR/UFPB) e a determinação do perfil de fenólicos no Laboratório de Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal do Sertão de Pernambuco, Campus Petrolina (IFPE-Sertão). As análises de minerais foram realizadas no Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL) de Campinas – SP. A análise dos compostos voláteis, açúcares e ácidos orgânicos foram realizadas no Laboratório de *Flavor* do Centro de Tecnologia – CT/UFPB.

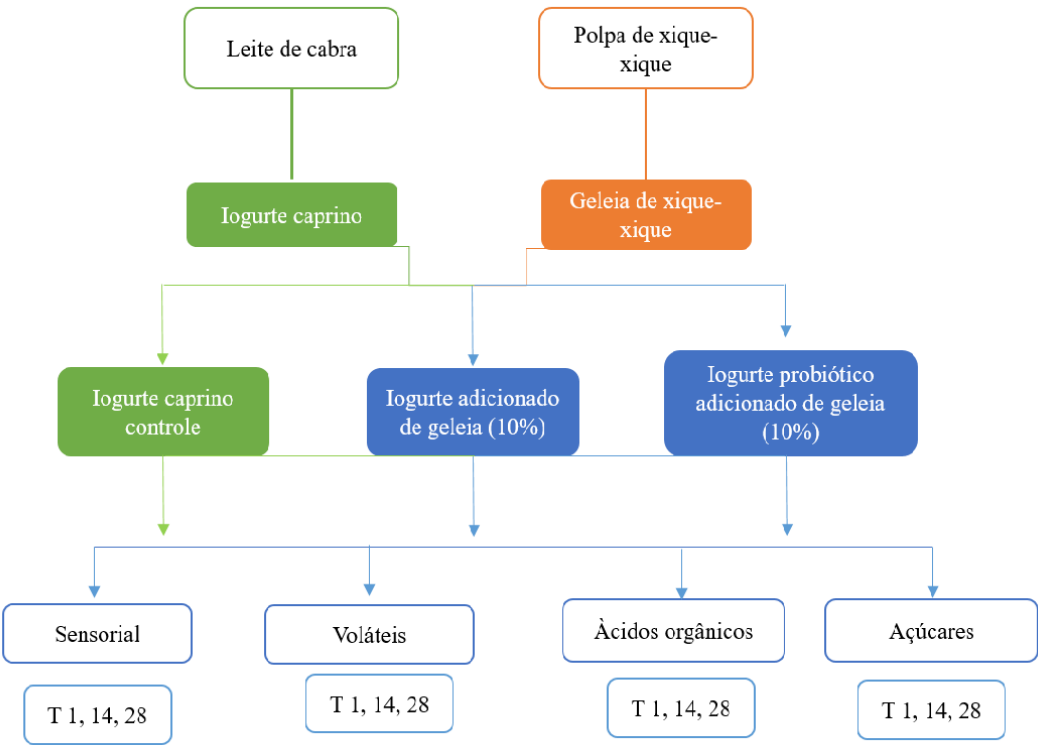
De acordo com estudos preliminares e com a legislação para leites fermentados, foi determinada a formulação de dois tratamentos de iogurtes caprinos, sendo denominados IC (0% geleia) e IX (10% geleia de xique-xique), expressos na Figura 3. Posteriormente, foi conduzido um novo estudo acrescentando uma nova formulação de iogurte probiótico IP (*Lacticaseibacillus casei* + 10% geleia de xique-xique) (Figura 4).

Figura 3 - Delineamento experimental da geleia de xique-xique e dos tratamentos IC e IX



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 4 - Delineamento experimental dos tratamentos IC, IX e IP



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

3.2 MATÉRIA-PRIMA

O leite de cabra foi obtido da cooperativa Capribom[®], localizada na cidade de Monteiro-PB. O açúcar cristal União[®], (Limeira, São Paulo, Brasil), a cultura starter (YF-L903, Christian Hansen[®], Valinhos, Minas Gerais, Brasil) composta por *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, e a cultura probiótica comercial *Lactocaseibacillus casei* 01 (LC-01, Chr. Hansen, Valinhos, SP, Brasil) foram obtidos comercialmente.

Os cladódios de xique-xique (3 lotes de 30 kg, no período de abril de 2016) foram obtidos em uma área de cultivo particular localizada no município de Boa Vista, estado da Paraíba, Brasil (latitude 7.16762352, longitude -36.1432815). A planta foi identificada pelo Centro de Ciências Agrônômicas da Universidade Federal da Paraíba (CCA/UFPB) e a espécie certificada (número 17562) foi depositada no Herbário Prof^o. Jaime Coelho Moraes (CCA/UFPB). A coleta foi autorizada pelo Sistema Brasileiro de Informação sobre Biodiversidade (nº 62681) e Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético (SISGEN, nº AA17429).

Os cladódios foram selecionados considerando sua integridade física e os espinhos foram retirados no momento da coleta. Em seguida, foram transportados em caixas de poliestireno, sob refrigeração e temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1,0$. Após adequada higiene e desinfecção por imersão em água clorada (100 ppm) por 15 min e enxague, o cladódio (cilindro vascular) teve as cascas removidas com auxílio de faca e foi cortado em pedaços de 5 cm x 5 cm. Em seguida, estes foram processados em um despolpador horizontal (MecVal[®]) até a obtenção da polpa, armazenada em frascos de vidro e utilizada no preparo da geleia.

3.3 CONTROLE DE QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA

3.3.1 Leite caprino

O leite caprino utilizado no processamento foi analisado quanto as características físico-químicas e microbiológicas. Os parâmetros de sólidos totais, proteínas, gordura, lactose, cinzas, acidez em ácido lático e pH foram determinados conforme metodologia recomendada pela *Association of Analytical Chemist methods* (AOAC, 2016). A determinação dos parâmetros microbiológicos seguiu a metodologia recomendada pela American Public Health Association (APHA, 2001), sendo os leites submetidos à determinação do número mais provável (NPM) de

coliformes totais (NMP/g) e termotolerantes (NMP/g), contagem de bolores e leveduras expressa em UFC/g (APHA, 2001), contagem total de bactérias aeróbias mesófilas (Unidades Formadoras de Colônias por g – UFC/g) e detecção de *Salmonella* sp. e *Listeria monocytogenes*.

Na Tabela 1 são apresentados os resultados obtidos para os parâmetros físico-químicos do leite de cabra.

Table 1 Valores médios da caracterização físico-químicas do leite de cabra utilizado para a elaboração dos iogurtes

Parâmetros	Média
Extrato seco total (g/100 g)	21,25 ±0,02
Proteína (g/100 g)	2,04 ±0,02
Gordura (g/100 g)	2,00 ±0,00
Lactose (g/100 g)	5,80 ±0,03
Resíduo mineral fixo (g/100 g)	0,36 ±0,01
Acidez (g/100 g)	0,08 ±0,00
pH	6,61 ±0,00

3.4 PROCESSO DE ELABORAÇÃO DA GELEIA DE XIQUE-XIQUE

O cilindro vascular do xique-xique foi processado em uma despoldadeira horizontal (MecVal®) até obtenção do suco, visando retirar a maior proporção de fibras, para utilização na elaboração da geleia.

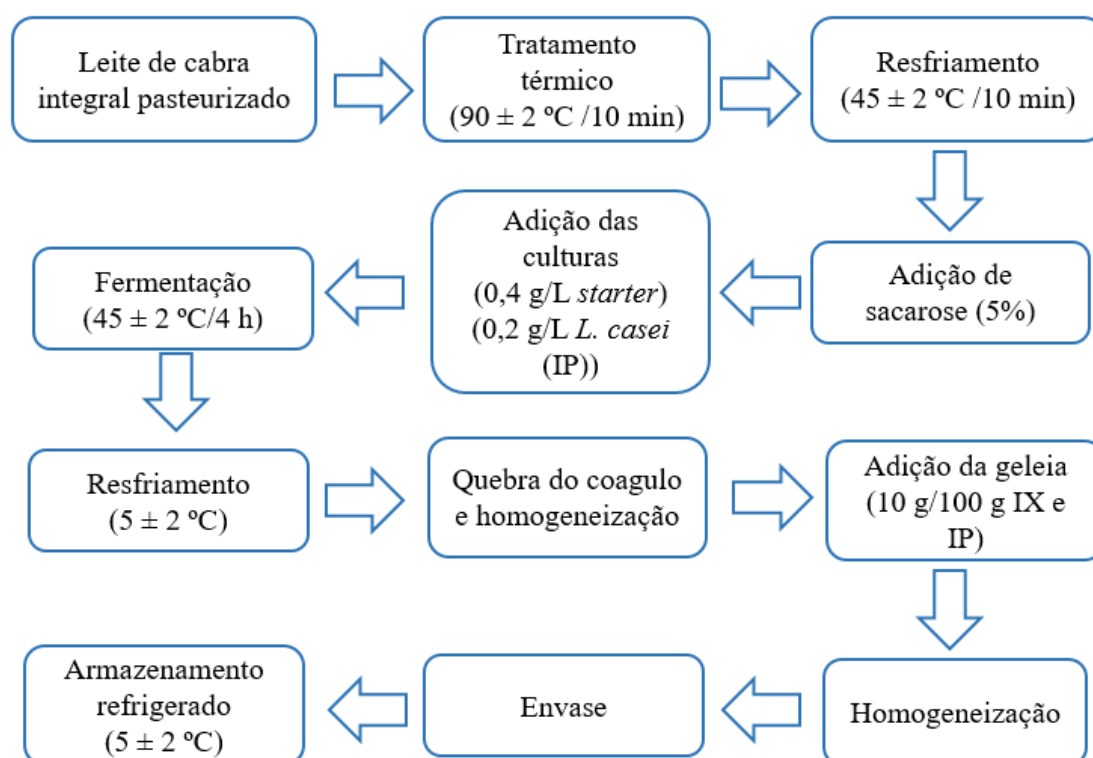
No preparo da geleia, foi utilizada uma proporção de 70:30% polpa: açúcar (m/m). A mistura foi cozida por 45 min, sob agitação manual, até atingir 62-65 °Brix, medida em refratômetro digital (marca Hanna®, modelo HI 96801). Em seguida, a geleia foi transferida, ainda quente, para um recipiente de vidro previamente esterilizado e armazenada em temperatura ambiente 27 ± 2 °C até a análise (dia 1 de armazenamento) ou utilizada no processamento do iogurte.

3.5 PROCESSO DE ELABORAÇÃO DOS IOGURTOS

Os iogurtes foram processados com base na metodologia descrita por SILVA et al. (2017). Foram preparadas três formulações: (IC) Iogurte caprino convencional (com sacarose), (IX) Iogurte caprino adicionado de geleia de xique-xique e (IP) Iogurte caprino probiótico

adicionado de geleia de xique-xique. Primeiramente, o leite de cabra pasteurizado foi submetido a tratamento térmico ($90\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}/10\text{ min}$) e resfriado a $45\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}/10\text{ min}$. Em seguida, 5 g/100 g de sacarose foram adicionados ao tratamento IC. Posteriormente, a cultura starter foi inoculada em concentrações de 0,4 g/L (10^8 UFC/mL). Além disso, 0,2 g/L de *L. casei* 01 foi adicionado à formulação IP (10^6 UFC/mL). A seguir, procedeu-se à fermentação a $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 4 h. Em seguida, as amostras de iogurte foram resfriadas a $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, o coágulo foi quebrado por um bastão de vidro e a geleia foi adicionada em concentrações de 10 g/100 g às formulações IX e IP. Por fim, os produtos foram acondicionados em frascos de polietileno de alta densidade e armazenados sob refrigeração ($5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) por 28 dias (Figura 6). Os iogurtes foram avaliados nos dias 1, 14 e 28 de armazenamento. O IP apresentou contagens de probióticos superiores a 10^6 UFC/g durante toda a vida de prateleira, que é o mínimo para produtos probióticos (COSTA et al., 2019).

Figura 5 – Fluxograma de elaboração dos iogurtes



3.6 AVALIAÇÃO DA GELEIA DE XIQUE-XIQUE E DAS FORMULAÇÕES DE IC E IX

3.6.1 Caracterização físico-química das geleias e iogurtes

A geleia foi avaliada quanto aos parâmetros físicos de atividade de água (A_w) (AquaLab modelo CX-2), pH (Quimis modelo Q400as), acidez titulável (AT), sólidos solúveis totais (TSS; refratômetro digital, Hanna®, HI 96801) e cor (colorímetro Konica Minolta, modelo CR 400). Os teores de umidade, cinza, fibra (total, solúvel e insolúvel) e proteína foram determinados de acordo com a metodologia recomendada pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2016), e lipídios de acordo com FOLCH; LEES; STOANE-STANLEY (1957). Os carboidratos foram estimados por diferença. A energia total foi calculada usando os fatores de conversão: 4 kcal/g para carboidratos, 4 kcal/g para proteínas e 9 kcal/g para lipídios.

O iogurte foi avaliado quanto ao pH (Quimis modelo Q400as), cor (colorímetro Konica Minolta, modelo CR 400), AT, umidade, cinzas, lipídios, proteína e conteúdo de lactose (AOAC, 2016). A viscosidade foi avaliada por meio de um viscosímetro (Brookfield modelo DV II + Pro) acoplado a um banho termostático para controle de temperatura das amostras. As análises foram realizadas a uma velocidade de rotação de 40 a 200 rpm e temperatura de 5 ± 1 °C, medida com spindle.

3.6.2 Perfil mineral das geleias e iogurtes

Para o perfil mineral, foi realizada por digestão ácida assistida por microondas, a uma temperatura máxima de 170 °C por 37 min seguida de osmose reversa (Gehaka®, São Paulo, Brasil) (AOAC, 2016). Os minerais foram determinados em um espectrômetro de emissão atômica de plasma de acoplamento indutivo (ICP OES 5100 VDV, Agilent Technologies, Tóquio, Japão) usando os seguintes comprimentos de onda: Ca (317,933 nm), Cu (324,754 nm), Fe (259,940 nm), Mg (279,553 nm), Mn (257,610 nm), P (213,618 nm), Na (589,592 nm), Se (196,026 nm), K (766,491 nm) e Zn (206,200 nm). As curvas analíticas para minerais foram preparadas a partir de diluições de padrões analíticos de 10 mg/100 mL (Specsol - Quimlab, Jacareí, Brasil) e 1000 mg/100 mL (Titrisol - Merck, Darmstadt, Alemanha) nas faixas de 0,041 a 41,0 mg/100 mL para Ca e Na, 0,062 a 62,0 mg/100 mL para P, 0,00025 a 0,05 mg/100 mL para Se, 0,015 a 14,5 mg/100 mL para Mg, 0,061 a 61,0 mg/100 mL para K, e 0,001 para 1,0 mg/100 mL para Cu, Fe, Mn e Zn, com coeficientes de correlação (R^2) maiores que 0,9999.

3.6.3 Fatores antinutricionais, perfil fenólico e bioacessibilidade e atividade antioxidante das geleias

Taninos totais (AOAC, 2016), conteúdo de ácido fítico (LATTA; ESKIN, 1980) e inibidor de tripsina (RACKIS et al., 1974) foram avaliados como fatores antinutricionais.

A identificação dos compostos fenólicos foi realizada de acordo com PADILHA et al. (2018), com adaptações ao gradiente e tempo de execução para quantificação de estilbenos, flavonóis e flavanonas. A análise foi realizada por meio de um cromatógrafo líquido Agilent 1260 Infinity LC System (Agilent Technologies, Santa Clara - EUA) acoplado a um detector de arranjo de diodo (DAD) (modelo G1315D). A coluna usada foi Zorbax Eclipse Plus RP-C18 (100 × 4,6 mm, 3,5 µm) e a pré-coluna Zorbax C18 (12,6 × 4,6 mm, 5 µm) (Zorbax, EUA). Os dados foram processados no software OpenLAB CDS ChemStation Edition (Agilent Technologies, Santa Clara - EUA) e a identificação e quantificação feita por comparação com padrões externos.

A atividade antioxidante determinada pela capacidade de desativar o radical 2,2'-difetil-2-picril-hidrazil (DPPH•) e da capacidade de captura de radicais de ferro (FRAP) foram determinados seguindo procedimentos descritos por TOIT et al. (2018) e DUTRA et al. (2017). As curvas padrão foram realizadas com Trolox e os resultados expressos em µM Trolox/100 g de geleia.

Para avaliação da bioacessibilidade, as amostras foram digeridas em três fases sequenciais: oral, gástrica e intestinal, conforme descrito por DUTRA et al. (2017) utilizando uma membrana de diálise de celulose (corte de peso molecular de 12.000 Da) preenchida com 15 mL de NaHCO₃ (0,5 mol/L) para simular a barreira intestinal. As fases de entrada (dialisada) e de saída (não dialisada) foram coletadas. A bioacessibilidade foi expressa como uma porcentagem e determinada como segue Equação:

Bioacessibilidade (%) = (BC dialisado/BC não digerido) X 100, onde BC dialisado corresponde à concentração de composto fenólico livre na porção dialisada e BC não digerido é a concentração de compostos fenólicos na geleia do xique-xique.

3.6.4 Análise sensorial dos iogurtes

O presente projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal da Paraíba (CAEE 79748617.2.0000.5188) e aprovada sob número do Protocolo 3.211.170, reconhecido pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) (ANEXO A).

O teste de aceitação foi realizado com 102 consumidores de produtos lácteos de cabra (22 homens e 80 mulheres, com idades na faixa de 19 a 30 anos, com média de 24 anos), que avaliaram a aparência, cor, consistência, aroma, sabor e aceitação geral dos produtos usando

uma escala hedônica estruturada de nove pontos (1 = desgostei muitíssimo; 5 = nem gostei/nem desgostei; 9 = gostei muitíssimo). A intenção de compra foi avaliada por meio de uma escala de 5 pontos (1 = nunca compraria; 3 = talvez comprasse/talvez não comprasse; 5 = certamente compraria) (APÊNDICE A). Os consumidores também avaliaram o quão próximas as amostras estavam do ideal, avaliadas pela escala JAR (*Just About Right*) (1 = extremamente abaixo do ideal; 5 = extremamente acima do ideal) para os atributos de cor, aroma, consistência, textura, doçura, sabor e acidez, conforme metodologia descrita por COSTA et al. (2017) (APÊNDICE B). Em todos os testes, as amostras foram servidas simultânea e aleatoriamente, a aproximadamente 5 °C, em copos plásticos brancos de 50 mL codificados com números aleatórios de 3 dígitos.

3.6.5 Análise estatística

Todos os experimentos foram realizados em triplicata. Os resultados foram submetidos ao teste t-Student (entre as formulações) e ANOVA seguida do teste de Tukey (tempos de armazenamento) considerando $p < 0,05$. A análise de penalidades foi realizada nos atributos JAR e dados gerais de sabor para cada iogurte de leite de cabra. Gráficos de análise de penalidade foram usados para mostrar penalidades (médias de quedas 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 penalidade (NGUYEN; WISMER, 2019, Fig S1). Os atributos no canto superior direito dos gráficos de análise de penalidades tiveram as distorções mais altas e foram associados às maiores penalidades. Apenas categorias não-JAR significativas com uma proporção substancial de participantes ($> 20\%$) foram consideradas para a interpretação dos resultados (SÁNCHEZ-RODRIGUEZ et al., 2019). As análises foram feitas no software GraphPad Prism 5.0 (GraphPad Software Inc., San Diego, CA, EUA).

3.7 AVALIAÇÃO DOS IOGURTES E IOGURTE PROBIÓTICO CAPRINO DURANTE ARMAZENAMENTO

Na segunda etapa, as amostras de IC, IX e IP foram submetidas às análises do perfil de açúcares, ácidos orgânicos, compostos voláteis e análise dos atributos sensoriais durante armazenamento refrigerado.

3.7.1 Perfis de ácidos orgânicos e açúcares

A identificação dos perfis de ácidos orgânicos e açúcares foi realizada de acordo com ZEPPA; CONTERNO; GERBI (2001). Primeiramente, 2 g da amostra de iogurte foram transferidos para um frasco ultra-turrax (modelo IKA T25), e 10 mL de água ultrapura foram adicionados. Em seguida, a mistura foi homogeneizada por 10 min, centrifugada (modelo SL 706 Força G 2510 g) à temperatura ambiente por 10 min à 3.500 RPM e filtrada em papel de filtro qualitativo e filtro de seringa com poros de 0,45 µm de diâmetro. Finalmente, o extrato foi usado para determinar os perfis de ácidos orgânicos e açúcares.

O sistema cromatográfico utilizado foi a Cromatografia Líquida de Alta Performance (HPLC, VARIAN, Waters, Califórnia, EUA) equipada com sistema de gradiente de solvente e válvula "Rheodyne" com cabo de 20 µL acoplada a coluna Agilent Hi-Plex H (7,7 x 300 mm, 8 µ). A temperatura foi de 65 °C para o perfil de ácidos orgânicos e 85 °C para o perfil de açúcares. Além disso, foram usados um detector de UV (VARIAN, perfil de ácido orgânico), um detector de índice de refração (perfil de açúcar, VARIAN) e o software de processamento de dados de cromatografia GALAXIE. A fase móvel foi a água ultrapura ligeiramente acidificada (solução de ácido sulfúrico 0,009 mol/L) a 0,7 mL/min para ácidos orgânicos e 0,6 mL/min para açúcares. O tempo de execução foi de 30 min.

3.7.2 Perfil de compostos voláteis

A extração dos voláteis foi realizada pela técnica de microextração em fase sólida (SPME) com o dispositivo Supelco SPME (Bellafonte, PA, EUA). A fibra utilizada foi uma camada 50/30 µm de Divinilbenzeno/Carboxeno/Polidimetilsiloxano (DVB/CAR/PDMS), ativada de acordo com as instruções do fabricante.

As amostras de iogurte ($20 \pm 0,1$ g) foram colocadas em frascos de vidro de 100 mL e seladas hermeticamente com tampas de rosca contendo septo revestido de Teflon. Após equilíbrio a 45 °C por 20 min, a fibra foi exposta ao headspace por 40 min sob agitação. O tempo de dessorção foi de 10 min. A separação foi realizada em cromatógrafo gasoso 7890B acoplado a detector de massa (Agilent Technologies 5977B, Little Falls, DE, USA). A coluna capilar de sílica fundida VF-5 MS foi usada (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm). O forno foi inicialmente aquecido a 40 °C por 10 min, seguido por rampa para 240 °C a 5 °C / min, onde foi mantido por 11 min. O tempo total de execução foi de 61 min. A temperatura do injetor foi mantida em 250 °C. O espectrômetro de massa foi usado no modo de impacto eletrônico com

uma fonte de temperatura de 230 °C, uma voltagem ionizante de 70 eV e uma faixa de varredura de 35 a 350 m/z a 3,33 varreduras.

A identificação dos compostos foi baseada na análise dos padrões de fragmentação exibidos nos espectros de massa. Foi confirmado pela comparação de seus espectros de massa com aqueles presentes no banco de dados fornecido pelo equipamento do NIST (Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia, EUA) e por meio de seus índices de retenção com os de compostos conhecidos de uma solução padrão homóloga de n-alcanos (C8- C30).

3.7.3 Análise sensorial dos iogurtes

O presente projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal da Paraíba (CAEE 79748617.2.0000.5188) (ANEXO A). A metodologia PAE (*Preferred attribute elicitation*) foi realizada de acordo com GRYGORCZYK et al. (2013). O painel de consumidores foi composto por quatro mulheres e um homem com idade entre 25 e 35 anos. Foram selecionados apenas consumidores de iogurte de leite de cabra e que já consumiram xique-xique em alimentos (bolos, sucos, etc.), resultando em cinco participantes. Os consumidores receberam 25 g de cada iogurte em copos plásticos de 50 mL e a 5 °C. A análise sensorial foi realizada em cabines individuais (análise) e uma sala (discussão). Foram três sessões de PAE, sendo avaliados os produtos nos dias 1, 14 e 28.

Na primeira seção do PAE, os consumidores foram solicitados a avaliar as três formulações de iogurte do dia 1 e registrar os atributos de aroma e sabor que consideravam essenciais para a aceitação do produto. Os atributos eliciados pelos consumidores foram escritos em um quadro branco e agrupados em aroma e sabor. Em consenso pelo painel, foram excluídos os atributos com significados semelhantes e aqueles que não seriam avaliados de forma rápida e fácil. Após a determinação dos atributos, os consumidores definiram os termos que descrevem os extremos das escalas de nove pontos, considerando a intensidade dos atributos. Após um intervalo de 15 min, os consumidores receberam as três formulações de iogurte do dia 1 e foram solicitados a classificar a intensidade de cada atributo usando o formulário de avaliação. Nas outras duas seções do PAE, os consumidores receberam as três formulações dos iogurtes do respectivo dia de armazenamento. Novamente, foi classificado a intensidade de cada atributo usando o formulário de avaliação. As formulações foram apresentadas de forma monádica e em ordem aleatória. O primeiro trecho PAE durou 75 min, enquanto os demais duraram 20 min.

3.7.4 Análise estatística

O experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizado e todas as análises (perfis de compostos voláteis, ácidos orgânicos e açúcares) foram realizadas em triplicatas. Os resultados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e teste de comparação de médias de Tukey (considerando $p < 0,05$). A Análise de Componentes Principais (PCA) foi realizada com uma matriz de 9 linhas (3 iogurtes em três momentos diferentes) e 55 colunas (açúcares, ácidos orgânicos e compostos voláteis). Além disso, elipses de confiança foram construídas usando a técnica de bootstrap e 500 reamostragens. Ainda, os dados do PAE foram avaliados por meio da Análise Procrustes Generalizada (GPA) por meio de uma matriz de três linhas (três formulações) e 80 colunas (16 atributos e cinco consumidores) para cada dia de armazenamento. As análises foram realizadas nos softwares GraphPad Prism 5.0 (GraphPad Software Inc., San Diego, CA, EUA) e no software XLSTAT 2020 (Adinsoft®, Paris, França).

REFERÊNCIAS

- AGGARWAL, S.; UPADHYAY, A.; SHAH, D.; TEOTIA, N.; AGARWAL, A.; JAISWAL, V. *Lactobacillus GG* for treatment of acute childhood diarrhoea: An open labelled, randomized controlled trial. **Indian Journal of Medical Research**, v. 139, n. 3, p. 379-385, 2014.
- AGRAWAL, A.; HOUGHTON, L. A.; MORRIS, J.; REILLY, B.; GUYONNET, D.; GOUPIL FEUILLERAT, N.; SCHLUMBERGER, A.; JAKOB, S.; WHORWELL, P. L. Clinical trial: the effects of a fermented milk product containing *Bifidobacterium lactis* DN-173 010 on abdominal distension and gastrointestinal transit in irritable bowel syndrome with constipation. **Alimentary Pharmacology & Therapeutics**, v. 29, p. 104-114, 2009.
- ALMEIDA, C. A.; FIGUEIREDO, R. M. S.; QUEIROZ, A. J. M.; OLIVEIRA, F. M. N. Características físicas e químicas da polpa do xique-xique. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 4, p. 440-443, 2007.
- ALONGI, M.; ANESE, M. Re-thinking functional food development through a holistic approach. **Journal of Functional Foods**, v. 81, p. 104466, 2021.
- APHA-American Public Health Association. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**, 4. ed. 676p, Washington, 2001.
- AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 19 th ed, Washington D.C USA, 2016.
- ARAÚJO, C. M.; DOS REIS, C. G.; DE OLIVEIRA, C. A. Elaboração de barras de cereais com a farinha da cactácea xiquexique (*Pilosocereus gounellei*). **Jornada de Iniciação Científica e Extensão**, v. 14, n. 95, 2019.
- ARAÚJO, F. F.; FARIAS, D. P.; NERI-NUMA.; PASTORE, G. M. Underutilized plants of the Cactaceae family: Nutritional aspects and technological applications. **Food Chemistry**, v. 362, p. 130196, 2021.
- ARYANA, K. J.; OLSON, D. W. A 100-Year Review: Yogurt and other cultured dairy products. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 12, p. 9987-10013, 2017.
- ASSIS, P. O. A.; GUERRA, G. C. B.; ARAÚJO, D. F. S.; ANDRADE, L. F. L. I.; ARAÚJO, A. A.; ARAÚJO, R. F. J.; CARVALHO, T. G.; SOUZA, M. F. V.; BORGES, G. S. C.; LIMA, M. S.; ROLIM, F. R. L.; RODRIGUES, R. A. V.; 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**, v. 10, p. 7275-7290, 2019.
- ASSIS, B. B. T.; PIMENTEL, T. C.; DANTAS, A. M.; LIMA, M. S.; BORGES, G. S. C.; MAGNANI, M. Biotransformation of the Brazilian Caatinga fruit-derived phenolics by *Lactobacillus acidophilus* La-5 and *Lactocaseibacillus casei* 01 impacts bioaccessibility and antioxidant activity. **Food Research International**, v. 146, p. 110435, 2021.

BAI, M.; HUANG, T.; GUO, S.; WANG, Y.; WANG, J.; KWOK, L-Y.; DAN, T.; ZHANG, H.; BILIGE, M. Probiotic *Lactobacillus casei* Zhang improved the properties of stirred yogurt. **Food Bioscience**, v. 37, p. 100718, 2020.

BEREZHNAIA, Y.; BIKAEVA, I.; GACHKOVSKAIA, A.; DEMIDENKO, A.; KLIMENKO, N.; TYAKHT, A.; VOLOKH, O.; ALEXEEV, D. Temporal dynamics of probiotic *Lactocaseibacillus casei* and *rhamnosus* abundance in a fermented dairy product evaluated using a combination of cultivation-dependent and -independent methods. **LWT - Food Science and Technology**, v. 148, p. 111750, 2021.

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**, v. 139, p. 110512, 2021a.

BEZERRIL, F. F.; SOUZA, M. F. V.; LIMA, M. S.; PACHECO, M. T. B.; CARVALHO, P. O. A. A.; SAMPAIO, K. B.; SOUSA, Y. R. F.; MILANI, R. F.; GOLDBECK, R.; BORGES, G. S. C.; QUEIROGA, R. C. R. E. Physicochemical characteristics and bioactive compounds of the Xique-xique (*Pilosocereus gounellei*) cactus from Caatinga Brazilian: are they nutritive and functional? **Journal of Food Measurement and Characterization**, 2021b.

BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução de Diretoria Colegiada nº 18, de 30 de abril de 1999. Diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Portaria nº 46, de 23 de novembro de 2007: Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade (PIQ) de Leites Fermentados. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente: **Bioma Caatinga**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga>. Acesso em: 17 jul 2017.

BRAVO FILHO, E. S.; SANTANA, M. C.; SANTOS, P. A. A.; RIBEIRO, A. S. Levantamento etnobotânico da família *Cactaceae* no estado de Sergipe. **Revista Fitos**, v. 12, n. 1, p. 41-53, 2018.

CAIS-SOKOLIŃSKA, D.; WALKOWIAK-TOMCZAK, D. Consumer-perception, nutritional, and functional studies of a yogurt with restructured elderberry juice. **Journal Dairy Science**, v. 104, p. 1318-1335, 2021.

CARVALHO, P. O. A. A.; GUERRA, G. C. B.; BORGES, G. S. C.; BEZERRIL, F. F.; SAMPAIO, K. B.; RIBEIRO, T. S.; PACHECO, M. T.; MILANI, R. F.; GOLDBECK, R.; ÁVILA, P. F.; LIMA, M. S.; SOUZA, M. F. V.; QUEIROGA, R. C. R. E. Nutritional potential and bioactive compounds of xique-xique juice: An unconventional food plant from Semiarid Brazilian. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 45, p. 15265, 2021.

CAVALCANTE, N. B.; RESENDE, G. M. Consumo de xiquexique (*Pilocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl) por caprinos no semi-árido da bahia. **Revista Caatinga**, v. 20, n. 1, p. 22-27, 2007.

CAVALCANTE, A.; TELES, M.; MACHADO, M. **Cactos do Semiárido do Brasil: guia ilustrado**. Instituto Nacional do Semiárido, 1ª Ed, Campina Grande, 2013.

CHAMPAGNE, C.P.; CRUZ, A.G.; DAGA, M. Strategies to improve the functionality of probiotics in supplements and foods. **Current Opinions in Food Science**, v. 22, p. 160-166, 2018.

CLARCK, S.; GARCÍA, M. B. M. A 100-Year Review: Advances in goat milk research. **Journal of Dairy Science**, v.100, p.10026-10044, 2017.

CODEX. Standard for fermented milks. **Codex Alimentarius Commission**, Rome, Italy, 2003.

COSTA, M. P.; BALTHAZAR, C. F.; FRANCO, R. M.; MARSICO, E. T.; CRUZ, A. G.; CONTE, C. A. Changes on expected taste perception of probiotic and conventional yogurts made from goat milk after rapidly repeated exposure. *Journal of Dairy Science*, v. 97, p. 2610-2618, 2014.

COSTA, M. P.; FRASAO, B. S.; SILVA, A. C. O.; FREITAS, M. Q.; FRANCO, R. M.; CONTE-JUNIOR, C. Cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) pulp, probiotic, and prebiotic: Influence on color, apparent viscosity, and texture of goat milk yogurts **Journal of Dairy Science**, v. 98, p. 1-9, 2015.

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.

COSTA, M. F.; PIMENTEL, T. C.; GUIMARAES, J. T.; BALTHAZAR, C. F.; ROCHA, R. S.; CAVALCANTI, R. N.; CRUZ, A. G. Impact of prebiotics on the rheological characteristics and volatile compounds of Greek yogurt. **LWT - Food Science and Technology**, v. 105, p. 371-376, 2019.

COSTA, G. M.; PAULA, M. M.; COSTA, G. N.; ESMERINO, E. A.; SILVA, R.; FREITAS, M. Q.; BARÃO, C. E.; CRUZ, A. G.; PIMENTEL, T. C. Preferred attribute elicitation methodology compared to conventional descriptive analysis: A study using probiotic yogurt sweetened with xylitol and added with prebiotic components. **Journal of Sensory Studies**. <https://doi.org/10.1111/joss.12602>. 2020.

CUI, Y.; QU, X. Genetic mechanisms of prebiotic carbohydrate metabolism in lactic acid bacteria: Emphasis on *Lactocaseibacillus casei* and *Lactocaseibacillus paracasei* as flexible, diverse and outstanding prebiotic carbohydrate starters. **Trends in Food Science & Technology**, v. 115, p. 486-499, 2021.

DIAS, G. E. N.; GORGONIO, I. F.; RAMALHO, J. A.; OLIVEIRA, K. M.; GUEDES, E. J. R. C. E.; LEITE, F. C.; ALVES, M. F.; MACIEL, J. K. S.; SOUZA, M. F. V.; LIMA, C. M. B. L.; DINIZ, M. F. F. M. Acute oral toxicity and anti-inflammatory activity of ethanolic

extract from *Pilosocereus gounellei*, (Fac Weber) in rats. **International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research**, v. 7, p.1-6, 2015.

DUAR, R. M.; LIN, X. B.; ZHENG, J.; MARTINO, M. E.; GRENIER, T., PÉREZ-MUÑOZ, M. E.; WALTER, J. Lifestyles in transition: Evolution and natural history of the genus *Lactobacillus*. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 41, p. 27-S48, 2017.

DUTRA, R. L. T.; DANTAS, A. M.; ARAÚJO MARQUES, D.; BATISTA, J. D. F.; ALBUQUERQUE MEIRELES, B. R. L.; BORGES, G. D. S. C. Bioaccessibility and antioxidant activity of phenolic compounds in frozen pulps of Brazilian exotic fruits exposed to simulated gastrointestinal conditions. **Food Research International**, v. 100, p. 650-657, 2017.

FABERSANI, E.; GRANDE, M. V.; ARÁOZ, M. V. C.; ZANNIERE, M. L.; SÁNCHEZ, S. S.; GRAUD, A.; OLISZEWSKIA, R.; HONORÉB, S. Metabolic effects of goat milk yogurt supplemented with yacon flour in rats on high-fat diet. **Journal of Functional Foods**, v. 49, p. 447-457, 2018.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Statistical Yearbook**, Rome, Italy. 2018.

FAO. Food and Agricultural Organization of the United Nations and World Health Organization. Joint FAO/WHO working group report on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food. **Food and Agricultural Organization of the United Nation**, Disponível em:. Acesso em 20 nov 2019.

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.; ZHAOA, A.; WEI, L.; SHAO, Y.; WANG, Y.; CAO, B.; ZHANG, F. Quality characteristics and antioxidant activities of goat milk yogurt with added jujube pulp. **Food Chemistry**, v. 277, p. 238-245, 2019.

FOLCH, J.; LEES, M.; SLOANE-STANLEY, G. H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **Journal of Biological Chemistry**, v. 226, p. 497-509, 1957.

GESTARO, V. B.; SCHMIDT, V. Avaliação do ciclo de vida (ACV) na caprinocultura de leite: um estudo bibliométrico. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 2, p. 2290-2296, 2021.

GONZALEZ, N. J.; ADHIKARI, K.; SANCHO-MADRIZ, M. F. Sensory characteristics of peach-flavored yogurt drinks containing prebiotics and synbiotics. **LWT- Food Science and Technology**, v. 44, p. 158-163, 2011.

GRYGORCZYK, A.; LESSCHAEVE, I.; CORREDIG, M.; DUIZER, L. Extraction of consumer texture preferences for yogurt: Comparison of the preferred attribute elicitation method to conventional profiling. **Food Quality and Preference**, v. 27, p. 215-222, 2013.

GROM, L. C.; ROCHA, R. S.; BALTHAZAR, J. T.; GUIMARÃES, N. M.; COUTINHO, N. M.; BARROS, C. P.; PIMENTEL, T. C.; VENÂNCIO, E. L. JUNIOR, I. C.; MACIEL, P. M. C.; SILVA, P. H. F.; GRANATO, D.; FREITAS, M. Q.; ESMERINO, E. A.; SILVA, M. C.; CRUZ, A. G. Postprandial glycemia in healthy subjects: Which probiotic dairy food is more adequate? Probiotic dairy foods for postprandial glycemia probiotic dairy foods for postprandial glycemia. **Journal of Dairy Science**, v. 103, p. 1110-1119, 2020.

GU, Y.; LI, X.; XIAO, R.; DUDU, O. E.; YANG, L.; MA, Y. Impact of *Lactobacillus paracasei* IMC502 in coculture with traditional starters on volatile and non-volatile metabolite profiles in yogurt. **Process Biochemistry**, v. 99, p. 61-69, 2020.

HAENLEIN, G. F. W. Past, present, and future perspectives of small ruminant dairy research. **Journal of Dairy Science**, v. 84, p. 2097-2115, 2001.

HILL, C.; GUARNER, F.; REID, G.; GIBSON, G. R.; MERENSTEIN, D. J.; POT, B.; MORELLI, L.; CANANI, R. B.; FLINT, H. J. SALMINEM, S.; CALDER, P. C.; SANDERS, M. E. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. **Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology**, v. 11, p. 506-514, 2014.

HILL, D.; ROSS, R. P.; ARENDT, E.; STANTON, C. Microbiology of Yogurt and Bio-Yogurts Containing Probiotics and Prebiotics. **Yogurt in Health and Disease Prevention**, p. 69-85, 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA, Censo Agropecuário 2017 - Resultados Preliminares. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>. Acesso em: 24 ago 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Biomas Brasileiros. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/territorio/18307-biomas-brasileiros.html>. Acesso em 23 ago 2021.

KALYANKAR, S. D.; KHEDKAR, C. D.; PATIL, A. M. Goat: Milk. **Encyclopedia of Food and Health**, p. 256-260, 2016.

KALLIOMÄKI, M.; SALMINEN, S.; POUSSA, T.; ARVILOMMI, H.; ISOLAURI, E. Probiotics and prevention of atopic disease: 4-year follow-up of a randomised placebo-controlled trial. **The Lancet**, v. 361, n. 9372, p. 1869-1871, 2003.

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

LATTA, M.; ESKIN, M. A simple and rapid colorimetric method for phytate determination. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 28, p. 1313-1315, 1980.

LEAL, M. L.; ALVES, R. P.; HANAZAKI, N. Knowledge, use, and disuse of unconventional food plants. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 14, p. 1-9, 2018.

LUCENA, C. M.; COSTA, G. M.; SOUSA, R. F.; CARVALHO, T. K. N.; MARREIROS, 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.

LUCEY, J. A. Formation and physical properties of milk protein gels. **Journal of Dairy Science**, v. 85, p. 281-294, 2002.

MACIEL, J. K. S.; CHAVES, O. S.; FILHO, S. G. B.; TELES, Y. C. F.; FERNANDES, M. G.; ASSIS, T. S.; FERNANDES, P. D.; ANDRADE, A. P.; FELIX, L. P.; SILVA, T. M. S.; RAMOS, N. S. M.; SILVA, G. R.; SOUZA, M. F. V. New Alcamide and Antioxidant Activity of *Pilosocereus gounellei* A. Weber ex K. Schum. Bly. Ex Rowl. (Cactaceae). **Molecules**, v. 21, n. 0011, p. 1-13, 2016.

MACHADO, T. A. D. G.; OLIVEIRA, M. E. G.; CAMPOS, M. I. F.; ASSIS, P. O. A.; SOUZA, E. L.; MADRUGA, M. S.; PACHECO, M. T. B.; PINTADO, M. M. E.; QUEIROGA, R. C. R. Impact of honey on quality characteristics of goat yogurt containing probiotic *Lactobacillus acidophilus*. **LWT - Food Science and Technology**, v. 80, p. 221-229, 2017.

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.; GÁRCIA, 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*) flour. Nutritional, physicochemical and sensorial acceptance of functional cookies enriched with xiquexique (*Pilosocereus gounellei*) flour. **Plos One**, v. 16, n. 8, p. 0255287, 2021.

MARTINS, L. S. T. Germinação de sementes de *Pilosocereus arrabidae* (Lem.) Byl. & Row (Cactaceae) de Arraial do Cabo. **Research Institute Botanical Garden**, Rio de Janeiro, Brazil, 2007.

MENEZES, F. N. D. D.; MELO, F. H. C.; VIEIRA, A. R. S.; ALMEIDA, E. T. C.; LIMA, M. S.; AQUINO, J. S.; GOMEZ-ZAVAGLIAS, A.; MAGNANI, M.; SOUZA, E. L. Acerola (*Malpighia glabra* L.) and guava (*Psidium guayaba* L.) industrial processing by-products stimulate probiotic *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* growth and induce beneficial changes in colonic microbiota. **Journal of Applied Microbiology**, v. 130, p. 1323-1336, 2020.

MEYBODI, N. M.; MORTAZAVIAN, A. M.; ARAB, M.; NEMATOLLAHI, A. Probiotic viability in yoghurt: a review of influential factors, **International Dairy Journal**, v. 109, p. 104793, 2020.

MONTEIRO, E. R.; MANGOLIN, C. A.; NEVES, A. F.; ORASMO, G. R.; SILVA, J. G. M.; MACHADO, M. F. P. S. Genetic structure of *Pilosocereus gounellei* (Cactaceae) as revealed by AFLP marker tp guide proposals for improvement and restoration of degraded areas in Caatinga biome. **Genetics and Molecular Research**, v. 14, n. 4, p. 16966-16974, 2015.

MORELLI, L. Yogurt, living cultures, and gut health. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 99, p. 1248-1450, 2014.

NASCIMENTO, V. T.; LUCENA, R. F.; MACIEL, M. I.; ALBUQUERQUE, U. P. Knowledge and use of wild food plants in areas of dry seasonal forests in Brazil. **Ecology of Food and Nutrition**, v. 52, n. 4, p. 317-343, 2013.

NECCHI, R. M. M.; ALVES, I. A.; ALVES, S. H.; MANFRON, M. P. In vitro antimicrobial activity, total polyphenols and flavonoids contents of *Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck (Cactaceae). **Journal of Research Pharmacy**, v. 2, p. 1-7, 2012.

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

NYANZI, R.; JOOSTE, P.; BUYS, E. Invited review: Probiotic yogurt quality criteria, regulatory framework, clinical evidence, and analytical aspects. **Journal of Dairy Science**, v. 104, p. 1-19, 2021.

NUNES, A. T.; LUCENA, R. F. P.; SANTOS, M. V. F.; ALBUQUERQUE, U. P. Local knowledge about fodder plants in the semi-arid region of Northeastern Brazil. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v.11, s/n, p. 1-12, 2015.

ODINTSOVA, V.; KLIMENKO, N.; TYAKHT, A.; VOLOKH, O.; POPOV, V.; ALEXEEV, D.; BEREZHNYAYA, Y. Yogurt fortified with vitamins and probiotics impacts the frequency of upper respiratory tract infections but not gut microbiome: A multicenter double-blind placebo controlled randomized study. **Journal of Functional Foods**, v. 83, p. 104572, 2021.

OLIVEIRA, A. M.; FREIRE, M. O. L.; SILVA, W. A. V.; FERREIRA, M. R. A.; PAIVA, P. M. G.; SOARES, L. A. L.; MEDEIROS, P. L.; CARVALHO, B. M.; NAPOLEÃO, T. H. Saline extract of *Pilosocereus gounellei* stem has antinocceptive effect in mice without showing acute toxicity and altering motor coordination, **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, v. 95, p. 289-297, 2018.

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

OZCAN, T.; OZDEMIR, T.; AVCI, H. R. Survival of *Lactobacillus casei* and functional characteristics of reduced sugar red beetroot yoghurt with natural sugar substitutes. **International Journal of Dairy Technology**. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12741>, 2020.

PADILHA, C. E. A.; AZEVEDO, J. C. S.; SOUSA JÚNIOR, F. C.; DE OLIVEIRA JÚNIOR, S. D.; SANTANA SOUZA, D. F.; OLIVEIRA, J. A.; MACEDO, G. R.; DOS SANTOS, E. S. Recovery of polyphenols from camu-camu (*Myrciaria dubia* HBK McVaugh) depulping residue by cloud point extraction. **Chinese Journal of Chemical Engineering**, v. 26, p. 2471-2476, 2018.

PEI, R.; MARTIN, D. A.; DIMARCO, D. M.; BOLLING, B. W. Evidence for the effects of yogurt on gut health and obesity. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 57, p. 1569-1583, 2017.

PENG, C.; YAO, G.; SUN, Y.; GUO, S.; WANG, J.; MU, X.; SUN, Z.; ZHANG, H. Comparative effects of the single and binary probiotics of *Lacticaseibacillus casei* Zhang and *Bifidobacterium lactis* V9 on the growth and metabolomics profiles in yogurts. **Food Research International**, 2021.

PEREIRA, M. C.; STEFFENS, R. S.; JABLONSKI, A.; HERTZ, P. F.; RIOS, A. O.; VIZZOTTO, M.; FLÔRES, S. H. Characterization, bioactive compounds and antioxidant potential of three Brazilian fruits. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 29, n. 1, p. 19-24, 2013.

PIMENTEL, T. C.; GARCIA, S.; PRUDENCIO, S. H. Effect of long-chain inulin on the texture profile and survival of *Lactobacillus paracasei* ssp. *paracasei* in set yoghurts during refrigerated storage. **International Journal of Dairy Technology**, v. 65, p. 104-110, 2012.

PIMENTEL, T. C.; BRANDÃO, L. R.; OLIVEIRA, M. P.; COSTA, W. K. A.; MAGNANI, M. Health benefits and technological effects of *Lacticaseibacillus casei*-01: An overview of the scientific literature. **Trends in Food Science & Technology**, v. 114, p. 722-737, 2021.

PULINA, G.; MILÁN, M. J.; LAVÍN, M. P.; THEODORIS, A.; MORIN, E.; CAPOTE, J.; THOMAS, D. L.; FRANCESCONI, A. H. D.; CAJA, G. Invited review: Current production trends, farm structures, and economics of the dairy sheep and goat sectors. **Journal of Dairy Science**, v.101, p. 6715-6729, 2018.

QU, L.; REN, J.; HUANG, L.; PANG, B.; LIU, X.; LIU, X.; LI, B.; SHAN, Y. Anti-diabetic effects of *Lactobacillus casei* fermented yogurt through reshaping gut microbiota structure in Type 2 Diabetic rats. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 66, n. 4, p. 12696-12705, 2018.

RACKIS, J. J.; MCGHEE, J. E.; LIENER, I. E.; KAKADE, M. L.; PUSKI, G. Problems encountered in measuring trypsin inhibitor activity of soy flour. Report of a collaborative analysis. **Cereal Science Today**, v. 19, p. 513-515, 1974.

RANADHEERA, C.; EVANS, C. A.; ADAMS, M. C.; BAINES, S. K. Probiotic viability and physico-chemical and sensory proprieties of plain and stirred fruit yogurts made from goat's milk. **Food Chermistry**, v. 135, p. 1411-1418, 2012.

RANADHEERA, C. S.; NAUMOVSKI, N.; AJLOUNI, S. Non-bovine milk products as emerging probiotic carriers: recent developments and innovations. **Current opinion in Food Science**, v. 22, p. 109-114, 2018.

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 Scientia**, v. 9, p. 27-33, 2015.

RIBEIRO, T. S.; SAMPAIO, K. B.; MENEZES, F. N. D. D.; ASSIS, P. O. A.; LIMA, M. S.; OLIVEIRA, M. E. G.; SOUZA, E. L.; QUEIROGA, R. 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**, v. 10, n. 448, 2020.

ROSA, L. S.; SANTOS, M. L.; ABREU, J. P.; BALTHAZAR, C. F.; ROCHA, R. S.; SILVA, H. L.; SILVA, M. C. Antiproliferative and apoptotic effects of probiotic whey dairy beverages in human prostate cell lines. **Food Research International**, v. 10, p. 9450, 2020.

RUBIN, M.; MODAI, S.; RAYMAN, S.; KAPLAN, K. M.; MENDELSON, E.; LICHTENBERG, D. Antiviral properties of goat milk. **Clinical Nutrition Open Science**, v. 37, p. 1-11, 2021.

SANDERS, M. E.; MERENSTEIN, D. J.; REID, G.; GIBSON, G. R.; RASTALL, R. A. Probiotics and prebiotics in intestinal health and disease: From biology to the clinic. **Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology**, v.16, n. 10, p. 605-616, 2019.

SATO, J.; KANAZAWA, A.; AZUMA, K.; IKEDA, F.; GOTO, H.; KOMIYA, K.; KANNO, R.; TAMURA, Y.; ASAHARA, T.; TAKAHASHI, T.; NOMOTO, K.; YAMASHIRO, Y.; WATADA, H. Probiotic reduces bacterial translocation in type 2 diabetes mellitus: A randomised controlled study. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 12115, 2017.

SETTACHAIMONGKON, S.; VAN VALENBERG, H. J. F.; SMID, E. J. Metabolomics as an Emerging Strategy for the Investigation of Yogurt Components. **Yogurt in Health and Disease Prevention**, p. 427-449, 2017.

SHIDA, K.; SATO, T.; IIZUKA, R.; HOSHI, R.; WATANABE, O.; IGARASHI, T.; ISHIKAWA, F. Daily intake of fermented milk with *Lactobacillus casei* strain Shirota reduces the incidence and duration of upper respiratory tract infections in healthy middle-aged office workers. **European Journal of Nutrition**, v. 56, n. 1, p. 45-53, 2017.

SHINWARI, K. J.; RAO, P. S. Stability of bioactive compounds in fruit jam and jelly during processing and storage: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 75, p. 181-193, 2018.

SILVA, F. A.; OLIVEIRA, M. E. G.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; SAMPAIO, K. B.; SOUZA, E. L.; OLIVEIRA, C. E. V.; PINTADO, M. M. E.; QUEIROGA, R. C. R. E. The effect of Isabel grape addition on the physicochemical, microbiological and sensory characteristics of probiotic goat milk yogurt. **Food & Function**, v. 8, p. 2121-2132, 2017.

SODINI, I.; REMEUF, F.; HADDAD, S.; COURRIEU, G. The relative effect of milk base, starter, and process on yogurt texture: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 44, p. 113-137, 2004.

SOUSA, G. A.; OLIVEIRA, I. S.; SILVA-FREITAS, F. V.; VIANA, A. F. S. C.; NETO, B. P. S.; CUNHA, F. V. M.; GONÇALVES, R. L. G.; LIMA FILHO, A. C. M.; AMARAL, M. P. M.; OLIVEIRA, R. C. M.; FERNANDES, P. D.; MACIEL, J. K. S.; SILVA, T. M. S.; SOUSA, M. F. V.; OLIVEIRA, F. A. 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**, v. 218, p. 100-108, 2018.

SPERRY, M. F.; SILVA, H. L.; BALTHAZAR, C. F.; ESMERINO, E. A.; VERRUCK, S.; PRUDENCIO, E. S.; ROCHA, R. S. Probiotic Minas frescal cheese added with *L. casei* 01: Physicochemical and bioactivity characterization and effects on hematological/ biochemical parameters of hypertensive overweighted women – a randomized double-blind pilot trial. **Journal of Functional Foods**, v. 45, p. 435-443, 2018.

TOIT, A.; WIT, M.; OSTHOFF, G.; HUGO, A. Antioxidant properties of fresh and processed cactus pear cladodes from selected *Opuntia ficus-indica* and *O. robusta* cultivars. **South African Journal of Botany**, v. 118, p. 44-51, 2018.

VERRUCK, 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. 243-257, 2019.

VIEIRA, E. A.; ALCÂNTARA, M. A.; SANTOS, N. A.; GONDIM, A. D.; MELLINGER, C.; CORDEIRO, A. M. T. M. Mucilages of cacti from Brazilian biodiversity: Extraction, physicochemical and technological properties. **Food Chemistry**, v. 346, p. 128892, 2021.

WANG, J.; BAI, X.; PENG, C.; YU, Z.; LI, B.; ZHANG, W.; SUN, Z.; ZHANG, H. Fermented milk containing *Lactobacillus casei* Zhang and *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* V9 alleviated constipation symptoms through regulation of intestinal microbiota, inflammation, and metabolic pathways. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 12, 2020.

WATTERLOT, L.; ROCHAT, T.; SOKOL, H.; CHERBUY, C.; BOULOUFA, I.; LEFÈVRE, F.; GRATADOUX, J.-J.; HONVO-HUETO, E.; CHILMONCZYK, S.; BLUGEON, S.; CORTIER, G.; LANGELLA, P.; BERMÚDEZ-HUMARÁN, L. G. Intra gastric administration of a superoxide dismutase-producing recombinant *Lactobacillus casei* BL23 strain attenuates DSS colitis in mice. **International Journal of Food Microbiology**, v. 144, n. 1, p. 35-41, 2010.

ZAPPI, D.; TAYLOR, N.; SANTOS, M.R.; LAROCCA, J. (2015). Cactaceae in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB70>. Acesso em 4 nov 2019.

ZEPPA, G.; CONTERNO, L.; GERBI, V. Determination of Organic Acids, Sugars, Diacetyl, and Acetoin in Cheese by High-Performance Liquid Chromatography. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 2722-2726, 2001.

ZHENG, J.; WITTOUCK, S.; SALVETTI, E.; FRANZ, C. M. A. P.; HARRIS, H. M. B.; MATARELLI, P.; O'TOOLE, P. W.; 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**, v. 70, p. 2782-2858, 2020.

4 RESULTADOS

A discussão desta tese está apresentada na forma de artigos originais publicados/sendo avaliados em periódicos da área de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Os resultados também proporcionaram a elaboração de duas patentes (ANEXOS B e C).

ARTIGO I

24/08/2021

Rightslink® by Copyright Clearance Center



Home

Help ▾

Email Support

Sign in

Create Account



Pilosocereus gounellei (xique-xique) jam is source of fibers and mineral and improves the nutritional value and the technological properties of goat milk yogurt

Author:

Fabricia França Bezerril, Marciane Magnani, Maria Teresa Bertoldo Pacheco, Maria de Fátima Vanderlei de Souza, Rossana Maria Feitosa Figueiredo, Marcos dos Santos Lima, Graciele da Silva Campelo Borges, Maria Eleidy Gomes de Oliveira et al.

Publication: LWT - Food Science and Technology

Publisher: Elsevier

Date: March 2021

© 2020 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Journal Author Rights

Please note that, as the author of this Elsevier article, you retain the right to include it in a thesis or dissertation, provided it is not published commercially. Permission is not required, but please ensure that you reference the journal as the original source. For more information on this and on your other retained rights, please visit: <https://www.elsevier.com/about/our-business/policies/copyright#Author-rights>

[BACK](#)

[CLOSE WINDOW](#)

© 2021 Copyright - All Rights Reserved | Copyright Clearance Center, Inc. | [Privacy statement](#) | [Terms and Conditions](#)
Comments? We would like to hear from you. E-mail us at customer@copyright.com



Contents lists available at ScienceDirect

LWT

journal homepage: www.elsevier.com/locate/lwt

Pilosocereus gounellei (xique-xique) jam is source of fibers and mineral and improves the nutritional value and the technological properties of goat milk yogurt

Fabírcia França Bezerril^a, Marciane Magnani^b, Maria Teresa Bertoldo Pacheco^c,
 Maria de Fátima Vanderlei de Souza^d, Rossana Maria Feitosa Figueiredo^e,
 Marcos dos Santos Lima^f, Graciele da Silva Campelo Borges^g, Maria Elieidy Gomes de Oliveira^a,
 Tatiana Colombo Pimentel^h, Rita de Cássia Ramos do Egypto Queiroga^{a,*}

^a Laboratory of Bromatology Department of Nutrition, Federal University of Paraíba, João Pessoa, Brazil

^b Laboratory of Microbial Processes in Foods, Department of Food Engineering, Federal University of Paraíba, João Pessoa, Brazil

^c Center of Science and Food Quality, Institute of Food Technology, Campinas, Brazil

^d Postgraduate Program in Development and Technological Innovation in Medicines, Federal University of Paraíba, João Pessoa, Brazil

^e Center of Technology in Natural Resources, Federal University of Campina Grande, Campina Grande, Brazil

^f Department of Food Technology, Institute Federal of Sertão Pernambucano, Petrolina, Brazil

^g Department of Food Technology, Center of Technology and Regional Development, Federal University of Paraíba, João Pessoa, Brazil

^h Federal Institute of Paraná (IFPR), Campus Paranaval, Paraná, Brazil

ARTICLE INFO

Keywords:

Caprine milk
 Phenolic compounds
 Mineral content
 Cactaceae

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the impact of xique-xique jam addition on the nutritional value and physico-chemical and sensory characteristics of goat milk yogurt. The jam was characterized for its physicochemical characteristics, mineral profile, antinutritional factors, and phenolic compounds (profile and bioaccessibility). The jam presented a dark yellow color, was slightly acid (pH 4.61), and was characterized by its carbohydrate (67.17 g/100 g) and fiber (2.60 g/100 g) contents, mainly in an insoluble form (1.71 g/100 g). Potassium, magnesium, calcium, and manganese were found as main minerals, and there was no significant concentration of the antinutritional compounds (tannins, trypsin inhibitor and phytic acid). Finally, 13 phenolic compounds were identified from the flavanols, flavonols, phenolic acids and flavanones groups, presenting 2.79–172.52% bio-accessibility. The jam addition resulted in yogurts with higher nutritional value (lipid, protein and mineral content), and technological properties (higher moisture content during storage, lower acidity, and reduced viscosity) than conventional yogurt, with no impact on sensory acceptance (appearance, color, consistency, aroma, flavor, and overall acceptance) or sensory characteristics (Just about Right, aroma, consistency, texture, sweetness, flavor and acidity). It can be concluded that xique-xique jam can improve the nutritional value and technological properties of goat milk yogurt.

1. Introduction

The global goat milk market size was valued at \$8.5 billion in 2018, and is expected to reach \$11.4 billion by 2026, growing at a compound annual rate of 3.8% from 2019 to 2026 (Kadam, Sangwai, & Deshmukh, 2019). Yogurt is a fermented dairy product widely consumed due to its nutritional value and health benefits (Pan, Liu, Lou & Lou, 2019). Goat milk can be suitable for the yogurt production, mainly because of its

higher nutritional value compared to cow milk, as well as, to the health benefits associated with its consumption (Santis, Giacinti, Chemello, & Frangipane, 2019). Goat milk yogurt, however, is less acceptable than yogurt made with cow milk, because goat milk has a different flavor due to the presence of the capric, caprylic and caproic acids in its composition (Costa et al., 2017). It is characterized by a weak curd and a low viscosity, due to the low levels of α_{S1} casein (Costa et al., 2017).

Improvements in the quality and sensory characteristics of goat milk

* Corresponding author. Department of Nutrition, Federal University of Paraíba, João Pessoa, PB, CEP 58051-900, Brazil.

E-mail address: rcqueiroga@uol.com.br (R. de Cássia Ramos do Egypto Queiroga).

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110512>

Received 31 August 2020; Received in revised form 23 October 2020; Accepted 1 November 2020

Available online 5 November 2020

0023-6438/© 2020 Elsevier Ltd. All rights reserved.

yogurt have been attempted, such as the addition of cultures with flavor-enhancement characteristics (Santis et al., 2019), addition of fruit or fruit pulps (Cuşmenço & Bulgaru, 2020; Feng et al., 2019), and the use of gums (Park et al., 2019). The addition of fruits and vegetables can contribute to increase the nutritional value and mask the goat flavor, promoting the consumption of goat milk dairy products (Feng et al., 2019). Furthermore, they can act as stabilizing agents in yogurts, due to their desirable functional attributes (Wang, Kristo, & LaPoite, 2020).

One of the potential additives is xique-xique (*Pilosocereus gounellei*), a cactacea widely spread across and adapted to the dry climate of the Northeast region of Brazil (Furtado et al., 2019). In vivo studies have demonstrated the protective and anti-inflammatory effects of xique-xique on edema in paw (Dias et al., 2015), and rats with induced colitis (Assis et al., 2019), as well as its gastroprotective effects (Souza et al., 2018). Therefore, exploration of the constituents of xique-xique and its potential for use in the development of new products needs to be explored (Dias et al., 2015).

The cladodes of xique-xique have a limited shelf-life. Their use as additives to the processing of food products would prolong this time and contribute to the emergence of an economically viable market for this cactacea (Toit, Wit, Osthoff, & Hugo, 2018). Their application in the processing of jams could increase the consumer acceptance, shelf life, and preservation of the bioactive compounds in the food (Shinwari & Rao, 2018). The use of xique-xique in food products is still scarce; some examples are xique-xique juice (Assis et al., 2019; Ribeiro et al., 2020), fresh pasta enriched with xique-xique flour (Oliveira & de Oliveira, 2019), and cereal bars with xique-xique flour (Araújo, dos Reis, & de Oliveira, 2019). To our knowledge, however, there have been no studies that used xique-xique in the processing of jam and/or dairy products.

Considering the processing of goat milk yogurts with improved quality as well as the absence of studies with xique-xique, this study aimed to i) characterize the xique-xique jam regarding its physico-chemical characteristics, mineral profile, antinutritional factors, and phenolic compounds (profile and bioaccessibility) and, ii) evaluate the impact of the addition of xique-xique jam on the nutritional value, and physicochemical and sensory characteristics of goat milk yogurt.

2. Material and methods

2.1. Xique-xique cladodes

Xique-xique cladodes (3 lots of 30 kg, April 2016) were obtained from a private cultivation area 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 of the Federal University of Paraíba (CCA/UFPB) and the certified specie (number 17562) was deposited at the Herbario Prof. Jaime Coelho Morais (CCA/UFPB). The collection was authorized by the Brazilian Biodiversity Information System (number 62681) and the National System for the Management of Genetic Heritage (SISGEN, number AA17429).

The cladodes were selected considering their physical integrity; and the spines were removed at the time of collection. Then, they were transported in polystyrene boxes, under refrigeration at a temperature of $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1.0$. After adequate hygiene and disinfection by immersion in chlorinated water (100 ppm) for 15 min, the cladode (vascular cylinder) had the shells removed with the aid of a knife and was cut into pieces of $5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$. These were then processed in a horizontal pulper (MecVal®) until the pulp was obtained, stored in glass bottles, and used in the preparation of the jam.

2.2. Jam and yogurt processing

In the preparation of the jam, a proportion of 70:30% pulp:sugar (w/w) was used. The mixture was cooked for 45 min, with manual stirring until it reached 62–65 °Brix, which was measured using a digital

refractometer (Hanna® brand, model HI 96801). Then, the jam was transferred, still hot, to a previously sterilized glass container and stored at room temperature $27 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ until analysis (day 1 of storage) or used in the yogurt processing.

The yogurts were processed based on the methodology described by Silva et al. (2017). Two formulations were prepared: (CY) conventional treatment (with sucrose), and (XY) with xique-xique jam. Pasteurized goat milk was subjected to heat treatment ($90\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ min}$) and cooled to $45\text{ }^{\circ}\text{C}$. Then, 5 g/100 g sucrose was added to the CY treatment. The starter cultures (*Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, Christian Hansen®, Valinhos, Brasil, 10^8 cfu/mL) were inoculated in concentrations of 0.4 g/L and fermentation was carried at $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ for 4 h. Then, the yogurt samples were cooled to $5\text{ }^{\circ}\text{C}$, the clot broken by a glass rod, and the jam added in concentrations of 10 g/100 g to the XY. Finally, the products were placed in high density polyethylene bottles and stored under refrigeration ($5\text{ }^{\circ}\text{C}$) for 28 days. The yogurts were evaluated on days 1, 14 and 28 of storage, except for sensory analysis and mineral profile, which were conducted on day 14 of storage.

2.3. Physical-chemical characterization of the jams and yogurts

The jam was evaluated for physical parameters of water activity (Aw) (AquaLab model CX-2), pH (Quimis model Q400as), titratable acidity (TA), total soluble solids (TSS; digital refractometer, Hanna®, HI 96801) and color (Konica Minolta colorimeter, model CR 400). The moisture, ash, fiber (total, soluble, and insoluble), and protein contents were determined according to the methodology recommended by the Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2016), and lipids according to Folch, Lees & Stoane-Stanley (1957). Carbohydrates were estimated by difference. The total energy was calculated using the conversion factors: 4 kcal/g for carbohydrates, 4 kcal/g for proteins, and 9 kcal/g for lipids.

The yogurt was evaluated for pH (Quimis model Q400as), color (Konica Minolta colorimeter, model CR 400), TA, moisture, ash, lipids, protein, and lactose contents (AOAC, 2016). Viscosity was evaluated using a Brookfield viscometer model DV II + Pro coupled with a thermostatic bath to control the temperature of the samples. The analyses were carried out at a rotation speed of 40–200 rpm and a temperature of $5 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, measured with a Brookfield Thermosel Spindle (SC4-27).

2.4. Mineral profile of the jams and yogurts

For the mineral profile, microwave-assisted acid digestion was performed, at a maximum temperature of $170\text{ }^{\circ}\text{C}$ for 37 min followed by reverse osmosis (Gehaka®, São Paulo, Brazil) (AOAC, 2016). Minerals were determined in an inductive coupling plasma atomic emission spectrometer (ICP OES 5100 VDV, Agilent Technologies, Tokyo, Japan) using the following wavelengths: Ca (317.933 nm), Cu (324.754 nm), Fe (259.940 nm), Mg (279.553 nm), Mn (257.610 nm), P (213.618 nm), Na (589.592 nm), Se (196.026 nm), K (766.491 nm), and Zn (206.200 nm). The analytical curves for minerals were prepared from dilutions of 10 mg/100 mL analytical standards (Specsol - Quimlab, Jacareí, Brazil) and 1000 mg/100 mL (Titrisol - Merck, Darmstadt, Germany) in the ranges of 0.041–41.0 mg/100 mL for Ca and Na, 0.062–62.0 mg/100 mL for P, 0.00025–0.05 mg/100 mL for Se, 0.015–14.5 mg/100 mL for Mg, 0.061–61.0 mg/100 mL for K, and 0.001–1.0 mg/100 mL for Cu, Fe, Mn and Zn, with correlation coefficients (R^2) greater than 0.9999.

2.5. Antinutritional factors, phenolic profile and bioaccessibility and antioxidant activity of the jams

Total tannins (AOAC, 2016), phytic acid content (Latta & Eskin, 1980), and trypsin inhibitor (Rackis, McGhee, Liener, Kakade, & Puskis, 1974) were evaluated as antinutritional factors.

The identification of the phenolic compounds was carried out

according to Padilha et al. (2018), with adaptations to the gradient and runtime for quantification of stilbenes, flavonols and flavanones. The analysis was performed using an Agilent 1260 Infinity LC System liquid chromatograph (Agilent Technologies, Santa Clara - USA) coupled to a diode arrangement detector (DAD) (model G1315D). The column used was Zorbax Eclipse Plus RP-C18 (100 × 4.6 mm, 3.5 μm) and the 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 the identification and quantification was done by comparison with standard external standards.

The antioxidant activity measured by the ability to deactivate the 2,2'-diphenyl-2-picryl-hydrazil (DPPH•) radical and the antioxidant potential by the FRAP method were determined following procedures described by Toit et al. (2018) and Dutra et al. (2017). Standard curves were performed with Trolox and the results expressed in μM Trolox/100 g of jam.

For the bioaccessibility assessment, the samples were digested in three sequential phases: oral, gastric, and intestinal, as described by Dutra et al. (2017) using a cellulose dialysis membrane (molecular weight cut of 12000 Da) filled with 15 mL of NaHCO₃ (0.5 mol/L) to simulate the intestinal barrier. The in (dialyzed) and out (non-dialyzed) phases were collected. Bioaccessibility was expressed as a percentage and was determined as follows Equation: Bioaccessibility (%) = (BC dialyzed/BC non-digested) X 100, where BC dialyzed corresponds to the free phenolic compound concentration in the dialyzed portion and BC non-digested is the free phenolic compound concentration in the FP.

2.6. Sensory analysis of the yogurts

The acceptance test was conducted with 102 consumers of goat milk products (22 men and 80 women, with ages in the range of 19–30 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.

2.7. Statistical analysis

All experiments were performed three times in triplicate. The results were submitted to the t-Student test (between formulations), and ANOVA followed by Tukey test (storage times) 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. S1). 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, Cano-Lamadrid, Carbonell-Barrachina, Sendra, & Hernández, 2019). Analyses were done using the GraphPad Prism 5.0 software (GraphPad Software Inc., San Diego, CA, USA).

3. Results and discussion

3.1. Characterization of the xique-xique jams

Table 1 presents the chemical composition and physicochemical characteristics of the xique-xique jams. The jams presented 29.02 g/100 g of moisture, 0.28 g/100 g of protein, 0.83 g/100 g of ash, 2.60 g/100 g of total fiber (1.71 of insoluble and 0.89 of soluble fiber), 67.17 g/100 g of carbohydrates, and 269.8 kcal/100 g. Therefore, the xique-xique jam was characterized as source of fibers mainly in insoluble form. Dietary consumption of fibers is associated to the reduction of the risk of cardiovascular and digestive tract diseases, as fibers can lower the glycemic index and cholesterol levels (Tosh & Bordenave, 2020).

The xique-xique jam presented a dark yellow color (L^* 38.70, a^* −0.30, and b^* 13.15), associated to the raw material (green color) and the processing (caramelization during cooking), resulting in the production of brown/yellow pigments. The jam had pH of 4.61, TSS of 63.08 °Brix, Aw of 0.85, and TA of 0.14%, with the pH and the TA suggesting its use in products with a slightly acid characteristic.

Table 2 presents the mineral profile of the xique-xique jam. The jams presented 657 mg/100 g of potassium, 535 mg/100 g of magnesium, 149 mg/100 g of calcium, 50 mg/100 g of manganese, 44.10 mg/100 g of sodium, 5.70 mg/100 g of phosphorous, 2.86 mg/100 g of iron, 1.07 mg/100 g of zinc, and 0.019 mg/100 g of selenium. Therefore, the xique-xique jam was characterized by the presence of higher concentrations of potassium, magnesium, calcium, and manganese. Potassium is the main intracellular cation and helps in the normal functioning of the cells, while magnesium is associated with bone health, and maintenance of the levels of calcium and potassium (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2019). Calcium is associated to the structure of bones and teeth, it composes the blood plasma, helps the development and contraction of the muscles, and regulates blood pressure and heart beat (Matera et al., 2018). Manganese participates in the formation of the bones, and in reactions involving cholesterol, carbohydrate, and amino acid metabolism (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2019).

The concentrations of some minerals were higher than those found in fresh samples of xique-xique cladodes, such as potassium (mg/100 g) (308.4), magnesium (182.40), and manganese (7.71) (Bezerril, 2017). Therefore, the processing of the jams resulted in higher concentrations of the minerals, which is interesting from the nutritional point of view. One portion of jam (20 g) would provide 6.91% of the recommended daily intake of selenium, 7.15% iron, 25.48% magnesium, and 434.78% of manganese. For the other minerals, the recommended daily intake

Table 1
Chemical composition and physicochemical characteristic of xique-xique jam.

Variable	
Water activity	0.85 ± 0.000
Titrate acidity (%)	0.14 ± 0.01
pH	4.61 ± 0.08
Total soluble solids (°Brix)	63.08 ± 0.49
L^*	38.70 ± 8.70
a^*	−0.30 ± 0.34
b^*	13.15 ± 4.91
Moisture (g/100 g)	29.02 ± 2.67
Protein (g/100 g)	0.28 ± 0.05
Lipids (g/100 g)	NI*
Ash (g/100 g)	0.83 ± 0.04
Total fiber (g/100 g)	2.60 ± 0.01
Insoluble fiber (g/100 g)	1.71 ± 0.01
Soluble fiber (g/100 g)	0.89 ± 0.01
Carbohydrates (g/100 g)	67.17 ± 0.00
Caloric value (Kcal/100 g)	269.8 ± 0.00

NI – Not identified. L^ varying from 0 (black) to 100 (white), a^* varying from red (+ a^*) to green (− a^*), and b^* varying from yellow (+ b^*) to blue (− b^*).

Table 2
Mineral profile of the xique-xique jam.

Variables	Mineral composition (mg/100 g)	% Recommended daily intake (20 g portion)	Recommendation (mg) ^a
Potassium	657.00 ± 17.00	3.86	3.400 ^b
Magnesium	535.00 ± 14.00	25.48	420 ^c
Calcium	149.00 ± 3.00	2.98	1000 ^b
Manganese	50.00 ± 2.00	434.78	2.3 ^b
Sodium	44.10 ± 0.30	0.59	1500 ^b
Phosphorous	5.70 ± 0.10	0.16	700 ^c
Iron	2.86 ± 0.06	7.15	8 ^c
Zinc	1.07 ± 0.02	1.95	11 ^c
Selenium	0.019 ± 0.004	6.91	0.055 ^c

^a Based on National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine 2019. Dietary Reference Intakes, 2019. Washington, DC: The National Academies Press. Based on an adult man aged 31–50 years.

^b Adequate Intake.

^c Recommended Dietary Allowances.

would be from 0.16 to 3.86%. As the jam contains a relevant concentration of minerals, especially manganese, it could be a commercial option to serve groups of individuals that lack these minerals. Deficiency of manganese is associated with impairment in growth and skeletal development, alterations in the reproductive function and glucose tolerance, and changes in lipid and carbohydrate metabolism (Erikson & Aschner, 2019). At the same time, selenium deficiency is associated with a higher predisposition to illness related to other stresses, such as Keshan disease (cardiomyopathy) and Kashin-Beck disease (cartilage disease). Anemia is the main nutritional deficiency associated with iron, but other symptoms can also be observed, such as decreases in the physical work capacity, and impairment in the cognitive function (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2019). Magnesium deficiency is related to hypocalcemia, muscle cramps, and spontaneous carpal-pedal spasm, among others (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2019).

3.2. Antinutritional compounds, phenolic compound, profile, antioxidant activity and bioaccessibility of the jams

Xique-xique is a raw material that has not been extensively investigated or commercialized, providing a reason for the investigation of the presence of some antinutrients such as tannins, trypsin inhibitor and phytic acid. In the present study, it was possible to detect levels of 34.44

mg/100 g of tannins in the jam. Tannins can have beneficial characteristics because they are defined as phenolic compounds, belonging to the non-flavonoid class (Shinwari & Rao, 2018). On the other hand, condensable tannins are responsible for astringency in fruits and may have anti-nutritional characteristics because they precipitate proteins, carbohydrates, and minerals (Li, Huang, Luo, & Tamer, 2020). The jams presented lower than 0.10 mg/100 g of trypsin inhibitor, and lower than 0.05 mg/100 g of phytic acid. These low concentrations may be associated with the cooking process: trypsin inhibitors are denatured through heat treatment, and phytic acid undergoes dephosphorylation (Li et al., 2020). Thus, the use of xique-xique in jams could guarantee a nutritional quality to the product, with no significant concentrations of the antinutritional compounds.

Table 3 presents the phenolic compounds profile and bioaccessibility of the xique-xique jam. The xique-xique jams presented 13 phenolic compounds, which belong to the groups of flavanols, flavonols, phenolic acids, and flavanones. The flavonoids (e.g., flavanones, flavones, flavonols, anthocyanins, and flavanols) are a subcategory of polyphenols and may exert a wide range of positive health benefits, such as reduction in the incidence of cardiovascular diseases, osteoporosis, diabetes, cancer, and neurodegenerative diseases (Marković et al., 2017). Furthermore, they can have anti-biofilm activity (Pejin et al., 2015). Epigallocatechin gallate was the main phenolic compound present (21.59 mg/g), followed by catechin (6.41 mg/g). Bioactive compounds are sensitive to heat, and thermal processing negatively affects the total phenolic content. During heat, a breakdown of the cellular structure can occur, and the raw material becomes vulnerable to non-enzymatic oxidation (Shinwari & Rao, 2018). Therefore, the phenolic compounds were maintained in the jam in suitable concentrations even after the cooking. This may be related to the high fiber content in the jam, which protected the phenolic compounds (Dutra et al., 2017).

Epicatechin, syringic acid, rutin, caffeic acid, epigallocatechin gallate, procyanidin B₂, procyanidin B₁, gallic acid and catechin showed bioaccessibility ranging from 2.79 to 172.52%. The highest accessibility was observed for catechin (172.52%), gallic acid (130.54%), procyanidin B₁ (110.37%), procyanidin B₂ (32.01%), epigallocatechin gallate (28.16%) and caffeic acid (26.56%). The high bioaccessibility of catechin is related to the partial hydrolysis of proanthocyanidins when in contact with the intestinal pH. Furthermore, some phenolic acids present a chemical rearrangement, which increase the bioaccessibility (Dutra et al., 2017).

The xique-xique jam presented antioxidant activity of 63.43 μM TEAC/100 g for DPPH and 121.60 μM TEAC/100 g for FRAP. The

Table 3
Phenolic compounds profile and bioaccessibility of the xique-xique jam.

Phenolic compound	Concentration (mg/g)	IN (after dialysis)	OUT (no dialysis)	Bioaccessibility %
<i>Flavanols</i>				
Catechin	6.41 ± 0.12	11.06 ± 0.21	153.77 ± 0.45	172.52
Epicatechin	0.26 ± 0.01	0.01 ± 0.00	1.09 ± 0.02	2.79
Epigallocatechin gallate	21.59 ± 0.22	6.08 ± 0.12	64.78 ± 0.42	28.16
Procyanidin B ₁	0.26 ± 0.01	0.29 ± 0.01	1.86 ± 0.03	110.37
Procyanidin B ₂	0.78 ± 0.01	0.25 ± 0.01	3.53 ± 0.04	32.01
<i>Flavonols</i>				
Quercetin 3-glycoside	0.40 ± 0.01	0.00 ± 0.00	1.65 ± 0.02	0.00
Rutin	0.43 ± 0.01	0.06 ± 0.01	1.12 ± 0.02	13.97
Kaempferol glycoside	0.21 ± 0.01	0.00 ± 0.00	0.78 ± 0.01	0.00
<i>Phenolic acids</i>				
Gallic	0.96 ± 0.01	1.25 ± 0.03	31.33 ± 0.12	130.54
Caffeic	0.31 ± 0.01	0.08 ± 0.01	1.23 ± 0.03	26.58
Syringic	0.68 ± 0.01	0.06 ± 0.01	2.38 ± 0.04	9.21
Chlorogenic	0.37 ± 0.01	0.00 ± 0.00	1.31 ± 0.03	0.00
<i>Flavanones</i>				
Hesperidin	2.44 ± 0.04	0.00 ± 0.00	7.29 ± 0.05	0.00

antioxidant activity obtained by FRAP was higher than that of DPPH, which may have been influenced by the iron content of sugar present in the composition of the jam. Furthermore, DPPH radicals do not react with flavonoids without a hydroxyl group in ring B or with aromatic acids with only one hydroxyl group (Vukoja, Pichler, & Kopjar, 2019).

3.3. Physicochemical characteristics of the yogurts

Table 4 presents the chemical composition and physicochemical characteristics of the yogurts. The yogurts presented 82.30–84.02 g/100 g of moisture, 3.24–3.98 g/100 g of protein, 0.63–0.80 g/100 g of ash, 2.20–3.00 g/100 g of lipid, and 3.40–4.40 g/100 g of lactose. The yogurts had 4.18–4.42 pH, 0.74–0.90% lactic acid of titratable acidity, and slightly yellow color ($L^* = 65.72$ to 72.73 , $a^* = -1.74$ to -1.95 , $b^* = 3.22$ – 4.54).

The addition of the xique-xique jam to the yogurts resulted in a decrease in the moisture content ($p < 0.05$), with a consequent increase in the lipid and protein contents ($p < 0.05$, day 1). At the same time, a decreased lactose content was observed ($p < 0.05$). This result is related to the high total soluble solids of the jam (Table 1), which decreases the moisture content. Furthermore, a concentration of the other components is commonly observed when moisture content is reduced. The lower lactose content suggests that the development of the starter culture was improved in this yogurt, resulting in a higher consumption of lactose. This result can be associated with the addition of the jam only after the fermentative process, while in the CY, the sucrose was added before fermentation. Sucrose can inhibit the development of lactic acid bacteria (Santos et al., 2019). Therefore, the yogurt with xique-xique jam had a

higher nutritional value than conventional yogurt.

During storage, there was a reduction in moisture content of the CY (comparing the 1st with the 28th storage days), with a consequent increase in the protein and lactose contents ($p < 0.05$). On the other hand, the yogurt with xique-xique jam (XY) presented an increase in the moisture content during storage, with a consequent decrease in the ash and protein contents ($p < 0.05$). These results may be associated to the high water absorption capacity of the fibers presented in the xique-xique, which reduced the serum expulsion from the gel, and resulted in a higher moisture content. The higher maintenance of serum in the products could also explain the increase in the lactose content during storage in XY ($p < 0.05$). Higher moisture content is good for obtaining products with a softer texture, which is expected from goat milk yogurts.

The addition of the xique-xique jam did not alter the pH values of the products ($p > 0.05$), but it decreased the titratable acidity ($p < 0.05$). The lower acidity in the product added with xique-xique jam may be associated with the higher moisture content of the XY (Table 4), promoting a dilution of the organic acids presented in the medium. Furthermore, it can be related to the titratable acidity of the xique-xique (Table 1), which was lower than the observed in yogurt at the end of the fermentation process. The lower acidity is interesting from a consumer point of view, as consumers prefer yogurts with low acidity (Costa et al., 2017).

During storage, both yogurts (CY and XY) presented a similar behavior, with maintenance of the titratable acidity ($p > 0.05$), and oscillation of the pH values (decrease up to the 14th day and increase up to the 28th day) ($p < 0.05$). The reduced pH during the first days of storage is associated to post-acidification, as the starter cultures may produce low concentrations of lactic acid. The increased pH in the final days of storage can be associated to proteolysis of the products, with formation of basic compounds (Silva et al., 2017).

The addition of the xique-xique jam changed the color of the yogurts, resulting in products with a darker yellow color (lower L^* values and higher b^* values) ($p < 0.05$). The changes are associated to the dark yellow color of the jam (Table 1). During storage, there was oscillation of the a^* and b^* parameters, but similar values were observed on both the 1st and 28th days of storage for both formulations ($p \geq 0.05$). Considering the L^* parameter, there was a reduction in the CY and an increase in the XY ($p < 0.05$). Therefore, the xique-xique jam addition resulted in a lighter colored product during storage, which is interesting from the consumer point of view.

Fig. 1 presents the apparent viscosity of the yogurt formulations. The addition of the xique-xique jam resulted in a decrease in the apparent viscosity of the products ($p < 0.05$). During storage, the apparent viscosity decreased up to the 14th day of storage and increased between this and the 28th day of storage for the CY ($p < 0.05$), while a progressive decrease was observed in the XY ($p < 0.05$). The addition of the

Table 4
Chemical composition and physicochemical characteristic of the yogurts.

Parameter	Storage Days	Treatment	
		CY	XY
Moisture (g/100 g)	1	83.46 ± 0.01 ^{Aa}	82.30 ± 0.01 ^{Cb}
	14	82.48 ± 0.02 ^{Cb}	84.02 ± 0.09 ^{Aa}
	28	82.95 ± 0.07 ^{Ba}	83.19 ± 0.10 ^{Ba}
Ash (g/100 g)	1	0.77 ± 0.03 ^{Aa}	0.78 ± 0.01 ^{Aa}
	14	0.70 ± 0.06 ^{Aa}	0.80 ± 0.03 ^{Aa}
	28	0.65 ± 0.01 ^{Aa}	0.63 ± 0.01 ^{Ba}
Protein (g/100 g)	1	3.50 ± 0.01 ^{Bb}	3.98 ± 0.01 ^{Aa}
	14	3.49 ± 0.02 ^{Ba}	3.24 ± 0.11 ^{Ba}
	28	3.66 ± 0.01 ^{Aa}	3.32 ± 0.01 ^{Bb}
Lipids (g/100 g)	1	2.50 ± 0.01 ^{Aa}	3.00 ± 0.01 ^{Aa}
	14	2.65 ± 0.14 ^{Aa}	2.85 ± 0.35 ^{Aa}
	28	2.20 ± 0.28 ^{Aa}	3.00 ± 0.01 ^{Aa}
Lactose (g/100 g)	1	3.83 ± 0.14 ^{Ba}	3.54 ± 0.07 ^{Bb}
	14	4.29 ± 0.02 ^{Aa}	3.40 ± 0.01 ^{Cb}
	28	4.40 ± 0.02 ^{Aa}	4.22 ± 0.01 ^{Aa}
pH	1	4.25 ± 0.01 ^{Ba}	4.28 ± 0.01 ^{Ba}
	14	4.18 ± 0.01 ^{Ca}	4.19 ± 0.01 ^{Ca}
	28	4.38 ± 0.01 ^{Aa}	4.42 ± 0.01 ^{Aa}
Titratable acidity (%)	1	0.88 ± 0.01 ^{Aa}	0.80 ± 0.01 ^{Aa}
	14	0.85 ± 0.01 ^{Aa}	0.74 ± 0.01 ^{Aa}
	28	0.90 ± 0.03 ^{Aa}	0.76 ± 0.03 ^{Aa}
L^*	1	71.82 ± 0.57 ^{Aa}	65.72 ± 0.49 ^{Bb}
	14	72.73 ± 1.12 ^{Aa}	69.11 ± 0.55 ^{Aa}
	28	68.55 ± 0.33 ^{Ba}	69.63 ± 0.64 ^{Aa}
a^*	1	-1.84 ± 0.02 ^{Aa}	-1.82 ± 0.01 ^{Ba}
	14	-1.95 ± 0.03 ^{Aa}	-1.92 ± 0.03 ^{Aa}
	28	-1.74 ± 0.04 ^{Ba}	-1.82 ± 0.03 ^{Ba}
b^*	1	3.33 ± 0.04 ^{Bb}	4.20 ± 0.01 ^{Ba}
	14	3.49 ± 0.07 ^{Aa}	4.54 ± 0.04 ^{Aa}
	28	3.22 ± 0.04 ^{Bb}	4.42 ± 0.11 ^{Aa}

^{a-b}Mean ± standard deviation with different lowercase letters on the same line differed by the Student's *t*-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), and XY (yogurt added with xique-xique jam). L^* varying from 0 (black) to 100 (white), a^* varying from red (+ a^*) to green (- a^*), and b^* varying from yellow (+ b^*) to blue (- b^*).

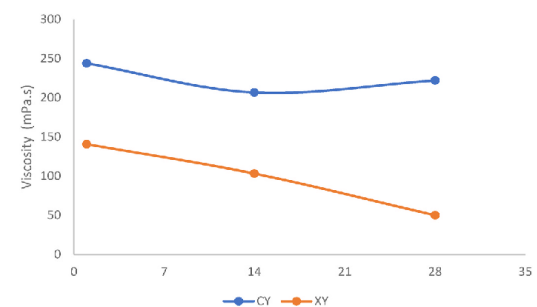


Fig. 1. Apparent viscosity of the yogurt during storage. Formulations: CY (control yogurt), and XY (yogurt added with xique-xique jam).

xique-xique jam after the fermentation process probably contributed to an initial lower viscosity of the products. The highest moisture content during storage resulted in the progressive viscosity decrease. Goat milk yogurts are characterized by low viscosity, because of the low concentrations of α_1 casein (Costa et al., 2017). Evaluation of the impact of altered viscosity on the sensory acceptance of the products remains to be studied.

3.4. Mineral profile of the yogurts

Table 5 presents the mineral profile of the yogurts. The yogurts presented potassium (1153–1394 mg/100 g), calcium (672.1–721.5 mg/100 g), phosphorous (507.8–543.3 mg/100 g), and sodium (209.8–214.5 mg/100 g) as the main minerals. Sodium is needed to maintain the extracellular fluid volume and plasma osmolality, while phosphorous is involved in metabolic processes and helps to maintain normal pH in the body (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2019). One portion of yogurt (100 g) would provide 33.91–41.00% of the recommended daily intake of potassium, 67.21–72.15% of calcium, 15.23–69.43% of magnesium, 13.99–14.30% of sodium, 15.27–15.45% of zinc, and 2.61–567.39% of manganese. For the other minerals, the recommended intake would be between 0.004 and 5.13%.

The addition of the xique-xique jam increased the concentrations of calcium, iron, copper, potassium, magnesium, and manganese ($p < 0.05$). On the other hand, it reduced the phosphorous ($p < 0.05$), and maintained the sodium ($p > 0.05$). The increase in the mineral content of the yogurts corroborates the results of the mineral profile of the xique-xique jam (Table 2). Therefore, this makes it possible to increase the RDI of the minerals by 4.94% for calcium, 2.88% for iron, 7.09% for potassium, 54.20% for magnesium, and 564.78% for manganese with the addition of xique-xique jam to yogurts.

Table 5
Mineral profile of the yogurts.

Minerals (mg/100 g)	Treatments		% Recommended daily intake (100 g portion)		Recommendation (mg) ^a
	CY	XY	CY	XY	
Calcium	672.1 ± 4.15 ^b	721.5 ± 9.88 ^a	67.21	72.15	1000 ^b
Copper	0.04 ± 0.01 ^b	0.06 ± 0.01 ^a	0.004	0.006	900 ^c
Iron	0.18 ± 0.01 ^b	0.41 ± 0.01 ^a	2.25	5.13	8 ^c
Potassium	1153.00 ± 9.77 ^b	1394.00 ± 7.48 ^a	33.91	41.00	3.400 ^b
Magnesium	63.98 ± 0.45 ^b	291.6 ± 3.73 ^a	15.23	69.43	420 ^c
Manganese	0.06 ± 0.01 ^b	13.05 ± 0.21 ^a	2.61	567.39	2.3 ^b
Sodium	209.8 ± 3.58 ^a	214.5 ± 0.74 ^a	13.99	14.3	1500 ^b
Phosphorous	543.3 ± 5.72 ^a	507.8 ± 2.36 ^b	77.61	72.54	700 ^c
Zinc	1.70 ± 0.29 ^a	1.68 ± 0.01 ^a	15.45	15.27	11 ^c

^{a,b} Mean ± standard deviation with different lowercase letters on the same line differed by the Student's *t*-test ($p < 0.05$) between treatments.

^a Based on National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine 2019. Dietary Reference Intakes, 2019. Washington, DC: The National Academies Press. Based on an adult man aged 31–50 years.

^b Adequate Intake.

^c Recommended Dietary Allowances.

3.5. Sensory analysis of the yogurts

The results of the sensory acceptance tests of the yogurts are shown in Table S1. The consumers assigned scores in the range of 6.16–7.50 on a 9-point scale, suggesting that they liked slightly to moderate the products. Furthermore, they assigned scores in the range of 3.29–3.45 for the purchase intention, suggesting that consumers might buy the products. This study thus proved that goat milk yogurts have adequate sensory acceptance. The addition of xique-xique jam did not impact on the sensory acceptance of the products ($p > 0.05$) indicating that alterations in color, acidity and viscosity of goat milk yogurt to which xique-xique jam had been added did not impact on its acceptance by consumers with the advantage that a yogurt with higher mineral content could be obtained.

The results of the JAR for the yogurts are shown in Table S2. The consumers assigned scores in the range of 2.51–3.37 on a 5-point scale, suggesting that they thought that the color, aroma, consistency, texture, sweetness, flavor, and acidity of the products were near the ideal. The addition of xique-xique jam did not impact on the JAR of the attributes of the products ($p > 0.05$), except for color. The dark color of the yogurt with xique-xique jam was considered less ideal than the color of the conventional product ($p < 0.05$). It is important to mention that the xique-xique jam gave an herbaceous aroma and flavor to the products, which was considered near to the ideal (scores of 2.66 and 2.89, respectively).

The results of the penalty analysis are presented in Fig. S1. The consumers considered that the conventional yogurt needed improvements in all the evaluated attributes, as it presented a color considered too white, a too high goat aroma and acidity, and too low consistency and sweetness. The yogurt with xique-xique jam needed no improvements in the color, herbaceous aroma, consistency, and herbaceous flavor. These results suggest that the herbaceous characteristics, and the lower viscosity provided by xique-xique jam were appreciated by consumers. However, more than 45% of the consumers considered that both goat milk yogurts, with and without jam, had less sweetness than the ideal, resulting in more than 1.5 points difference in overall acceptance. Furthermore, both yogurts were considered too acid and with too strong goat aroma. Therefore, it is important to consider reducing the intensity of these attributes in future products to increase their acceptance.

The results of the present study are important for the dairy industries, mainly those that process goat milk yogurt, as it demonstrated that the addition of a jam made from a cactacea widely available in Brazilian countryside could improve the nutritional value, technological properties and sensory characteristics of yogurt products, resulting in yogurts closer to a consumer's ideal yogurt.

4. Conclusion

This was the first study to use the cactus xique-xique in the development of jam, proving that xique-xique jam could improve the nutritional value and technological properties of goat milk yogurts. The xique-xique jam presented a dark yellow color, was slightly acid, and characterized by its fiber content. Furthermore, it did not present significant concentrations of antinutritional compounds (tannins, trypsin inhibitor and phytic acid). It presented potassium, magnesium, calcium, and manganese as main minerals. Finally, it presented 13 phenolic compounds, belonging to the groups of flavanols, flavonols, phenolic acids and flavanones with variable bioaccessibility. The addition of xique-xique jam resulted in yogurts with higher nutritional value (lipid, protein and mineral content), and technological properties (higher moisture content during storage, lower acidity, and reduced viscosity), with no impact on sensory acceptance or sensory characteristics. Furthermore, the consumers considered that yogurt with xique-xique jam needed no improvements in the color, herbaceous aroma, consistency, and herbaceous flavor, while the conventional yogurt needed improvements in all the evaluated attributes.

CRedit authorship contribution statement

Fabárcia França Bezerril: Conceptualization, Investigation, Formal analysis, Data curation, Writing - original draft, Writing - review & editing, Visualization, participated in the conceptualization of the study, performed the investigation, worked in the formal analysis of the data, wrote the original draft of the manuscript. All authors were involved in review, editing and visualization. **Marciane Magnani:** Investigation, Writing - original draft, Writing - review & editing, Visualization, Resources, Supervision, performed the investigation, wrote the original draft of the manuscript. All authors were involved in review, editing and visualization. provided the resources for development of the study and worked in the supervision. **Maria Teresa Bertoldo Pacheco:** Investigation, Writing - review & editing, Visualization, performed the investigation, All authors were involved in review, editing and visualization. **Maria de Fátima Vanderlei de Souza:** Conceptualization, Writing - review & editing, Visualization, participated in the conceptualization of the study, All authors were involved in review, editing and visualization. **Rossana Maria Feitosa Figueiredo:** Investigation, Writing - review & editing, Visualization, performed the investigation, All authors were involved in review, editing and visualization. **Marcos dos Santos Lima:** Investigation, Formal analysis, Data curation, Writing - review & editing, Visualization, performed the investigation, worked in the formal analysis of the data, All authors were involved in review, editing and visualization. **Graciele da Silva Campelo Borges:** Investigation, Formal analysis, Data curation, Writing - review & editing, Visualization, Resources, Supervision, performed the investigation, worked in the formal analysis of the data, All authors were involved in review, editing and visualization. provided the resources for development of the study and worked in the supervision. **Maria Elieidy Gomes de Oliveira:** Conceptualization, Writing - review & editing, Visualization, participated in the conceptualization of the study, All authors were involved in review, editing and visualization. **Tatiana Colombo Pimentel:** Formal analysis, Data curation, Writing - original draft, Writing - review & editing, Visualization, worked in the formal analysis of the data, wrote the original draft of the manuscript. All authors were involved in review, editing and visualization. **Rita de Cássia Ramos do Egypto Queiroga:** Conceptualization, Writing - review & editing, Visualization, Supervision, Project administration, participated in the conceptualization of the study, All authors were involved in review, editing and visualization. provided the resources for development of the study and worked in the supervision, was responsible by the project administration.

Declaration of competing interest

The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement

The authors would like to thank the Conselho Nacional de National Council for Scientific and Technological Development (CNPq-Brazil) and Coordination for the improvement of higher education personnel for financial support (Finance Code 001).

Appendix A. Supplementary data

Supplementary data to this article can be found online at <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110512>.

References

- AOAC. (2016). *Official methods of analysis of AOAC International*. Rockville, MD: AOAC International, ISBN 978-0-935584-87-5.
- 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.

- Assis, P. O. A., Guerra, G. C. B., Araújo, D. F. S., Andrade, L. F. L. I., Araújo, A. A., Araújo, R. F., Jr., & 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. (2017). Dissertation (Master in Food Science and Technology). *Caracterização nutricional e de compostos bioativos do Xique-Xique (Pilosocereus gounellei) (A. Weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl.)* 2017 (Vol. 77). PB: Federal University of Paraíba.
- Costa, M. P. C., Monteiro, M. L. G., Frasso, B. S., Silva, V. L. M., Rodrigues, B. L., Chiappini, C. C. J., et al. (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>
- Çuşmenco, T., & Bulguru, Y. (2020). Quality characteristics and antioxidant activity of goat milk yogurt with fruits. *Ukrainian Food Journal*, 9, 86–98.
- Dias, G. E. N., Gorgonio, I. F., Ramalho, J. A., Oliveira, K. M., Guedes, E. J. R. C. E., Leite, F. C., et al. (2015). Acute oral toxicity and anti-inflammatory activity of ethanolic extract from *Pilosocereus gounellei* (Fae Weber) in rats. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, 7, 1–6.
- Dutra, R. L. T., Dantas, A. M., de Araújo Marques, D., Batista, J. D. F., de Albuquerque Meireles, B. R. L., et al. (2017). Bioaccessibility and antioxidant activity of phenolic compounds in frozen pulps of Brazilian exotic fruits exposed to simulated gastrointestinal conditions. *Food Research International*, 100, 650–657. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.047>
- Erikson, K. M., & Aschner, M. (2019). Manganese: Its role in disease and health. *Essential metals in medicine: Therapeutic use and toxicity of metal ions in the clinic*, 19, 253–266.
- Feng, C., Wang, B., Zhao, A., Wei, L., Shao, Y., Wang, Y., et al. (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>
- Folch, J., Lees, M., & Stanley, G. S. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226, 497–509.
- 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>
- Kadam, A., Sangwai, V., & Deshmukh, R. (2019). Goat milk market by product (milk, cheese, milk powder, and other) and distribution channel (hypermarkets & supermarket, convenience store, specialty stores, medical & pharmacy store, and online): Global opportunity analysis and industry forecast, 2019–2026. Available at: <https://www.alliedmarketresearch.com/goat-milk-market>. (Accessed 29 September 2020).
- Latta, M., & Eskin, M. (1980). A simple and rapid colorimetric method for phytate determination. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 28, 1313–1315.
- Li, Q., Huang, L., Luo, Z., & Tamer, T. M. (2020). Stability of trypsin inhibitor isolated from potato fruit juice against pH and heating treatment and *in vitro* gastrointestinal digestion. *Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127152>
- Marković, J. M. D., Pejin, B., Milenković, D., Amić, D., Begović, N., Mojović, M., et al. (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.
- Matera, J., Luna, A. S., Batista, D. B., Pimentel, T. C., Moraes, J., Kamimura, B. A., et al. (2018). Brazilian cheeses: A survey covering physicochemical characteristics, mineral content, fatty acid profile and volatile compounds. *Food Research International*, 108, 18–26.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2019). *Dietary reference intakes*, 2019. Washington, DC: The National Academies Press.
- 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.
- 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.
- Padilha, C. E. A., de Azevedo, J. C. S., de Sousa Júnior, F. C., de Oliveira Júnior, S. D., de Santana Souza, D. F., de Oliveira, J. A., et al. (2018). Recovery of polyphenols from camu-camu (*Myrciaria dubia* HBK McVaugh) depulping residue by cloud point extraction. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 26, 2471–2476. <https://doi.org/10.1016/j.cjche.2017.10.032>
- Pan, L.-H., Liu, F., Luo, S.-Z., & Luo, J.-ping (2019). Pomegranate juice powder as sugar replacer enhanced quality and function of set yogurts: Structure, rheological property, antioxidant activity and *in vitro* bioaccessibility. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie: Food Science and Technology*, 115, 108479. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108479>
- Park, Y. W., Oglesby, J., Hayek, S. A., Aljaloud, S. O., Gyawali, R., & Ibrahim, S. A. (2019). Impact of different gums on textural and microbial properties of goat milk yogurts during refrigerated storage. *Foods*, 8, 169.
- Pejin, B., Ćirić, A., Glamodija, J., Nikođić, M., Stanimirović, B., & Soković, M. (2015). Quercetin potentially reduces biofilm formation of the strain *Pseudomonas aeruginosa* PAO1 *in vitro*. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 16, 733–737.
- Rackis, J. J., McGhee, J. E., Liener, I. E., Kakade, M. L., & Puski, G. (1974). Problems encountered in measuring trypsin inhibitor activity of soy flour. Report of a collaborative analysis. *Cereal Science Today*, 19, 513–515.
- 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., & 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.
- Sánchez-Rodríguez, L., Cano-Lamadrid, M., Carbonell-Barrachina, Á. A., Sendra, E., & Hernández, F. (2019). Volatile composition, sensory profile and consumer acceptability of hydrosustainable table olives. *Foods*, 8, 470.
- Santús, 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.
- Santos, M. A., Costa, G. M., Dias, S. S., Kloski, S. J., Barão, C. E., Gomes, R. G., et al. (2019). Pasteurised sugarcane juice supplemented with *Lactobacillus casei* and prebiotics: Physicochemical stability, sensory acceptance and probiotic survival. *International Food Research Journal*, 26, 1315–1325.
- Shinwari, K. J., & Rao, P. S. (2018). Stability of bioactive compounds in fruit jam and jelly during processing and storage: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 75, 181–193. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.02.002>
- Silva, F. A., Oliveira, M. E. G., Figueiredo, R. M. F., Sampaio, K. B., Souza, E. L., Oliveira, C. E. V., et al. (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. V. M., et al. (2018). Gastroprotective effect of ethanol extracts of cladodes and roots of *Philosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. Ex Rowl (Cactaceae) on experimental ulcer models. *Journal of Ethnopharmacology*, 218, 100–108. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.02.009>
- 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>
- Tosh, S. M., & Bordenave, N. (2020). Emerging science on benefits of whole grain oat and barley and their soluble dietary fibers for heart health, glycemic response, and gut microbiota. *Nutrition Reviews*, 78, 13–20. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuz085>
- Vukoja, J., Pichler, A., & Kopjar, M. (2019). Stability of anthocyanins, phenolics and color of tart cherry jams. *Foods*, 8, 255. <https://doi.org/10.3390/foods8070255>
- 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>

Table S1. Acceptance test and purchase intention of the yogurt formulations

Attributes	Treatments	
	CY	XY
Appearance	7.37 ±1.66 ^a	7.23 ±1.73 ^a
Color	7.50 ±1.50 ^a	7.33 ±1.64 ^a
Texture	7.34 ±1.59 ^a	7.08 ±1.62 ^a
Aroma	6.78 ±1.81 ^a	6.83 ±1.75 ^a
Flavor	6.36 ±2.16 ^a	6.16 ±2.25 ^a
Overall impression	6.77 ±1.73 ^a	6.70 ±1.82 ^a
Purchase intention	3.45 ±1.17 ^a	3.29 ±1.23 ^a

^{a-b}Mean ± standard deviation with different lowercase letters on the same line differed by the Student's t test ($p < 0.05$) between treatments for the same attribute. Formulations: CY (control yogurt), and XY (yogurt added with xique-xique jam). 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).

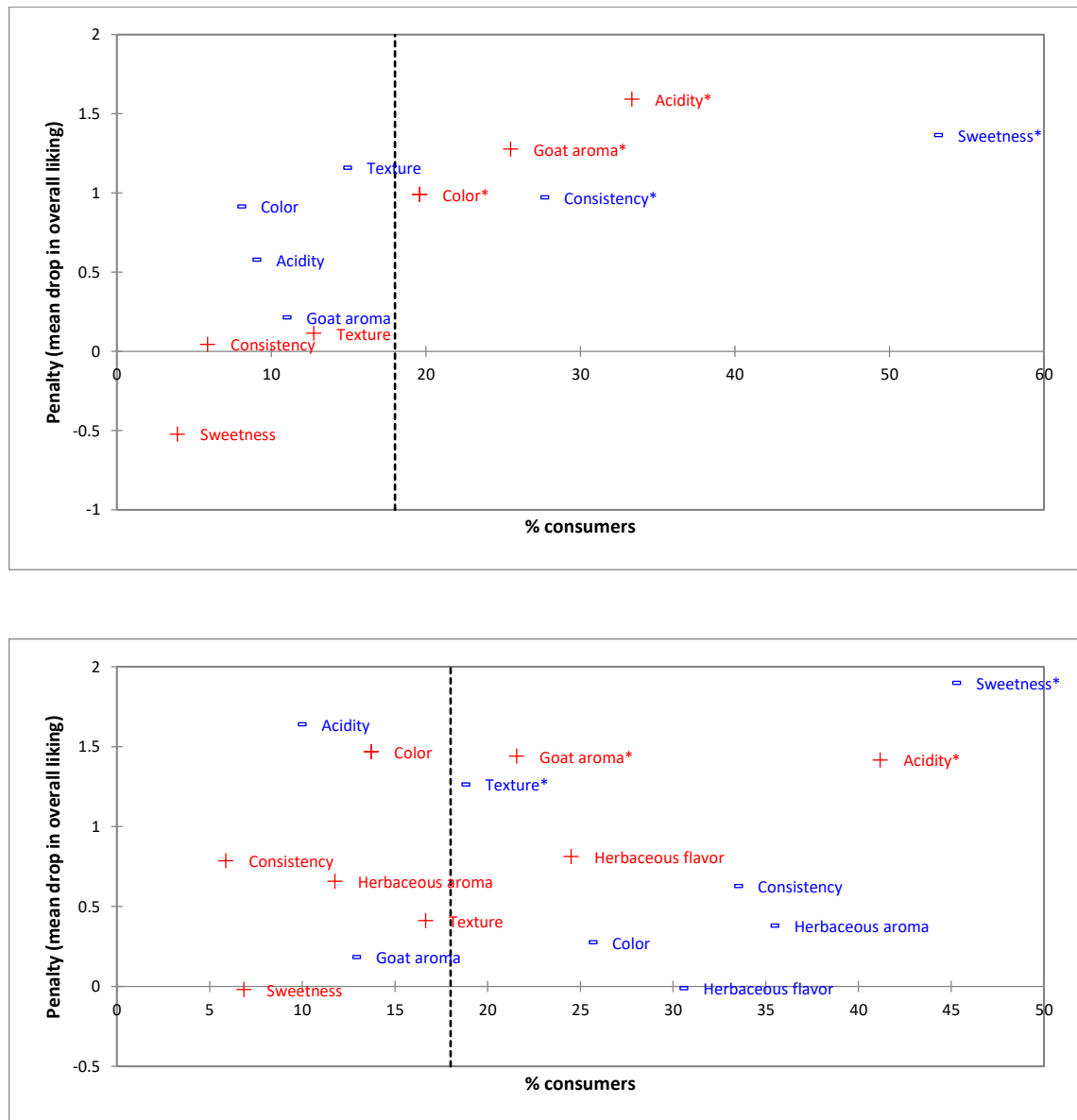
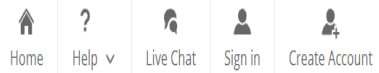


Figure 1 Penalty analysis for JAR attributes and liking of the goat milk yogurts

(a) CY and (b) XY evaluated by all consumers (n=102). *Significant non-JAR attributes. Formulations: CY (control yogurt), and XY (yogurt added with xique-xique jam).

ARTIGO II



Lactibacillus casei 01 improves the sensory characteristics in goat milk yogurt added with xique-xique (*Pilosocereus gounellei*) jam through changes in volatiles concentration

Author:

Fabírcia França Bezerril, Tatiana Colombo Pimentel, Amanda Marília da Silva Sant'Ana, Maria de Fátima Vanderlei de Souza, Lorena Lucena de Medeiros, Mércia Galvão, Marta Suely Madruga, Rita de Cássia Ramos do Egypto Queiroga, Marciane Magnani

Publication: LWT - Food Science and Technology

Publisher: Elsevier

Date: Available online 8 October 2021

© 2021 Published by Elsevier Ltd.

Journal Author Rights

Please note that, as the author of this Elsevier article, you retain the right to include it in a thesis or dissertation, provided it is not published commercially. Permission is not required, but please ensure that you reference the journal as the original source. For more information on this and on your other retained rights, please visit: <https://www.elsevier.com/about/our-business/policies/copyright#Author-rights>

BACK

CLOSE WINDOW

Journal Pre-proof



Lactocaseibacillus casei 01 improves the sensory characteristics in goat milk yogurt added with xique-xique (*Pilosocereus gounellei*) jam through changes in volatiles concentration

Fabírcia França Bezerril, Tatiana Colombo Pimentel, Amanda Marília da Silva Sant'Ana, Maria de Fátima Vanderlei de Souza, Lorena Lucena de Medeiros, Mércia Galvão, Marta Suely Madruga, Rita de Cássia Ramos do Egypto Queiroga, Marciane Magnani

PII: S0023-6438(21)01751-5

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112598>

Reference: YFSTL 112598

To appear in: *LWT - Food Science and Technology*

Received Date: 7 September 2021

Revised Date: 5 October 2021

Accepted Date: 7 October 2021

Please cite this article as: Bezerril, Fabrícia.França., Pimentel, T.C., Marília da Silva Sant'Ana, A., de Fátima Vanderlei de Souza, M., Lucena de Medeiros, L., Galvão, Mé., Madruga, M.S., de Cássia Ramos do Egypto Queiroga, R., Magnani, M., *Lactocaseibacillus casei* 01 improves the sensory characteristics in goat milk yogurt added with xique-xique (*Pilosocereus gounellei*) jam through changes in volatiles concentration, *LWT - Food Science and Technology* (2021), doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112598>.

This is a PDF file of an article that has undergone enhancements after acceptance, such as the addition of a cover page and metadata, and formatting for readability, but it is not yet the definitive version of record. This version will undergo additional copyediting, typesetting and review before it is published in its final form, but we are providing this version to give early visibility of the article. Please note that, during the production process, errors may be discovered which could affect the content, and all legal disclaimers that apply to the journal pertain.

© 2021 Published by Elsevier Ltd.

Credit Author Statement

FFB, TCP, MFVS, RCREQ and MM participated in the conceptualization of the study; FFB, AMSS, LLM and MG performed the investigation; FFB, TCP, AMSS, LLM, MG, MSM and MM worked in the formal analysis of the data; FFB, TCP and MM wrote the original draft of the manuscript. All authors were involved in review, editing and visualization. RCREQ and MM provided the resources for development of the study and worked in the supervision; RCREQ and MM were responsible by the project administration.

1 *Lactocaseibacillus casei* 01 improves the sensory characteristics in goat milk yogurt
 2 added with xique-xique (*Pilosocereus gounellei*) jam through changes in volatiles
 3 concentration

4

5 Fabícia França Bezerril¹, Tatiana Colombo Pimentel², Amanda Marília da Silva
 6 Sant'Ana³, Maria de Fátima Vanderlei de Souza⁴, Lorena Lucena de Medeiros⁵, Mércia
 7 Galvão⁵, Marta Suely Madruga⁵, Rita de Cássia Ramos do Egypto Queiroga¹, Marciane
 8 Magnani^{6*}

9

10 ¹Laboratory of Bromatology Department of Nutrition, Federal University of Paraíba,
 11 João Pessoa, Brazil

12 ²Federal Institute of Paraná (IFPR) – Campus Paranavai, Paraná, Brazil

13 ³Center for social and agrarian human sciences, Department of Agro-industrial
 14 Technology and Management, Federal University of Paraíba, João Pessoa, Brazil)

15 ⁴Postgraduate Program in Development and Technological Innovation in Medicines,
 16 Federal University of Paraíba, João Pessoa, Brazil

17 ⁵Flavor Laboratory, Technology Center, Federal University of Paraíba, João Pessoa,
 18 Brazil

19 ⁶Laboratory of Microbial Processes in Foods, Department of Food Engineering, Federal
 20 University of Paraíba, João Pessoa, Brazil

21 *Correspondence Author

22 Marciane Magnani

23 Department of Nutrition, Federal University of Paraíba,

24 João Pessoa - PB, Brazil CEP 58051-900

25 Phone number: +55 83 32167384; Fax: +55 83 32167417

Abstract

This study aimed to evaluate the impact of adding *Lactocaseibacillus casei* (0.2 g/L) and xique-xique jam (10 g/100 g) to goat milk yogurt during storage (1, 14, and 28 days). The yogurts were characterized regarding sugar profiles, organic acids, volatile compounds, and sensory attributes using Preferred Attribute Elicitation (PAE) methodology. Three formulations were prepared: (CY) control (with sucrose), (XY) with xique-xique jam, and (PY) with xique-xique jam and *L. casei*. Results showed that XY exhibited higher sugar content, but organic acid and volatile compound profiles were similar to CY. PY showed lower sugar content (galactose and glucose), higher organic acid content (lactic acid and propionic acid), and higher volatile compounds concentration. It presented improved sensory characteristics, with higher herbaceous aroma and flavor, dairy aroma, sweet aroma and taste, and typical aroma and flavor. Furthermore, it had a lower goat aroma and flavor and cheese aroma. There was an increase in some volatile compounds in CY and XY during storage, while PY had a peak at 14 days. Results suggest that probiotic addition may improve the volatilomic, fermentation profile, and sensory characteristics of yogurts added with xique-xique jam. Furthermore, PAE could be used to characterize the aroma and flavor attributes.

Keywords: caprine milk, volatile compounds, PAE, *Lactaceae*, *L. casei*.

1. Introduction

Probiotics are live micro-organisms which when administered in adequate amounts, confer a health benefit on the host (Hill et al., 2014). They are commonly used in dairy foods, mainly yogurt and fermented milk, due to their capacity to ensure their survival during storage and gastric conditions without substantially affecting the quality of the products (Nyazi, Jooste, & Buys, 2021). Probiotics also offer distinctive characteristics for these products during storage (Meybodi, Mortazavian, Arab, &

52 Nematollahi, 2020). *Lactocaseibacillus casei* is associated with improvements in
 53 respiratory tract infections (Hill, Ross, Arendt, & Stanton, 2017) and antihypertensive,
 54 antioxidant, anticarcinogenic, and antihypercholesterolemic properties (Grom et al.,
 55 2020; Ozcan, Ozdemir, & Avci, 2020).

56 Goat milk production has increased worldwide due to its nutritional value and
 57 the growing demand for goat milk derivatives, especially goat milk yogurt. However,
 58 goat flavor and aroma are responsible for consumers' low acceptance of this product
 59 (Fazilah, Ariff, Khayat, Rios-Solis, & Halim, 2018). Therefore, new formulations to
 60 mask these characteristics are encouraged (Cais-Sokolińska & Walkowiak-Tomczak,
 61 2021). Probiotic cultures can produce volatile compounds that contribute to the
 62 product's aroma, resulting in goat yogurts with minimized intensities of unpleasant
 63 aroma typical of goat products (Ranadheera et al., 2019).

64 *Pilosocereus gounellei*, popularly known as xique-xique, is a Cactaceae from the
 65 semi-arid region of northeastern Brazil, known as Caatinga. It has been used in
 66 agricultural, industrial, and medicinal applications, such as a hypoglycemic and anti-
 67 inflammatory agent and as a forage for animals by the local population in periods of
 68 prolonged drought (Oliveira et al., 2021). However, its use is still restricted by a limited
 69 part of the population living in specific country areas (Carvalho et al., 2021). In a
 70 previous study, we used xique-xique cladodes as raw material for producing a jam, later
 71 added to the goat milk yogurt. The products showed good sensory acceptance,
 72 significant fiber and mineral content, and improved antioxidant capacity compared to
 73 control (Bezerril et al., 2021a). However, the impact of xique-xique jam addition on the
 74 volatile profiles and sensory characteristics was not evaluated. Furthermore, no previous
 75 study evaluated the addition of probiotic cultures to goat milk yogurt added with xique-
 76 xique jam.

77 Preferred attribute elicitation (PAE) is a descriptive sensory methodology with
78 the advantage of using non-trained consumers as judges (Silva, Barão, Esmerino, Cruz,
79 & Pimentel, 2021). In this methodology, consumers determine by consensus the critical
80 attributes for the products' acceptance and intensity (Silva et al., 2021). PAE has already
81 been applied in dairy products such as yogurts (Grygorczyk, Lesschaeve, Corredig, &
82 Duizer, 2013; Costa et al., 2020) and cheeses (Soares et al., 2020). However, all
83 products were processed with bovine milk. Furthermore, none of the studies used PAE
84 to perform a detailed characterization of aroma and flavor attributes. Thus, this study
85 aimed to evaluate the effect of the addition of *L. casei* and xique-xique jam on the
86 volatilomic, fermentation profile, and sensory characteristics using PAE methodology
87 during storage (28 days at 5 °C).

88

89 2. Material and methods

90 2.1 Materials

91 Goat milk was obtained from the Capribom® cooperative, located in Monteiro,
92 Paraíba, Brazil. The starter culture (YF-L903, Christian Hansen®, Valinhos, SP, Brazil)
93 was composed of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp.
94 *bulgaricus* and the probiotic culture was *L. casei* 01 (LC-01, Chr. Hansen, Valinhos, SP,
95 Brazil).

96

97 2.2 Jam and yogurt processing

98 The cladodes used were obtained and processed according to Bezerril et al.
99 (2021a). Cladodes with physical integrity were selected, subjected to spine removal, and
100 transported to the laboratory in polystyrene boxes (5 °C). They were sanitized
101 (chlorinated water, 100 ppm for 15 min) and subjected to shell removal using a knife.

102 Then, they were cut into pieces (5 cm²), and the pulp was obtained in a horizontal
103 pulper (MecVal®).

104 In preparing the jam, a proportion of 70:30% pulp: sugar (w/w) was used. The
105 mixture was cooked for 45 min, with manual stirring until it reached 62-65 °Brix,
106 measured using a digital refractometer (Hanna® brand, model HI 96801). Then, the jam
107 was transferred, still hot, to a previously sterilized glass container and stored at room
108 temperature (27 ± 2 °C) until its use in the yogurt processing (1 day).

109 The yogurts were processed based on the methodology described by Silva et al.
110 (2017). Three formulations were prepared: (CY) conventional treatment (with sucrose),
111 (XY) with xique-xique jam, and (PY) with probiotic culture and xique-xique jam. First,
112 pasteurized goat milk (2 L for each formulation) was subjected to heat treatment (90 °C
113 /10 min) in a water bath (Marconi®) and cooled to 45 °C in an ice bath. Then, 5 g/100 g
114 sucrose was added to the CY treatment. Next, the starter culture was inoculated in
115 concentrations of 0.4 g/L (10⁸ CFU/mL) in CY, XY, and PY formulations, and 0.2 g/L
116 of *L. casei* was added in the PY formulation (10⁶ CFU/mL). The fermentation was
117 carried out at 45 °C for 4 h. Then, the yogurt samples were cooled to 5 °C, the clot was
118 broken by a glass rod, and the jam was added in concentrations of 10 g/100 g to the XY
119 and PY formulations. Finally, the products were placed in high-density polyethylene
120 bottles and stored under refrigeration (5 °C) for 28 days. The yogurts were evaluated on
121 days 1, 14, and 28 of storage. The PY showed probiotic counts higher than 10⁶ CFU/g
122 during the entire shelf life, which is the minimum for probiotic products (Costa et al.,
123 2019). The chemical composition of the jam and CY and XY formulations is provided
124 in our previous study (Bezerril et al., 2021a). The addition of *L. casei* (PY formulation)
125 did not alter the chemical composition of the product compared to XY formulation (p >
126 0.05, data not shown).

127 2.3 Organic acid and sugar profiles

128 The identification of organic acid and sugar profiles was carried out according to
129 Zeppa, Conterno, and Gerbi (2001). First, 2 g of the sample was transferred to a mini-
130 turrax bottle, and 10 mL of ultrapure water was added. Then, the mixture was mixed for
131 10 min, centrifuged, and filtered on qualitative filter paper and a syringe filter with
132 pores of 0.45 μm in diameter. Finally, the extract was used to determine the organic acid
133 and sugar profiles.

134 The chromatographic system used was the High-Performance Liquid
135 Chromatography (HPLC, VARIAN, Waters, California, USA) equipped with a solvent
136 gradient system and a "Rheodyne" valve with a 20 μL handle coupled with an Agilent
137 Hi-Plex H column (7.7 x 300 mm, 8 μm). The temperature was 65 $^{\circ}\text{C}$ for the organic acid
138 profile and 85 $^{\circ}\text{C}$ for the sugar profile. Furthermore, a UV detector (VARIAN, organic
139 acid profile), a refractive index detector (sugar profile, VARIAN), and GALAXIE
140 Chromatography Data System Processing Software were used. The mobile phase was
141 the slightly acidified ultrapure water (0.009 mol/L sulfuric acid solution) at 0.7 mL/min
142 for organic acids and 0.6 mL/min for sugars. The running time was 30 min.

143

144 2.4 Volatile compounds profile

145 The extraction of volatiles was performed using the solid-phase microextraction
146 technique (SPME) with the Supelco SPME device (Bellafronte, PA, USA). The fiber
147 used was a 50/30 μm layer of Divinylbenzene/Carboxen/Polydimethylsiloxane
148 (DVB/CAR/PDMS), activated according to the manufacturer's instructions.

149 The yogurt samples (20 ± 0.1 g) were placed in 100 mL glass vials and
150 hermetically sealed with screw caps containing Teflon-lined septum. After equilibration
151 at 45 $^{\circ}\text{C}$ for 20 min, the fiber was exposed to the headspace for 40 min under agitation.

152 The desorption time was 10 min. The separation was carried out on a gas
153 chromatograph 7890B coupled to a mass detector (Agilent Technologies 5977B, Little
154 Falls, DE, USA). The VF-5 MS fused silica capillary column was used (30 m x 0.25
155 mm x 0.25 μ m). The oven was initially heated to 40 °C for 10 min, followed by ramping
156 to 240 °C at 5 °C/min, where it was held for 11 min. The total run time was 61 min and
157 the system operated in splitless mode. The injector temperature was kept at 250 °C. The
158 mass spectrometer was used in electron impact mode with a source temperature of 230
159 °C, an ionizing voltage of 70 eV, and a scan range from 35 to 350 m/z at 3.33 scans
160 (Bezerra et al., 2017; Lopes et al., 2021).

161 The identification of the compounds was based on the analysis of the
162 fragmentation patterns displayed in the mass spectra. It was confirmed by comparing
163 their mass spectra with those present in the database provided by the NIST (National
164 Institute of Standards & Technology, EUA) equipment and through their retention
165 indices with those of known compounds of a standard solution homologous n-alkanes
166 (C8-C30).

167

168 *2.5 Sensory analysis of the yogurts*

169 This project was approved by the Ethics Committee of the Federal University of
170 Paraíba (CAEE 79748617.2.0000.5188). The PAE methodology was carried out
171 according to Grygorczyk et al. (2013). The consumer panel was composed of four
172 females and one male aged 25 to 35 years. Only consumers of goat milk yogurt who
173 have already consumed xique-xique in foods (cakes, juices, etc.) were selected,
174 resulting in five participants. Consumers received 25 g of each yogurt in 50 mL plastic
175 cups and at 5 °C. The sensory analysis was performed in individual booths (analysis)

176 and a room (discussion). There were three PAE sessions, being evaluated the products
177 on days 1, 14, and 28.

178 In the first PAE section, the consumers were asked to evaluate the three yogurt
179 formulations from day 1 and record the attributes of aroma and flavor they considered
180 essential for product acceptance. The attributes elicited by the consumers were written
181 on a whiteboard and grouped in aroma and flavor. In consensus by the panel, attributes
182 with similar meanings and those that would not be quickly and easily evaluated were
183 excluded. After determining the attributes, the consumers defined the terms describing
184 the ends of the nine-point scales, considering the intensity of the attributes. After a 15-
185 min break, consumers were given the three yogurt formulations from day 1 and were
186 asked to rate the intensity of each attribute using the evaluation form. In the other two
187 PAE sections, the consumers received the three formulations of the yogurts of the
188 respective storage day. Again, they rated the intensity of each attribute using the
189 evaluation form. The formulations were presented in a monadic form and randomized
190 order. The first PAE section lasted 75 min, while the others lasted 20 min.

191

192 *2.6 Statistical analysis*

193 The experiment followed a completely randomized design, and it was repeated
194 three times. All analyses (volatilomic and organic acid and sugar profiles) were
195 performed in triplicates. The results were submitted to Analysis of Variance (ANOVA)
196 and Tukey's means comparison test (considering $p < 0.05$). Principal Component
197 Analysis (PCA) was performed with a matrix of 9 lines (3 yogurts at three different
198 times) and 55 columns (sugars, organic acids, and volatile compounds). Furthermore,
199 confidence ellipses were constructed using the bootstrap technique and 500
200 resamplings. In addition, PAE data were assessed using Generalized Procrustes

201 Analysis (GPA) through a matrix of three lines (three formulations) and 80 columns (16
 202 attributes and five consumers) for each storage day. The analyses were carried out using
 203 the GraphPad Prism 5.0 software (GraphPad Software Inc., San Diego, CA, USA) and
 204 XLSTAT 2020 software (Adinsoft®, Paris, France).

205

206 3. Results and discussion

207 3.1 Sugar profile

208 The yogurt formulations showed galactose (2.81-3.90 g/100 g), glucose (2.21-
 209 3.36 g/100 g), lactose (0.95-1.14 g/100 g), and arabinose/fructose (0.84-1.03 g/100 g) as
 210 main sugars (Table 1). Arabinose and fructose were determined concomitantly in the
 211 samples due to the same retention time. Previous studies also observed galactose,
 212 glucose, lactose, and fructose in goat milk (Scano, Murgia, Pirisi, & Caboni, 2014) and
 213 goat milk yogurts (Costa, Frasco, Lima, Rodrigues, & Conte Junior, 2016).
 214 Furthermore, the presence of glucose and galactose in more significant amounts
 215 suggests lactose hydrolysis during fermentation and release of glucose and galactose in
 216 the medium (Barros, Cutrim, Costa, Conte Junior, & Cortez, 2019). The starter culture
 217 used in the present study (YF-L903) shows a short lag phase, resulting in a fast
 218 fermentation process with high hydrolysis of lactose (Asensio-Vegas et al., 2018).

219 On day 1, the XY showed a higher galactose, glucose, and lactose concentration
 220 than CY ($p < 0.05$). Xique-xique cladodes have fructose, glucose, xylose, arabinose,
 221 galactose, and sucrose as sugars (Bezerril et al., 2021b). Therefore, the addition of
 222 xique-xique jam contributed to the higher galactose and glucose contents in the XY.
 223 The xique-xique jam was added after the fermentation process in XY and PY, while
 224 sucrose was added before fermentation in the CY. The lack of sucrose during

225 fermentation in XY may have inhibited the growth of starter culture, resulting in a
 226 higher lactose content at day 1.

227 The PY showed a lower galactose and glucose concentration than XY at day 1 (p
 228 < 0.05). Furthermore, this formulation showed a lower galactose content compared to
 229 CY ($p < 0.05$). The presence of the probiotic culture resulted in higher consumption of
 230 galactose and glucose during fermentation. Probiotic cultures usually use sugars in their
 231 metabolism (Costa et al., 2019). First, glucose is converted into pyruvate in the
 232 Embden-Meyerhoff-Parnas pathway. Then, pyruvate is used as an H-acceptor and, after,
 233 forms lactate (Costa et al., 2016). *L. casei* also utilize galactose efficiently by the T6p
 234 pathway and PTS^{gal} (Wu & Shah, 2017). In this way, this result suggests that a higher
 235 lactic acid production may be observed in the PY.

236 During the first 14 days of storage, the glucose and galactose contents increased
 237 in all formulations, while the arabinose/fructose content was reduced ($p < 0.05$). The
 238 lactose concentration was decreased in XY and increased in CY and PY ($p < 0.05$). The
 239 increase in the monosaccharides content can be due to the hydrolysis of lactose without
 240 consumption by starter cultures and/or probiotic cultures during the first 14 days,
 241 mainly in CY (Gu et al., 2020). The starter culture used in the present study (YF-L903)
 242 showed a slower post-acidification in yogurts compared to others (YC-X11, YC-380,
 243 YF-L812, Yoflex Advance 2.0, and YoFlex Mild 1.0) (Asensio-Vegas et al., 2018).
 244 Furthermore, in acidic conditions, hydrolysis of the glycosidic bonds of the phenolics
 245 present in the xique-xique jam may have occurred in XY and PY, resulting in the
 246 release of sugars during the first 14 days storage (Fernandes, Marcolino, Silva, Barão, &
 247 Pimentel, 2021). On day 14, the XY showed a higher concentration of glucose and a
 248 lower concentration of lactose than CY ($p < 0.05$), suggesting lactose hydrolysis
 249 without substantial consumption of the monomers. The PY showed a lower

concentration of galactose, glucose, and lactose than XY ($p < 0.05$), demonstrating the metabolic activity of the probiotic culture in the product.

During the last 14 days of storage, the glucose content was reduced in all formulations, while the arabinose/fructose content was increased ($p < 0.05$). The galactose content was decreased in CY and XY ($p < 0.05$) and maintained in PY ($p > 0.05$). Finally, the lactose content was reduced in CY and increased in XY and PY ($p < 0.05$). At the end of storage time (day 28), the XY showed lower concentrations of glucose and lactose compared to CY ($p < 0.05$). At the same time, the PY showed lower galactose and arabinose/fructose contents and higher lactose contents than XY ($p < 0.05$). The results suggest that a slightly post-acidification occurred during the last weeks of storage.

3.2 Organic acid profile

The yogurt formulations showed lactic acid (145.4-170.9 mg/100 g), citric acid (63.39-76.72 mg/100 g), and formic acid (16.74-27.28 mg/100 g) as primary organic acids (Table 2). Acetic acid was found in non-significant concentrations in all formulations (0.06-0.21 mg/100 g). Finally, propionic acid was found in significant concentrations only in the PY (0.12 mg/100 g). Previous studies also observed lactic acid, citric acid, and formic acid in goat milk yogurts (Costa et al., 2016). Starter cultures usually do not produce acetic acid during their metabolism. Furthermore, *L. casei* is predominantly homofermentative, with lactic acid production as the primary organic acid (Costa et al., 2019). The absence of acetic acid in the products is interesting, as it can produce a strong vinegar flavor (Fernandes et al., 2021).

The addition of xique-xique jam did not alter the organic acid profile during fermentation, with similar lactic acid and formic acid contents between XY and CY at

275 day 1 ($p > 0.05$). Only a slight decrease in citric acid was observed ($p < 0.05$). On the
 276 other hand, the PY showed higher lactic acid and propionic acid concentrations than XY
 277 and CY at day 1 of storage ($p < 0.05$). Furthermore, it presented a lower concentration
 278 of formic acid ($p < 0.05$). Lactic acid can result from the metabolism of starter and/or
 279 probiotic cultures during fermentation (Costa et al., 2016), which could remove pyruvic
 280 acid, convert malic acid, and/or degrade lactose (Ozcan et al., 2020). The presence of
 281 probiotic culture contributed to the increase in the organic acid content, mainly lactic
 282 acid and propionic acid, during fermentation. These results may be associated with the
 283 higher consumption of glucose and galactose in this product (Table 1). A higher
 284 concentration of lactic acid may improve the typical flavor and the functionality of the
 285 PY compared to XY and CY, as lactic acid is responsible for a sour and slightly
 286 refreshing taste, typical of yogurts (Cheng, 2010). Probiotic bacteria are accountable for
 287 the higher production of short-chain fatty acids (SCFA), such as propionic acid (Nagpal
 288 et al., 2018), which is reduced in people with diabetes, cancer, obesity, and autoimmune
 289 diseases (Diez-Gutierrez, Vicente, Barrón, Villarán, & Chávarri, 2020; Mesnage,
 290 Antoniou, Tsoukalas, Goulielmos, & Tsatsakis, 2018). Therefore, consuming this
 291 product could be beneficial for people who suffer from those health conditions. The
 292 decrease in the formic acid in the PY may be associated with its consumption during
 293 probiotic metabolism (Costa et al., 2016).

294 During the first 14 days of storage, the lactic acid increased in CY and XY,
 295 while a reduction was observed in PY ($p < 0.05$). Citric acid content was increased in
 296 XY and PY ($p < 0.05$), while it was maintained in CY ($p > 0.05$). Formic acid content
 297 was increased only in CY and XY ($p < 0.05$). Finally, propionic acid was reduced in PY
 298 ($p < 0.05$). In this way, the values of lactic and propionic acids decreased over time in
 299 the PY, which may indicate the use of these acids as an energy source for probiotic

adaptation to the environment (Miranda et al., 2019). Furthermore, probiotic cultures may use organic acids to produce volatile compounds. XY showed a similar organic acid profile compared to CY.

During the last 14 days of storage, the organic acid contents were maintained in PY ($p > 0.05$), suggesting low metabolic activity and no production of organic acids. The lack of production of organic acids by the probiotic culture during storage is corroborated by the lower consumption of sugars (Table 1). XY showed a similar organic acid profile compared to CY.

3.3 Volatile compounds profile

Forty-eight volatile compounds were identified in the yogurt samples, including aldehydes (6), acids (5), alcohols (8), ketones (4), esters (4), hydrocarbons (6), terpenes (11), and four other compounds (Table 3). All goat milk yogurts showed benzaldehyde, nonanal, octanoic acid, n-decanoic acid, 1-octanol, 1-nonanol, 2-heptanone, 2-undecanone, β -phenyl ethyl acetate, tetradecane, copaene, and caryophyllene. Furthermore, pyranone was formed during storage (day 14) (Table 3). Therefore, these volatile compounds may represent the volatile profile of goat milk yogurts.

The addition of xique-xique jam (XY) did not alter the volatile compounds profile of the products compared to the conventional yogurt (CY), as no differences were observed for most of the volatile compounds during the storage period ($p > 0.05$). On the other hand, adding probiotic culture to the yogurts with xique-xique jam (PY) increased the concentrations of most of the volatile compounds. Probiotic bacteria may promote bioconversion and produce new aroma compounds, thus affecting the yogurt aroma (Moineau-Jean, Champagne, Roy, Raymond, & LaPointe, 2019).

324 In the aldehydes group, the PY showed higher benzaldehyde, nonanal, benzene,
325 and decanal concentrations than the other formulations at day 1 of storage ($p < 0.05$).
326 Ethyl benzaldehyde was only found in the PY. Aldehydes are essential aroma and flavor
327 compounds in food products (Dabaj, Lasekan, Manap, & Ling, 2020). Benzaldehyde
328 and its derivatives may provide almond aroma to yogurts at low levels and cherry aroma
329 at high levels (Costa et al., 2019), while nonanal is potentially significant to the
330 formation of the typical yogurt aroma (Moineau-Jean et al., 2019). Decanal is associated
331 with fatty aroma in dairy products (Zhang, Mi, Liu, Sang, & Wang, 2020).

332 In the acid group, the PY showed higher octanoic acid and n-decanoic acid
333 concentrations than the other formulations at day 1 ($p < 0.05$). At the same time, it
334 showed lower concentrations of hexanoic acid ($p < 0.05$). Finally, 2-ethyl hexanoic acid
335 was only found in this formulation. Octanoic acid is linked to the typical yogurt flavor
336 and fruit notes (Moineau-Jean et al., 2019), while decanoic acid is associated with a
337 sour taste (Ranadheera et al., 2019). In addition, hexanoic acid is associated with the
338 typical goat milk aroma and sickening, sweet, and rancid cheese-like aroma
339 (Ranadheera et al., 2019). Therefore, the reduced hexanoic acid concentrations are
340 essential to reduce the goat aroma of the products.

341 In the alcohol group, the PY showed higher 1-octanol, 1-nonanol, and 1-decanol
342 than the other formulations at day 1 ($p < 0.05$). Hexan-3-ol was only found in this
343 formulation. Hexan-3-ol is considered a vital flavor compound in dairy products (Dan et
344 al., 2017). Alcohols usually contribute fruit, floral, and alcoholic notes to dairy products
345 (Ranadheera et al., 2019).

346 In the ketones group, the PY showed higher concentrations of 2-heptanone and
347 2-undecanone than the other formulations at day 1 ($p < 0.05$). 2,3 – butanedione and
348 2,3 – pentanedione were only found in this formulation. 2-heptanone is related to the

349 fresh flavor and creaminess typical of yogurts, and 2-undecanone is associated with
350 herbal and floral notes (Costa et al., 2019). 2,3-butanedione and 2,3-pentanedione are
351 commonly reported in fermented milk, especially those with probiotic cultures, such as
352 *L. casei* (Dabaj et al., 2020). 2,3-butanedione is associated with butter aroma, while 2,3-
353 pentanedione is related to butter, vanilla, and mild notes (Ranadheera et al., 2019).

354 In the ester group, the PY showed higher concentrations of β -phenyl ethyl
355 acetate, ethyl 9-decenoate, and ethyl decanoate than the other formulations at day 1 ($p <$
356 0.05). Esters contribute floral and fruit notes to dairy products (Dabaj et al., 2020). In
357 the hydrocarbons group, the PY showed higher decane, pentadecane, and hexadecane
358 concentrations than the other formulations at day 1 ($p < 0.05$). Hydrocarbons do not
359 directly influence the characteristic aroma of the products. Still, they act as precursors in
360 other volatile compounds (Bezerra et al., 2017).

361 In the terpenes group, the PY showed higher concentrations of limonene,
362 eucalyptol, copaene, and caryophyllene than the other formulations at day 1 ($p < 0.05$).
363 γ -elemene, humulene, δ -cadinene, and elemol were found only in this formulation.
364 Terpenes are compounds usually present in plants characteristic of the Brazilian
365 Caatinga. They may be present in the milk used to make the yogurt, considering that the
366 goats that produced the milk were fed on pastures from this region (Sant'Ana et al.,
367 2019). This information is also confirmed by Moineau-Jean et al. (2019), who observed
368 several volatile compounds from the milk base and were not associated with the
369 fermentation process. Terpenes may also be present in a jam made from xique-xique
370 cladodes and added to the yogurt.

371 During storage, increases were observed in some volatile compounds at the end
372 of storage time in CY (benzeneacetaldehyde, hexanoic acid, octanoic acid, n-decanoic
373 acid, 1-nonanol, decanol, and 2-heptanone) and XY (benzaldehyde, octanoic acid,

374 hexanoic acid, 1-nonanol, ethyl 9-decenoate, and tetradecane) ($p < 0.05$). In the PY,
 375 increases were also observed in some volatile compounds during the first 14 days of
 376 storage (nonanal, n-decanoic acid, 1-nonanol, 2-heptanone, 2-undecanone, 2,3 –
 377 butanedione, limonene, and humulene) ($p < 0.05$). However, decreases in the volatile
 378 compound concentration were observed at the end of storage time, including nonanal,
 379 decanal, ethyl benzaldehyde, octanoic acid, n-decanoic acid, 1-octanol, 1-nonanol,
 380 decanol, hexan-3-ol, 2-heptanone, 2-undecanone, 2,3 – pentanedione, ethyl decanoate,
 381 tridecane, tetradecane, hexadecane, eucalyptol, copaene, humulene, δ -cadinene, and
 382 elemol ($p < 0.05$). At the same time, acetic acid was formed at the end of the
 383 fermentation process (day 28). This acid is responsible for fermented milk's fatty/cheesy
 384 flavor (Dabaj et al., 2020). The changes and population dynamics produced by starter
 385 and probiotic cultures in yogurt can influence volatile compounds, resulting in
 386 significant differences in flavor and aroma (Gu et al., 2020). The lower metabolic
 387 activity observed in the PY during storage, mainly after 14 days (Tables 1 and 2),
 388 corroborates the reduction in the concentrations of some volatile compounds during
 389 storage.

391 3.4 PCA of sugar, organic acid, and volatile compounds

392 PCA map and confidence ellipses are shown in Figure 1. The first principal
 393 component (F1) explained 55.82% of the variability of the original variables, whereas
 394 the second principal component (F2) explained 15.72%, totaling 71.54% of explanation.
 395 The map and confidence ellipses evidenced that the XY and CY showed similar
 396 characteristics and were characterized by sugars and organic acids. However, PY
 397 showed different characteristics, and higher concentrations of volatile compounds

described it. It can also be observed that the storage time had a more noticeable impact on the PY yogurt.

400

401 3.5 Sensory characteristics using PAE methodology

402 Seven aroma attributes (fermented, sour, dairy, sweet, goat, herbaceous, and
403 typical) and eight flavor characteristics (sweet, acid, dairy, goat, herbaceous, yogurt,
404 astringent, and typical) were defined and considered important by the consumers.

405 Figure 2a shows the GPA map of the yogurts at day 1. The variation was
406 explained by the F1 (55.60%) followed by F2 (44.40%), totaling 100.00% explanation.
407 This result is essential, as non-trained consumers were used as assessors in the PAE
408 methodology. F1 separated the XY and PY (on the right side) from CY (on the left
409 side), suggesting that the addition of xique-xique jam and/or probiotic culture changed
410 the sensory characteristics of the yogurts. XY and PY presented higher intensities for
411 fermented aroma, herbaceous aroma, and herbaceous flavor, while CY showed higher
412 intensities for goat and cheese aroma. The addition of xique-xique jam may contribute
413 to herbaceous characteristics, which are mainly associated with the presence of terpenes
414 (Bezerril et al., 2021a,b). The reduction in the goat aroma and cheese aroma may be
415 related to the lower hexanoic acid content observed in the PY (Table 3) and is a
416 significant change considering the consumer preference for products with reduced goat
417 aroma (Fazilah et al., 2018).

418 F2 separated the CY and XY (above the axis) from PY (below the axis). CY and
419 XY were characterized by the higher intensities of sour aroma, acid taste, dairy flavor,
420 goat flavor, yogurt flavor, and astringent taste. On the other hand, PY was characterized
421 by higher intensities of dairy aroma, sweet aroma, typical aroma, typical flavor, and
422 sweet taste. In this way, consumers' evaluation confirms the positive impact of
423 probiotic addition on the organic acid profile and volatile compounds, which

424 contributed with sweet aroma (octanoic acid, esters), typical aroma (nonanal, hexan-3-
425 ol), dairy aroma (2,3-butanedione, 2,3-pentanedione), and typical flavor (lactic acid).
426 Short-chain carboxylic acids (lactic, citric, formic, acetic) are essential compounds in
427 the flavor formation of dairy products (Tang et al., 2020). The lower perception of goat
428 flavor in PY is also an important characteristic.

429 Figure 2b shows the GPA map of the yogurts on day 14. The variation was
430 explained by the F1 component (65.30%) followed by F2 (34.70%). The F1 component
431 separated the PY (on the right) from CY and XY (on the left). As a result, PY presented
432 higher intensities for fermented aroma, sour aroma, dairy aroma, sweet aroma,
433 herbaceous aroma, cheese aroma, dairy flavor, typical flavor, herbaceous flavor, and
434 yogurt flavor. These results corroborated the increase in the content of the volatile
435 compound in the PY at day 14, including those associated with typical aroma (nonanal),
436 herbaceous aroma (limonene, humulene), dairy aroma (2,3 – butanedione), and sour
437 aroma (n-decanoic acid). F2 separated XY (below the axis) from PY and CY (above the
438 axis). As a result, XY showed higher intensities of acid taste and astringent taste. On the
439 other hand, PY and, mainly, CY showed higher intensities of sweet taste and goat
440 flavor.

441 Figure 2c shows the GPA map of the yogurts on day 28. The variation was
442 explained by F1 (58.57%) followed by F2 (41.43%). The F1 separated the XY and PY
443 (on the right side) from CY (on the left side). As a result, CY presented a higher sour
444 aroma, goat aroma, acid taste, dairy flavor, and goat flavor. On the other hand, XY and
445 PY showed higher fermented aroma, herbaceous aroma, cheese aroma, and herbaceous
446 flavor. F2 component separated CY and PY (above the axis) from XY (below the axis).
447 As a result, CY and PY showed higher intensities of sweet aroma, sweet taste, and
448 typical flavor. On the other hand, XY showed higher intensities of dairy aroma, typical

449 aroma, yogurt flavor, and astringent taste. The lower intensities of aroma perception in
450 the PY at the end of storage time may corroborate the decrease in the volatile
451 compound's concentration of some compounds, including benzeneacetaldehyde,
452 nonanal, decanal, ethyl benzaldehyde, octanoic acid, n-decanoic acid, 1-octanol, 1-
453 nonanol, among others (Table 3).

454 We could demonstrate that PAE methodology could provide important
455 information for the characterization of aroma and flavor of goat milk yogurts, with
456 results that correlate with sugar, organic acid, and volatile compounds profiles.
457 Furthermore, the utilization of a few consumers (n = 5) did not impair the results, which
458 could be related to their familiarity with goat milk yogurts and products added with
459 xique-xique. Furthermore, although these formulations showed similar sugar, organic
460 acid, and volatile compound profiles, consumers could differentiate CY and XY.

461

462 4. Conclusion

463 This study was the first to evaluate the impact of adding *L. casei* to a xique-
464 xique jam-added goat milk yogurt during storage (28 days). Furthermore, it was the first
465 to use PAE methodology to characterize aroma and flavor attributes. Xique-xique jam
466 contributed to increasing the sugar content of the yogurts. Still, it did not change the
467 organic acid and volatile compound profile or the storage stability of the products. On
468 the other hand, probiotic addition improved the volatilomic, fermentation profile, and
469 sensory characteristics of the products, resulting in yogurts with lower sugar content
470 (galactose and glucose), higher organic acid content (lactic acid and propionic acid),
471 higher volatile compounds concentration, and improved sensory characteristics
472 (herbaceous aroma and flavor, dairy aroma, sweet aroma and taste, and typical aroma
473 and flavor). Furthermore, it had a lower goat aroma and flavor and cheese aroma. The

474 probiotic yogurt showed improved characteristics during the first 14 days of storage.
 475 The results are essential for the dairy industry. They demonstrate the feasibility of using
 476 a Cactaceae from the northeast Brazilian region to process a jam and substitute sugar in
 477 goat milk yogurts. The simultaneous utilization with *L. casei* could minimize the aroma
 478 and flavor problems associated with goat milk products.

479

480 Acknowledgments

481 Authors would like to thank the “*Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e*
 482 *Tecnológico*” (CNPq; Grants #303437/2017-0, #405644/2018-3 and 405644/2018-3)
 483 and “*Coordenação de Aconselhamento de Pessoal de Nível Superior*” (CAPES-Brazil;
 484 Finace Code 001).

485

486 References

- 487 Asensio- Vegas, C., Tiwari, B., Gredilla, A. E., Bueno, F., Delgado, D., & Martin-
 488 Diana, A. B. (2018). Development of yoghurt from ovine milk with enhanced
 489 texture and flavour properties. *International Journal of Dairy Technology*, 71,
 490 112–121. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12341>
- 491 Barros, R. F., Cutrim, C. S., Costa, M. P., Conte Junior, C. A., & Cortez, M. A. S.
 492 (2019). Lactose hydrolysis and organic acids production in yogurt prepared with
 493 different onset temperatures of enzymatic action and fermentation. *Ciencia*
 494 *Animal Brasileira*, 20, 1–10. <https://doi:10.1590/1809-6891v20e-43549>.
- 495 Bezerra, T. K. A., Arcanjo, N. M. de O., Araújo, A. R. R. de, Queiroz, A. L. M. de,
 496 Oliveira, M. E. G. de, Gomes, A. M. P., & Madruga, M. S. (2017). Volatile
 497 profile in goat coalho cheese supplemented with probiotic lactic acid bacteria.
 498 *LWT - Food Science and Technology*, 76, 209–215.
 499 <https://doi:10.1016/j.lwt.2016.03.041>.
- 500 Bezerril, F. F., Magnani, M., Pacheco, M. T. B., Souza, M. F. V., Figueiredo, R. M. F.,
 501 Lima, M. S., Borges, G. S. C., Oliveira, M. E. G., Pimentel, T. C., & Queiroga,
 502 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., Souza, M. F. V., Lima, M. S., Pacheco, M. T. B., Carvalho, P. O. A. A., Sampaio, K. B., Sousa, Y. R. F., Milani, R. F., Goldbeck, R., Borges, G. S. C., & 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? *Journal of Food Measurement and Characterization*. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-00906-w>.
- Cais-Sokolińska, D., & Walkowiak-Tomczak, D. (2021). Consumer-perception, nutritional, and functional studies of a yogurt with restructured elderberry juice. *Journal of Dairy Science*, 104(2), 1318–1335. <https://doi.org/10.3168/jds.202018770>.
- Carvalho, P. O. A. A., Guerra, G. C. B., Borges, G. D. S. C., Bezerril, F. F., Sampaio, K. B., Ribeiro, T. S., Pacheco, M. T. B., Milani, R. F., Goldbeck, R., Ávila, P. F., Lima, M. S., Souza, M. F. V., & Queiroga, R. D. C. R. D. E. (2021). Nutritional potential and bioactive compounds of xique- xique juice: An unconventional food plant from Semiarid Brazilian. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(4), e15265. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15265>
- Cheng, H. (2010). Volatile Flavor Compounds in Yogurt: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50, 938–950. <https://doi.org/10.1080/10408390903044081>.
- Costa, M. P., Frasco, B. S., Lima, B. R. C. C., Rodrigues, B. L., & Conte Junior, C. A. (2016). Simultaneous analysis of carbohydrates and organic acids by HPLC-DAD-RI for monitoring goat's milk yogurts fermentation. *Talanta*, 152, 162–170. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2016.01.061>.
- Costa, M. F., Pimentel, T. C., Guimaraes, J. T., Balthazar, C. F., Rocha, R. S., Cavalcanti, R. N., Esmerino, E. A., Freitas, M. Q., Raices, R. S. L., Silva, M. C., & Cruz, A. G. (2019). Impact of prebiotics on the rheological characteristics and volatile compounds of Greek yogurt. *LWT - Food Science and Technology*, 105, 371–376. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.02.007>.
- Costa, G. M., Paula, M. M., Costa, G. N., Esmerino, E. A., Silva, R., Freitas, M. Q., Barão, C. E., Cruz, A. G., & Pimentel, T. C. (2020). Preferred attribute elicitation methodology compared to conventional descriptive analysis: A study

- 537 using probiotic yogurt sweetened with xylitol and added with prebiotic
538 components. *Journal of Sensory Studies*. <https://doi.org/10.1111/joss.12602>.
- 539 Dabaj, F. K., Lasekan, O., Manap, M. Y. A., & Ling, F. H. (2020). Evaluation of the
540 volatilomic potentials of the *Lactobacillus casei* 431 and *Lactobacillus*
541 *acidophilus* La-5 in fermented milk. *CyTA - Journal of Food*, 18(1), 291–
542 300. <https://doi.org/10.1080/19476337.2020.1741688>.
- 543 Dan, T., Wang, D., Jin, R. L., Zhang, H. P., Zhou, T. T., & Sun, T. S. (2017).
544 Characterization of volatile compounds in fermented milk using solid-phase
545 microextraction methods coupled with gas chromatography-mass
546 spectrometry. *Journal of Dairy Science*, 100(4), 2488–2500.
547 <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11528>.
- 548 Díez-Gutiérrez, L., Vicente, L. S., Barrón, L. J. R., Villarán, M. C., & Chávarri, M.
549 (2020). Gamma-aminobutyric acid and probiotics: Multiple health benefits and
550 their future in the global functional food and nutraceuticals market. *Journal of*
551 *Functional Foods*, 64, 103669. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103669>.
- 552 Fazilah, N. F., Ariff, A. B., Khayat, M. E., Rios-Solis, L., & Halim, M. (2018).
553 Influence of probiotics, prebiotics, synbiotics and bioactive phytochemicals on
554 the formulation of functional yogurt. *Journal of Functional Foods*, 48, 387–399.
555 <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.07.039>.
- 556 Fernandes, A. B. C., Marcolino, V. A., Silva, C., Barão, C. E., & Pimentel, T. C.
557 (2021). Potentially synbiotic fermented beverages processed with water-soluble
558 extract of Baru almond. *Food Bioscience*, 42, 101200.
559 <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101200>.
- 560 Grom, L. C., Rocha, R. S., Balthazar, C. F., Guimarães, J. T., Coutinho, N. M., Barros,
561 C. P., Pimentel, T. C., Venâncio, E. L., Collopy Junior, I., Maciel, P. M. C.,
562 Silva, P. H. F., Granato, D., Freitas, M. Q., Esmerino, E. A., Silva, M. C., &
563 Cruz, A. G. (2020). Postprandial glycemia in healthy subjects: Which probiotic
564 dairy food is more adequate?. *Journal of Dairy Science*, 103(2), 1110–1119.
565 <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17401>.
- 566 Grygorczyk, A., Lesschaeve, I., Corredig, M., & Duizer, L. (2013). Extraction of
567 consumer texture preferences for yogurt: Comparison of the preferred attribute
568 elicitation method to conventional profiling. *Food Quality and Preference*, 27,
569 215–222. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.02.017>.

- Gu, Y., Li, X., Xiao, R., Dudu, O. E., Yang, L., & Ma, Y. (2020). Impact of *Lactobacillus paracasei* IMC502 in coculture with traditional starters on volatile and non-volatile metabolite profiles in yogurt. *Process Biochemistry*, 99, 61–69. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2020.07.003>.
- Hill, C., Guarner, F., Reid, G., Gibson, G. R., Merenstein, D. J., Pot, B., Morelli, L., Canani, R. B., Flint, H. J., Salminen, S., Calder, P. C., & Sanders, M. E. (2014). Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature reviews Gastroenterology & Hepatology*, 11(8), 506–514. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2014.66>.
- Hill, D., Ross, R. P., Arendt, E., & Stanton, C. (2017). Microbiology of Yogurt and Bio-Yogurts Containing Probiotics and Prebiotics. *Yogurt in Health and Disease Prevention*, 69–85. doi:10.1016/b978-0-12-805134-4.00004-3.
- Lopes, L. A. A., Pimentel, T. C., Carvalho, R. D. S. F., Madruga, M. S., de Sousa Galvão, M., Bezerra, T. K. A., Barão, C. E., Magnani, M., & Stamford, T. C. M. (2021). Spreadable goat Ricotta cheese added with *Lactobacillus acidophilus* La-05: Can microencapsulation improve the probiotic survival and the quality parameters?. *Food Chemistry*, 346, 128769. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128769>
- Mesnage, R., Antoniou, M. N., Tsoukalas, D., Goulielmos, G. N., & Tsatsakis, A. (2018). Gut microbiome metagenomics to understand how xenobiotics impact human health. *Current Opinion in Toxicology*, 11–12, 51–58. <https://doi.org/10.1016/J.COTOX.2019.02.002>.
- Meybodi, N. M., Mortazavian, A. M., Arab, M., & Nematollahi, A. (2020). Probiotic viability in yoghurt: a review of influential factors. *International Dairy Journal*, 109, 104793. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104793>.
- Miranda, R. F., Paula, M. M., Costa, G. M., Barao, C. E., Silva, A. C R., Raices, R. S. L., Gomes, R. G., & Pimentel, T. C. (2019). Orange juice added with *L. casei*: is there an impact of the probiotic addition methodology on the quality parameters? *LWT - Food Science and Technology*, 106, 186–193. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.02.047>.
- Moineau-Jean, A., Champagne, C. P., Roy, D., Raymond, Y., & LaPointe, G. (2019). Effect of Greek-style yoghurt manufacturing processes on starter and

- probiotic bacteria populations during storage. *International Dairy Journal*, 93, 35–44. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.02.003>.
- Nagpal, R., Wang, S., Ahmadi, S., Hayes, J., Gagliano, J., Subashchandrabose, S., & Yadav, H. (2018). Human-origin probiotic cocktail increases short-chain fatty acid production via modulation of mice and human gut microbiome. *Scientific Reports*, 8(1), 12649. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-30114-4>.
- Nyanzi, R., Jooste, P. J., & Buys, E. M. (2021). Invited review: Probiotic yogurt quality criteria, regulatory framework, clinical evidence, and analytical aspects. *Journal of Dairy Science*, 104, 1–19, 2020. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19116>.
- Oliveira, A. M., Freitas, A. F. S., Costa, M. D. S., Torres, M. K. S., Castro, Y. A. A., Almeida, A. M. R., & Paiva, P. M. G., Carvalho, B. M. Napoleão, T. H. (2021). *Pilosocereus gounellei* (Cactaceae) stem extract decreases insulin resistance, inflammation, oxidative stress, and cardio-metabolic risk in diet-induced obese mice. *Journal of Ethnopharmacology*, 265, 113327. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113327>.
- Ozcan, T., Ozdemir, T., & Avci, H. R. (2020). Survival of *Lactobacillus casei* and functional characteristics of reduced sugar red beetroot yoghurt with natural sugar substitutes. *International Journal of Dairy Technology*. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12741>.
- Ranadheera, C. S., Evans, C. A., Baines, S. K., Balthazar, C. F., Cruz, A. G., Esmerino, E. A., Freitas, M. Q., Pimentel, T. C., Wittwer, A. E., Naumoviski, N., Graça, J. S., Sant'Ana, A. S., Ajlouni, S., & Vasiljevic, T. (2019). Probiotics in goat milk products: Delivery capacity and ability to improve sensory attributes. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(4), 867–882. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12447>.
- Sant'Ana, A. M. S., Bessa, R. J. B., Alves, S. P., Medeiros, A. N., Costa, R. G., Sousa, Y. R. F., Bezerril, F. F., Batista, A. S. M., Madruga, M. S., & Queiroga, R. C. R. E. (2019). Fatty acid, volatile and sensory profiles of milk and cheese from goats raised on native semiarid pasture or in confinement. *International Dairy Journal*, 91, 147–154. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.09.008>.
- Scano, P., Murgia, A., Pirisi, F. M., & Caboni, P. (2014). A gas chromatography-mass spectrometry-based metabolomic approach for the characterization of goat milk compared with cow milk. *Journal of Dairy Science*, 97(10), 6057–6066. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8247>.

- 637 Silva, F. A., Oliveira, M. E. G., Figueirêdo, R. M. F., Sampaio, K. B., Souza, E. L.,
 638 Oliveira, C. E. V., Pintado, M. M. E., & Queiroga, R. C. R. E. (2017). The effect
 639 of Isabel grape addition on the physicochemical, microbiological and sensory
 640 characteristics of probiotic goat milk yogurt. *Food Function*, 8, 2021.
 641 <https://doi.org/10.1039/C6FO01795A>.
- 642 Silva, J. M., Barão, C. E., Esmerino, E. A., Cruz, A. G., & Pimentel, T. C. (2021).
 643 Prebiotic frozen dessert processed with water- soluble extract of rice byproduct:
 644 Vegan and nonvegan consumers perception using preferred attribute elicitation
 645 methodology and acceptance. *Journal of Food Science*, 86(2), 523–530.
 646 <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15566>.
- 647 Soares, E. K., Silva, R., da Silva, W. P., Kuriya, S. P., Maçaira, P. M., Cyrino Oliveira,
 648 F. L., Silva, M. A. A. P., Pimentel, T. C., Freitas, M. Q., Cruz, A. G., &
 649 Esmerino, E. A. (2020). An intra- cultural investigation in Brazil using Coalho
 650 cheese and preferred attribute elicitation. *Journal of Sensory Studies*, 35(1),
 651 e12543. <https://doi.org/10.1111/joss.12543>.
- 652 Tang, H., Ma, H., Hou, Q., Li, W., Xu, H., Liu, W., Sun, Z., Haobsi, H., & Menghe, B.
 653 (2020). Profiling of koumiss microbiota and organic acids and their effects on
 654 koumiss taste. *BMC Microbiology*, 20(1). doi:10.1186/s12866-020-01773-z.
- 655 Wu, Q., & Shah, N. P. (2017). The potential of species-specific tagatose-6-phosphate
 656 (T6P) pathway in *Lactobacillus casei* group for galactose reduction in fermented
 657 dairy foods. *Food Microbiology*, 62, 178–187.
 658 <https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.10.027>.
- 659 Zeppa, G., Conterno, L., & Gerbi, V. (2001). Determination of Organic Acids, Sugars,
 660 Diacetyl, and Acetoin in Cheese by High-Performance Liquid Chromatography.
 661 *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(6), 2722–2726.
- 662 Zhang, L., Mi, S., Liu, R. B., Sang, Y. X., & Wang, X. H. (2020). Evaluation of volatile
 663 compounds during the fermentation process of yogurts by *Streptococcus*
 664 *thermophilus* based on odor activity value and heat map analysis. *International*
 665 *Journal of Analytical Chemistry*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/3242854>.

Table 1. Sugar profile of the goat milk yogurts

Parameter	Storage	Treatment		
	Days	CY	XY	PY
Galactose	1	3.39 ± 0.08 ^{Cb}	3.91 ± 0.10 ^{Ba}	2.81 ± 0.11 ^{Bc}
	14	4.02 ± 0.02 ^{Aa}	4.19 ± 0.02 ^{Aa}	3.23 ± 0.14 ^{Ab}
	28	3.59 ± 0.07 ^{Ba}	3.54 ± 0.03 ^{Ca}	3.14 ± 0.03 ^{Ab}
Glucose	1	2.21 ± 0.08 ^{Cb}	3.36 ± 0.26 ^{Ba}	2.30 ± 0.11 ^{Cb}
	14	4.41 ± 0.08 ^{Aa}	4.05 ± 0.05 ^{Ab}	3.15 ± 0.15 ^{Ac}
	28	3.27 ± 0.07 ^{Ba}	2.77 ± 0.09 ^{Cb}	2.63 ± 0.04 ^{Bb}
Lactose	1	0.95 ± 0.06 ^{Cb}	1.14 ± 0.04 ^{Aa}	1.04 ± 0.10 ^{Bab}
	14	1.46 ± 0.03 ^{Aa}	0.87 ± 0.08 ^{Bc}	1.28 ± 0.03 ^{Ab}
	28	1.29 ± 0.02 ^{Ba}	0.90 ± 0.05 ^{Bb}	1.37 ± 0.04 ^{Aa}
**Arabinose/Fructose	1	0.88 ± 0.03 ^{Ab}	0.84 ± 0.08 ^{Ab}	1.03 ± 0.03 ^{Aa}
	14	0.41 ± 0.01 ^{Ca}	0.37 ± 0.05 ^{Ba}	0.33 ± 0.02 ^{Ca}
	28	0.69 ± 0.08 ^{Ba}	0.67 ± 0.08 ^{Aa}	0.51 ± 0.03 ^{Bb}

Average values of sugars identified in the yogurt samples. Sugars were quantified through the equation of the straight line constructed from the injection of standards. Values are expressed in g of sugar/100 g of sample.

**NOTE: Same time of retention of arabinose and fructose, the sample may contain only fructose but the one with xique-xique may contain fructose+arabinose (co-elution).

^{Aa} Mean ± standard deviation with different lowercase letters on the same line differed by the Tukey's test (p < 0.05) between treatments (n=9).

^{Ba} Mean ± standard deviation with different capital letters in the same column differed by Tukey's test (p < 0.05) over storage time (n=9).

Formulations: CY (control yogurt), XY (yogurt added with xique-xique jam) and PP (probiotic yogurt added with xique-xique jam).

Table 2. Organic acid profile of goat milk yogurts

Parameter	Storage	Treatment		
	Days	CY	XY	PY
Lactic acid	1	152.40 ± 1.64 ^{Bb}	145.40 ± 1.09 ^{Cb}	170.9 ± 9.06 ^{Aa}
	14	186.90 ± 1.10 ^{Aa}	188.60 ± 1.05 ^{Ba}	136.6 ± 11.79 ^{Bb}
	28	192.10 ± 1.20 ^{Aa}	203.60 ± 1.14 ^{Aa}	137.6 ± 11.61 ^{Bb}
Citric acid	1	76.72 ± 0.01 ^{Aa}	63.39 ± 0.86 ^{Cb}	73.03 ± 4.85 ^{Ba}
	14	78.27 ± 0.81 ^{Ab}	92.30 ± 0.31 ^{Ba}	90.36 ± 5.30 ^{Aa}
	28	71.06 ± 0.01 ^{Bc}	107.10 ± 1.73 ^{Aa}	89.64 ± 8.36 ^{Ab}
Formic acid	1	26.16 ± 0.42 ^{Ba}	27.28 ± 0.85 ^{Ca}	16.74 ± 1.90 ^{Ab}
	14	32.59 ± 0.21 ^{Aa}	30.53 ± 0.87 ^{Ba}	12.57 ± 1.70 ^{Ab}
	28	30.82 ± 0.65 ^{Ab}	44.33 ± 0.16 ^{Aa}	16.08 ± 2.56 ^{Ac}
Acetic acid	1	0.18* ± 0.01 ^{Cb}	0.21* ± 0.01 ^{Aa}	0.06* ± 0.01 ^{Ac}
	14	0.21* ± 0.01 ^{Ba}	0.21* ± 0.01 ^{Aa}	0.04* ± 0.00 ^{Bb}
	28	0.24* ± 0.01 ^{Aa}	0.20* ± 0.01 ^{Ab}	0.05* ± 0.01 ^{Bc}
Propionic acid	T1	0.07* ± 0.01 ^{Ab}	0.08* ± 0.01 ^{Bb}	0.12 ± 0.01 ^{Aa}
	14	0.08* ± 0.01 ^{Ab}	0.09* ± 0.01 ^{ABc}	0.10 ± 0.01 ^{Ba}
	28	0.08* ± 0.01 ^{Ab}	0.10* ± 0.01 ^{Aa}	0.11 ± 0.01 ^{Ba}

Mean values of organic acids identified in yogurt samples during 28 days of storage. Acids were quantified through the equation of the straight line constructed from the injection of standards. Values are expressed in mg of acid/100 g of sample.

* Values when quantified are not significant, indicating that the compound is present in traces in the sample.

^{A-B} Mean ± standard deviation with different lowercase letters on the same line differed by the Tukey's test ($p < 0.05$) between treatments ($n=9$).

^{A-C} Mean ± standard deviation with different capital letters in the same column differed by Tukey's test ($p < 0.05$) over storage time ($n=9$).

Formulations: CY (control yogurt), XY (yogurt added with xique-xique jam) and PY (probiotic yogurt added with xique-xique jam).

Table 3 Volatile compounds in yogurt

Class	Compounds	IR Lit	IR	Storage/days	CY	XY	PY
Aldehyde	Benzaldehyde	962	962	1	0.05 ± 0.01^{Ab}	-	2.77 ± 1.32^{Aa}
				14	0.24 ± 0.18^{Ab}	0.12 ± 0.00^{Bb}	3.04 ± 1.68^{Aa}
				28	0.18 ± 0.03^{Ab}	0.24 ± 0.06^{Ab}	1.25 ± 0.15^{Aa}
	Benzeneacetaldehyde	1045	1044	1	-	-	0.83 ± 0.06^A
				14	-	-	0.83 ± 0.10^A
				28	0.22 ± 0.06	-	-
	Nonanal	1104	1104	1	0.10 ± 0.05^{Ab}	0.07 ± 0.02^{Ab}	1.26 ± 0.20^{Ba}
				14	0.96 ± 0.84^{Ab}	0.08 ± 0.01^{Ab}	3.66 ± 1.39^{Aa}
				28	0.06 ± 0.01^{Ab}	0.08 ± 0.03^{Ab}	0.35 ± 0.11^{Ba}
	Decanal	1206	1195	1	-	-	0.23 ± 0.03^A
				14	-	-	0.20 ± 0.07^A
				28	-	0.06 ± 0.01	-
	Ethyl benzaldehyde	1175	1179	1	-	-	21.77 ± 1.92^A
				14	-	-	19.21 ± 8.99^{AB}
				28	-	-	0.57 ± 0.36^B
Acids	Hexanoic acid	990	989	1	-	12.32 ± 3.13^B	-
				14	7.72 ± 0.63^{Ba}	7.95 ± 0.72^{Ba}	-
				28	19.94 ± 1.22^{Aa}	19.93 ± 4.52^{Aa}	-
	Octanoic acid	1180	1181	1	5.44 ± 0.81^{Bb}	6.60 ± 0.81^{Bb}	27.52 ± 4.59^{Aa}
				14	6.86 ± 1.06^{ABa}	7.21 ± 1.15^{Ba}	18.56 ± 8.30^{ABa}
				28	8.91 ± 0.76^{Ab}	13.34 ± 1.62^{Aa}	5.29 ± 1.01^{Bc}
	n-Decanoic acid	1373	1372	1	1.36 ± 0.16^{Bb}	1.68 ± 0.54^{Ab}	6.42 ± 2.18^{Ba}
				14	0.91 ± 0.41^{Bb}	1.26 ± 0.87^{Ab}	11.71 ± 1.45^{Aa}
				28	5.49 ± 1.17^{Ab}	1.78 ± 0.67^{Ac}	7.77 ± 0.22^{Ba}
	Acetic acid	610	<800	1	-	-	-
				14	-	-	-
				28	-	-	2.87 ± 0.78
	2-Ethylhexanoic acid	1124	1128	1	-	-	0.73 ± 0.11^A
				14	-	-	0.84 ± 0.32^A
				28	-	-	0.45 ± 0.06^A

Alcohol	1-Octanol	1071	1075	1	0.06 ± 0.00^{Ab}	0.08 ± 0.01^{Ab}	0.64 ± 0.08^{Aa}
				14	0.08 ± 0.07^{Ab}	0.06 ± 0.03^{Ab}	0.74 ± 0.17^{Aa}
				28	0.18 ± 0.08^{Aa}	0.15 ± 0.07^{Aa}	-
	1-Nonanol	1171	1174	1	0.12 ± 0.01^{Bb}	0.13 ± 0.00^{Bb}	0.42 ± 0.10^{Ba}
				14	0.31 ± 0.06^{Ab}	0.22 ± 0.03^{ABb}	0.73 ± 0.02^{Aa}
				28	0.36 ± 0.11^{Aa}	0.27 ± 0.08^{Aa}	0.24 ± 0.06^{Ca}
	Decanol	1273	1281	1	-	-	0.39 ± 0.02^A
				14	-	-	0.34 ± 0.08^A
				28	0.05 ± 0.03	-	-
	2-Butyloctanol	1277	1278	1	-	-	-
				14	-	-	-
				28	-	0.07 ± 0.02	-
	Hexan-3-ol	797	801	1	-	-	5.14 ± 2.02^A
				14	-	-	2.91 ± 0.61^A
				28	-	-	-
	Phenylethyl alcohol	1116	1115	1	-	-	0.41 ± 0.29
				14	-	-	-
				28	-	-	-
ketone	Eugenol	1357	1359	1	-	-	-
				14	-	-	-
				28	-	-	2.85 ± 0.50
	1-Dodecanol	1473	1475	1	-	-	-
				14	-	-	-
				28	-	-	0.44 ± 0.31
	2-Heptanone	891	889	1	0.20 ± 0.08^{Bb}	0.50 ± 0.09^{Ab}	8.29 ± 1.69^{Ba}
				14	0.65 ± 0.40^{Ab}	0.21 ± 0.04^{Bb}	12.95 ± 2.54^{Aa}
				28	0.57 ± 0.01^{Ab}	0.41 ± 0.15^{ABb}	4.42 ± 0.86^{Ba}
	2-Undecanone	1294	1295	1	0.13 ± 0.03^{Ab}	0.16 ± 0.03^{Ab}	1.57 ± 0.06^{Ba}
				14	0.40 ± 0.32^{Ab}	0.31 ± 0.27^{Ab}	1.81 ± 0.09^{Aa}
				28	0.51 ± 0.22^{Aa}	0.55 ± 0.23^{Aa}	0.79 ± 0.09^{Ca}
	2,3 - Butanedione	595	<800	1	-	-	4.73 ± 1.64^B
				14	-	-	9.49 ± 1.96^A
				28	-	-	6.70 ± 0.94^{AB}
	2,3 - Pentanedione	698	<800	1	-	-	10.10 ± 3.33^{AB}

				14	-	-	13.20 ± 4.67 ^A
				28	-	-	4.20 ± 0.84 ^B
				1	1.82 ± 0.63 ^{Aa}	-	4.11 ± 3.87 ^a
	Ethyl octanoate	1196	1199	14	0.48 ± 0.35 ^{Ba}	0.63 ± 0.60 ^{Aa}	-
				28	0.18 ± 0.05 ^{Bb}	1.79 ± 0.75 ^{Aa}	-
				1	0.19 ± 0.06 ^{Ab}	0.24 ± 0.15 ^{Ab}	3.07 ± 0.61 ^{Aa}
	β-Phenylethyl acetate	1258	1259	14	0.39 ± 0.13 ^{Aa}	1.20 ± 1.11 ^{Aa}	4.02 ± 2.60 ^{Aa}
				28	-	1.76 ± 0.55 ^{Aa}	1.10 ± 0.13 ^{Aa}
				1	-	0.46 ± 0.15 ^{Bb}	1.43 ± 0.17 ^{Aa}
	Ethyl 9-decenoate	1387	1389	14	-	0.84 ± 0.40 ^{ABb}	2.12 ± 0.25 ^{Aa}
				28	-	1.23 ± 0.06 ^{Ab}	2.24 ± 0.58 ^{Aa}
				1	0.23 ± 0.19 ^b	-	1.33 ± 1.16 ^{Aa}
	Ethyl decanoate	1396	1397	14	-	-	0.82 ± 0.67 ^A
				28	-	0.26 ± 0.09	-
				1	0.41 ± 0.04 ^a	-	0.44 ± 0.31 ^{Aa}
	Tridecane	1300	1300	14	-	-	0.42 ± 0.25 ^A
				28	-	0.16 ± 0.08	-
				1	0.66 ± 0.19 ^{Aab}	0.04 ± 0.02 ^{Bb}	3.40 ± 2.12 ^{Aa}
	Tetradecane	1400	1401	14	0.10 ± 0.03 ^{Bb}	0.71 ± 0.30 ^{ABb}	3.51 ± 1.39 ^{Aa}
				28	0.27 ± 0.05 ^{Bb}	1.02 ± 0.38 ^{Aa}	-
				1	-	-	-
	Nonane	900	899	14	-	-	0.94 ± 0.18
				28	-	-	-
				1	-	-	-
	Decane	1000	1000	14	-	-	1.81 ± 0.57 ^A
				28	-	-	0.29 ± 0.03 ^A
				1	-	-	-
	Pentadecane	1500	1498	14	-	-	1.61 ± 0.61 ^A
				28	-	-	0.83 ± 0.07 ^A
				1	-	-	0.54 ± 0.05 ^A
	Hexadecane	1600	1601	14	-	-	0.74 ± 0.31 ^A
				28	-	-	-
				1	0.25 ± 0.04 ^{Ab}	-	1.42 ± 0.21 ^{Ba}
Terpene	Limonene	1030	1026	14	0.35 ± 0.34 ^{Ab}	-	2.76 ± 0.73 ^{Aa}

			28	-	-	0.72 ± 0.24^B
			1	0.53 ± 0.29^a	-	1.23 ± 0.61^{Aa}
Eucalyptol	1032	1033	14	-	-	0.55 ± 0.15^A
			28	-	-	-
			1	0.03 ± 0.01	-	-
trans- β -Ocimene	1049	1045	14	-	-	-
			28	-	-	-
			1	0.19 ± 0.04	-	-
Camphor	1142	1139	14	-	-	-
			28	-	-	-
			1	0.10 ± 0.08^{Ab}	0.12 ± 0.04^{Ab}	2.30 ± 0.34^{Aa}
Copaene	1376	1378	14	0.10 ± 0.08^{Ab}	0.06 ± 0.01^{Ab}	2.47 ± 0.55^{Aa}
			28	0.22 ± 0.07^{Ab}	0.11 ± 0.03^{Ab}	1.08 ± 0.23^{Ba}
			1	0.32 ± 0.05^{Ab}	0.16 ± 0.00^{Ab}	7.85 ± 0.32^{Aa}
Caryophyllene	1419	1422	14	0.37 ± 0.15^{Ab}	0.37 ± 0.05^{Ab}	8.71 ± 0.51^{Aa}
			28	0.37 ± 0.21^{Ab}	0.75 ± 0.44^{Ab}	3.52 ± 0.68^{Aa}
			1	-	-	-
α -Pinene	937	933	14	-	-	0.65 ± 0.02
			28	-	-	-
			1	-	-	0.11 ± 0.01^A
γ -Elemene	1433	1432	14	-	-	0.17 ± 0.05^A
			28	-	-	0.40 ± 0.20^A
			1	-	-	0.49 ± 0.03^B
Humulene	1454	1458	14	-	-	0.60 ± 0.07^A
			28	-	-	-
			1	-	-	0.46 ± 0.04^A
δ -Cadinene	1524	1528	14	-	-	0.57 ± 0.04^A
			28	-	-	0.21 ± 0.06^B
			1	-	-	2.22 ± 0.38^A
Elemol	1549	1540	14	-	-	2.25 ± 0.50^A
			28	-	-	0.77 ± 0.30^B
Others	2,5-Dimethyl-2,4-dihydroxy-3(2H)-furanone	989	991	1	-	-
				14	-	2.06 ± 1.40
				28	0.59 ± 0.17^a	1.25 ± 1.08^a

Acetophenone	1065	1066	1	-	-	0.51 ± 0.20 ^A
			14	-	-	0.33 ± 0.01 ^A
			28	-	0.12 ± 0.06	-
Pyranone	1151	1150	1	-	-	-
			14	0.04 ± 0.01 ^{Bb}	-	7.63 ± 2.21 ^a
			28	1.22 ± 0.32 ^{Aa}	0.43 ± 0.13 ^b	-
Toluene	763	762	1	-	-	-
			14	-	-	-
			28	-	-	9.89 ± 1.19

Mean values of volatile compounds identified in yogurt samples during 28 days of storage. Values are expressed in peak counts. - not detected.

^{a-b} Mean ± standard deviation with different lowercase letters on the same line differed by the Tukey's test ($p < 0.05$) between treatments ($n=9$).

^{A-C} Mean ± standard deviation with different capital letters in the same column differed by Tukey's test ($p < 0.05$) over storage time ($n=9$).

Formulations: CY (control yogurt), XY (yogurt added with xique-xique jam) and PY (yogurt probiotic added with xique-xique jam).

IR Lit: Literature retention index.

IR: Calculated retention index.

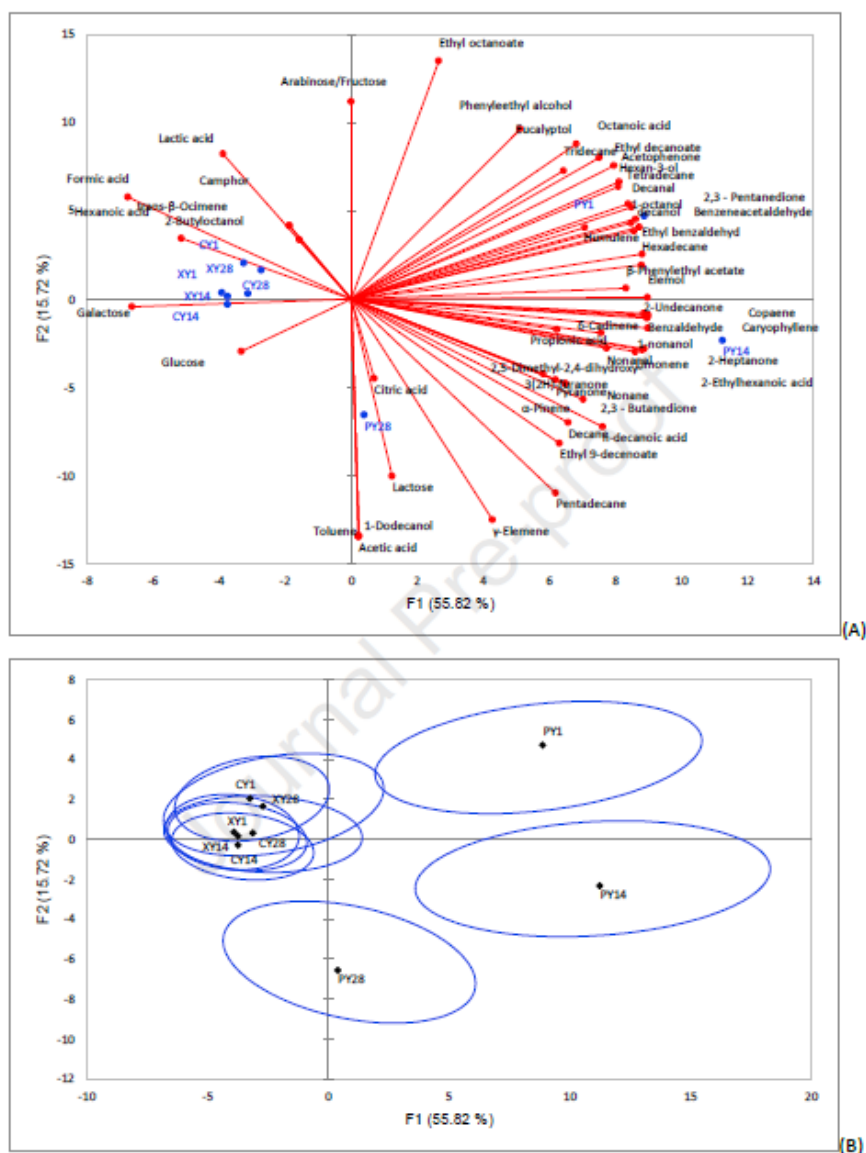
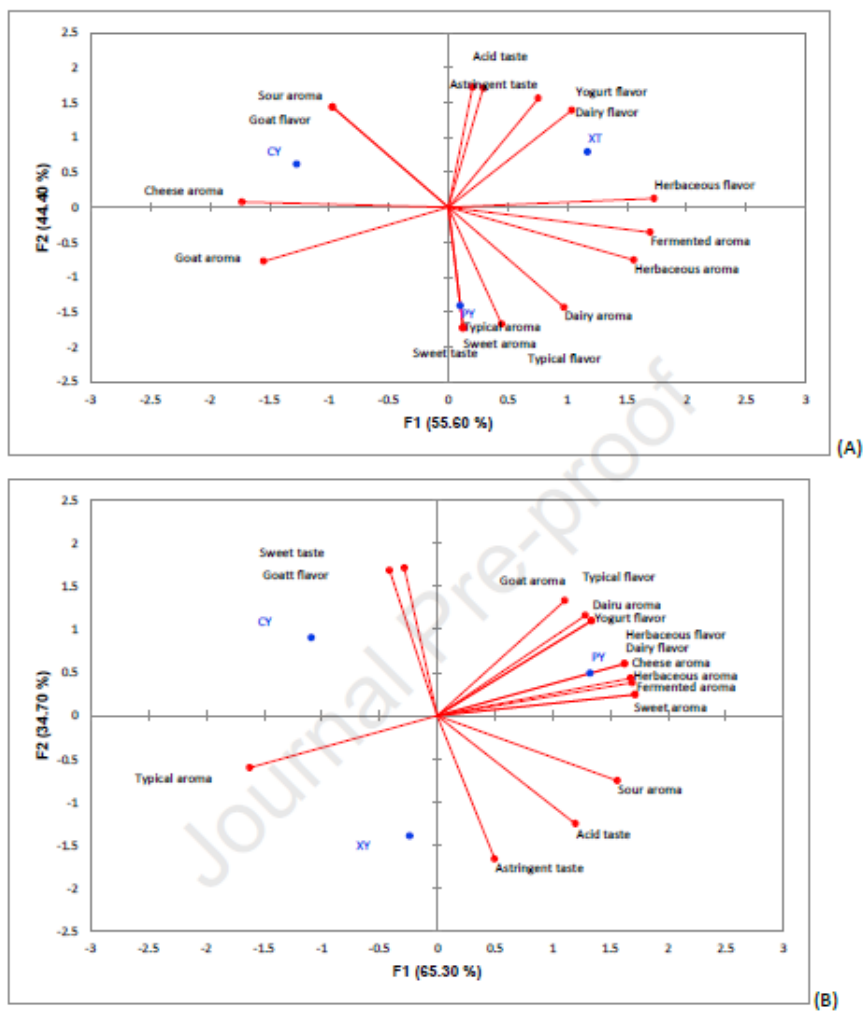


Figure 1. PCA map (A) and confidence ellipses for the goat milk yogurts during storage (1, 14 and 28 days). CY (control yogurt), XY (yogurt added with xique-xique jam) and PY (probiotic yogurt added with xique-xique jam).



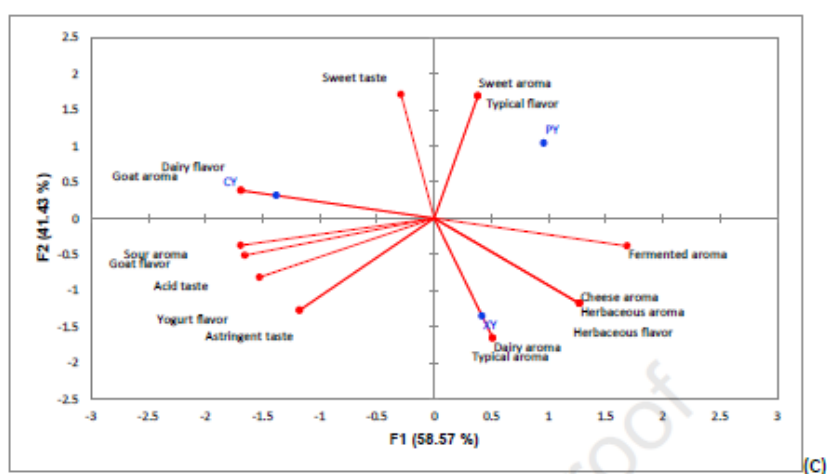


Figure 2. GPA for the goat milk yogurts during storage. (A) day 1, (B) day 14, and (C) day 28. CY (control yogurt), XY (yogurt added with xique-xique jam) and PY (probiotic yogurt added with xique-xique jam).

Highlights

- Xique-xique jam did not influence organic acid and volatile compound profiles;
- *Lactocaseibacillus casei* reduced galactose and glucose and increased lactic and propionic acids;
- Probiotic yogurt showed lower goat aroma and flavor and cheese aroma;
- Probiotic increased all volatiles and enhanced sensory characteristics of yogurts;
- Preferred attribute elicitation could be used to characterize aroma and flavor profile of yogurts.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest

Journal Pre-proof

5 CONCLUSÕES GERAIS

A partir do presente estudo, pode-se concluir que o xique-xique pode ser utilizado como matéria-prima para a elaboração de geleias e como ingrediente na elaboração de iogurtes. Sendo observado características físico-químicas e nutricionais de impacto relevante presentes na geleia, como a presença de minerais importantes como potássio, magnésio, cálcio e manganês e a presença de compostos fenólicos, pertencentes aos grupos dos flavanóis, flavonóis, ácidos fenólicos e flavanonas com bioacessibilidade variável. Bem como sua adição aos iogurtes caprinos, que possibilitou agregação de valor nutricional, propriedades tecnológicas, além de beneficiar os parâmetros sensoriais dos iogurtes.

O iogurte caprino adicionado de *L. casei* e geleia de xique-xique foi caracterizado pela sua capacidade em produzir ácido propiônico e compostos voláteis durante o armazenamento, influenciando diretamente na escolha de atributos de aroma, como aroma típico de iogurte, aroma típico de leite, aroma doce e aroma herbáceo. Apresentando vantagens sobre as características e formulações desejáveis aos consumidores. Os resultados sugerem que a adição de probióticos pode melhorar as características volatílicas, de fermentação e sensoriais de iogurtes adicionados com geleia de xique-xique. Além disso, a metodologia PAE pode ser usada para realizar uma caracterização detalhada dos atributos de aroma e sabor.

APÊNDICE A - Modelo de ficha empregada no teste

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)	
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)	
Intenção de Compra		

Teste de Ordenação-Preferência

Após avaliar as duas amostras

Indique qual das amostras você prefere:

() 175

() 631

APÊNDICE B - Modelo de ficha empregada no teste

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 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	

Por favor, prove a amostra **631** 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

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa **“Desenvolvimento de iogurte caprino adicionado de geleia de xique-xique (*pilosocereus gounellei*): avaliação de características tecnológicas e potencial funcional”**. 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 iogurte caprino adicionado de geleia de xique-xique (*pilosocereus gounellei*): avaliação de características tecnológicas e potencial funcional”.

PESQUISADORES RESPONSÁVEIS: Fabrícia França Bezerril, Rita de Cássia Ramos do E. Queiroga

OBJETIVOS: Avaliar a influência da adição da geleia 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.

Assinatura do Participante da Pesquisa

Assinatura do Pesquisador Responsável

APÊNDICE C - Modelo de ficha empregada no teste

QUESTIONÁRIO PARA RECRUTAMENTO DE JULGADORES

Desejamos formar uma equipe de julgadores para avaliar *iogurte caprino*.

Nome _____

E-mail _____

1. Faixa etária:

() 15-25

() 25-35

() 35-50

() acima de 50 anos

2. Sexo:

() masculino

() feminino

3. Ocupação

() aluno

() funcionário

() professor

() _____

4. Escolaridade

() 1º grau completo

() 2º grau completo

() Graduação

() Pós-graduação

5. Assinale a opção que condiz com a sua realidade

Condição	Assinale se for verdadeiro
Intolerante à lactose?	
Vegetariano?	
Vegano?	

6. Assinale o seu consumo dos seguintes produtos

	Nunca	Uma vez por mês	>3 vezes por mês	Uma vez por semana	>3 vezes por semana	Todos os dias	>3 vezes por dia
Leite caprino							
Iogurtes e leites fermentados caprinos							
Bebida láctea caprina							

7. Responda os seguintes questionamentos baseando na sua intenção de consumo no próximo ano

	Eu não consumo	Eu gostaria de não consumir	Eu gostaria de diminuir o consumo	Eu acredito que meu consumo é adequado	Eu gostaria de aumentar o consumo
Leite caprino					
Iogurtes e leites fermentados caprinos					
Bebida láctea caprina					

APÊNDICE C - Modelo de ficha empregada no teste

Prove as amostras e indique em quais atributos elas são iguais e/ou diferentes. É importante mencionar todos os atributos importantes para a caracterização das amostras.

[illegible]

ANEXO A - Parecer consubstanciado do comitê de ética e 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: UNIVERSITÁRIO S/N

Bairro: CASTELO BRANCO

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOÃO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: comitedeetica@ccs.ufpb.br

ANEXO B - Patente de invenção 1: Processo de elaboração de geleia de xique-xique13/11/2018 870180151090
12:32

29409161810800683

Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10 2018 073370 2

Dados do Depositante (71)

Depositante 1 de 1

Nome ou Razão Social: UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA

Tipo de Pessoa: Pessoa Jurídica

CPF/CNPJ: 24098477000110

Dados do Pedido

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE GELEIA DE XIQUE-XIQUE

Resumo:

A presente invenção refere-se à produção de uma geleia, a partir do xique-xique (*Pilosocereus gounellei*). A elaboração segue as etapas de obtenção do xique-xique; retirada de espinhos; higienização; corte e extração do suco. A etapa de elaboração da geleia compreende a homogeneização do suco e açúcar na proporção de 70% : 30% (p/p), sem a adição de água, ácido e pectina, verificação dos sólidos solúveis e ponto de geleia, com posterior envase. A geleia produzida é um alimento com características bem apreciadas, coloração agradável e sabor adocicado, além de características nutricionais e bioativas como minerais e compostos fenólicos. O processo de produção pode ser executado facilmente e apresenta um baixo custo de produção. Proporcionando a inclusão e valorização de uma cactácea encontrada em grande quantidade, em todo território do Semiárido do Nordeste brasileiro.

Figura a publicar: 1

ANEXO C - Patente de invenção 2: Elaboração de iogurte caprino adicionado de geleia de xique-xique



29409161811375676

Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10 2018 073372 9

Dados do Depositante (71)

Depositante 1 de 1

Nome ou Razão Social: UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA

Tipo de Pessoa: Pessoa Jurídica

CPF/CNPJ: 24098477000110

Nacionalidade: Brasileira

Dados do Pedido

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): ELABORAÇÃO DE IOGURTE CAPRINO ADICIONADO DE GELEIA DE XIQUE-XIQUE

Resumo: A presente invenção refere-se à produção de um iogurte caprino adicionado de geleia de xique-xique (*Pilosocereus gounellei*) utilizando-se de culturas do iogurte, *Streptococcus thermophilus* e/ou *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* incorporados a uma matriz constituída de leite caprino e posteriormente adicionado a geleia de xique-xique, a qual apresenta considerável teor de minerais e compostos fenólicos. O iogurte produzido é um alimento que apresenta características com alto valor nutritivo, textura uniforme, coloração agradável e excelente sabor, além de contribuir para a saúde do sistema digestivo. O processo de produção pode ser executado facilmente, apresenta um baixo custo e possui um alto rendimento em relação a outros derivados lácteos. Proporcionando também, a inclusão de uma cactácea encontrada em grande quantidade, em todo território do Semiárido do Nordeste brasileiro.

Figura a publicar: 1